

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO TOMATE DE MESA  
TRATADO COM GÁS ETILENO**

**CAROLINE ANDREUCETTI**

CAMPINAS  
AGOSTO DE 2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO TOMATE DE MESA  
TRATADO COM GÁS ETILENO**

Dissertação de Mestrado submetido à  
banca examinadora para obtenção do  
título de Mestre em Engenharia Agrícola,  
na área de concentração Tecnologia  
Pós-Colheita.

**CAROLINE ANDREUCCETTI**

**Orientador: Prof. Dr. MARCOS DAVID FERREIRA**

CAMPINAS  
AGOSTO DE 2005

° CHAMADA TUNICAMP

Bm 25a

EX

OMBO BC: 67988

ROC 16.133-06

D

X

REÇO 11 09

ATA 12/04/06

° CPD

Bib. ID 377585

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

A25a

Andreuccetti, Caroline

Avaliação da qualidade do tomate de mesa tratado com gás etileno / Caroline Andreuccetti. --Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Marcos David Ferreira

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Lycopersicon. 2. Tomate. 3. Etileno. 4. Tecnologia pós-colheita. 5. Tomate - Maturação. I. Ferreira, Marcos David. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Titulo em Inglês: Quality evaluation of fresh market tomato treated with ethylene.

Palavras-chave em Inglês: Lycopersicon esculentum Mill, Tomato, Ethylene, Flow through, Postharvest quality

Área de concentração: Tecnologia Pós-colheita

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Celso Luiz Moretti, Sylvio Luís Honório

Data da defesa: 07/10/2005

**Senhor, paramos para agradecer**

**Como irmãos e unidos pelos mesmos sentimentos, queremos dizer-te:**

**Obrigada Senhor!**

**Obrigada pelas vitórias, lutas, desafios**

**Obrigada pelas amizades, amor, esperança**

**Obrigada, Senhor, pelo apoio dos amigos, dos familiares,**

**Dos professores, dos colegas**

**Ao mesmo tempo em que agradecemos, queremos louvar-te pela tua graça**

**Que nos anima a andar sempre**

**Obrigada pela tua companhia de amigo, de irmão e caminho**

**Movidos pelos sentimentos de gratidão, paramos para agradecer**

**Os passos já andados até aqui!**

*Aos formidáveis, Maria José e Vladimir, meus pais.  
Sempre com a mão estendida me guiaram pelos caminhos.  
Meus e meus amigos.  
A vocês, dedico carinhosamente esse trabalho.*

## ***MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS...***

...Ao meu orientador, Prof. Marcos David Ferreira, pela compreensão, conselhos e dedicação desprendida durante todo o tempo de convivência.

...À técnica e amiga Rosália, uma pessoa especial, além de ser uma ótima profissional, esteve presente em todas as fases de meu trabalho. Obrigada pelas conversas, risadas e incentivo. Valeu!

...Ao técnico e também amigo Marcos Estevom. Pessoa fundamental no meu trabalho, sempre muito paciente e pronto a ajudar. Perdeste até noites de sono, né Marcos?! De coração, meu muito obrigada!

...Ao Eder que me ajudou em momentos difíceis.

...Ao técnico Francisco, que muito colaborou para que tudo desse certo, principalmente na fase inicial do experimento. Obrigada Chico!

...De forma especial, quero agradecer ao funcionário Edgar, que sem fazer corpo mole foi comigo até Cabreúva buscar os tomates. Carregou caixas e caixas, teve paciência para esperar o selecionamento do tomate, sujou as mãos...Edgar, obrigada de coração!

...Aos técnicos, José Benedito, Túlio, Luís e Leandro foi uma honra poder contar com vocês. Ao Zé que com sua sabedoria e despojamento achou a ‘solução’ para o funcionamento do sistema. Ao Túlio, pelas conversas, conselhos e ajuda sempre pronta. Ao Luís, que nos ‘salvou’ (a mim e ao Marcos Estevom), quando estávamos desolados na calçada, ele apareceu! E também por confeccionar uma peça indispensável para meu trabalho. Ao Leandro, pela ajuda com a prensa. A vocês, sempre serei grata!

...Às amigas de laboratório, Ana Maria e Jackline, que muito ajudaram nas análises químicas. Pelas conversas jogadas fora e pelos lanchinhos no laboratório, muito obrigada! Ao Paulo Ferrari, também agradeço, pela amizade!

...Às minhas amigas de graduação, Anna Letícia, Thaísa, Talita, Aline, Cíntia e Dani, muitas lembranças boas, sempre as levarei no meu coração!

...Em especial, agradeço à Anna Letícia, amiga e companheira desde quando entramos na faculdade, obrigada por me ouvir, dividir o mesmo teto e, ajudar nas análises também!

...À Thaísa, também agradeço especialmente, por ter me aturado em seu apartamento, pelas macarronadas e pizzas, boas conversas!

...À Renata, agradeço de coração, pessoa que se mostrou uma grande amiga, obrigada pela força!

...Às alegres amigas Rita de Cássia, Ana Paula e Letícia que tornaram tudo uma grande diversão! Obrigada meninas!

...A minha querida prima e amiga, Gabriela, por todos os momentos de força, lealdade e confiança!

...Aos professores da Faculdade de Engenharia Agrícola, Sylvio Luís Honório, Benedito Carlos Benedetti e Kil Jin Park, Inácio Maria Dal Fabbro pela demonstração de profissionalismo.

...Ao professor Sylvio, por todo conhecimento que me passou desde a época da Graduação com as Iniciações Científicas e ajuda no esclarecimento de muitas idéias.

...Ao professor Benedetti, que me orientou no Programa Estágio Docente e depositou em mim sua confiança. Obrigada pelos conselhos!

...Ao professor Kil, que de prontidão disponibilizou seu tempo para me ajudar! Obrigada pelas conversas e incentivo!

...Ao professor Inácio, que sempre muito divertido me ajudou quando necessário.

...Ao pesquisador da Embrapa - Brasília, Dr. Celso Luís Moretti, por toda a ajuda e esclarecimentos prestados durante a execução do experimento.

...Agradeço ao ITAL, nas pessoas de Silvia e José Maria que emprestaram um equipamento e tornaram possível a execução inicial do experimento.

...Agradeço também a todos os colegas que disponibilizaram um pouco de seu tempo e participaram da análise sensorial. Muito obrigada!!!!

...À Roberta e ao Igor, agradeço por terem me ajudado a organizar a chegada dos tomates no laboratório.

...Ao Silvestre, pela paciência em tirar algumas dúvidas!

...Às minhas tias, especialmente, Mara, Lu, Zi, Zezé que sempre me incentivaram e torceram por mim!

...Às companheiras de dança, que tornaram mais leves e graciosos os momentos de dificuldade!

...À Faculdade de Engenharia Agrícola que me acolheu e deu a oportunidade dessa formação acadêmica. Às funcionárias da secretaria de Pós-Graduação, Ana, Rosângela e Marta.

...Ao CNPq pela concessão da bolsa.

...A FAPESP e ao PRODETAB/EMBRAPA pelos recursos que permitiram a compra dos equipamentos necessário a realização do projeto.

...A todas as pessoas que confiaram e acreditaram em mim!

Que Deus abençoe a todos!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>XVII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO TOMATE.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO TOMATE.....</b>	<b>5</b>
3.2.1. MUTAÇÃO EM TOMATES .....	6
3.2.2. TOMATE GRUPO “SANTA CRUZ” .....	7
3.2.3. TOMATE GRUPO “ITALIANO” .....	8
<b>3.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DO ETILENO .....</b>	<b>8</b>
<b>3.4. BIOSÍNTESE DO ETILENO.....</b>	<b>10</b>
3.4.1. INIBIDORES DO ETILENO: SÍNTESE E AÇÃO .....	12
3.4.2. PROMOTORES DA SÍNTESE DE ETILENO .....	12
<b>3.5. APLICAÇÃO DO ETILENO.....</b>	<b>13</b>
3.5.1. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO ETILENO EM DIFERENTES PRODUTOS .....	14
<b>3.6. MISTURA GASOSA E TÉCNICAS DE DILUIÇÃO.....</b>	<b>14</b>
3.6.1. SISTEMA ESTÁTICO .....	15
3.6.2. SISTEMA DINÂMICO .....	16
<b>3.7. EFEITOS DO ETILENO NO TECIDO VEGETAL.....</b>	<b>17</b>
3.7.1. AMADURECIMENTO DE FRUTOS .....	17
<b>3.8. PARÂMETROS PARA APLICAÇÃO DE GÁS ETILENO EM TOMATES.....</b>	<b>18</b>
<b>3.9. CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO .....</b>	<b>21</b>
3.9.1. TEMPERATURA .....	21
3.9.2. UMIDADE RELATIVA.....	22
3.9.3. COMPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	23

<b>3.10. ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS NO AMADURECIMENTO.....</b>	<b>23</b>
3.10.1. COLORAÇÃO.....	23
3.10.2. FIRMEZA.....	26
3.10.3. ACIDEZ TITULÁVEL E PH.....	30
3.10.4. ÁCIDO ASCÓRBICO.....	32
3.10.5. SÓLIDOS SOLÚVEIS.....	33
3.10.6. PERDA DE MASSA.....	35
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
4.1. MATÉRIA-PRIMA.....	36
4.2. APLICAÇÃO DO GÁS ETILENO.....	37
4.2.1. Curva de calibração.....	37
4.2.2. Sistema para aplicação do gás etileno.....	38
4.3. ARMAZENAMENTO.....	42
4.4. ANÁLISES PÓS-COLHEITA.....	42
4.4.1. Perda de massa.....	43
4.4.2. Cor.....	43
4.4.3. Teste de firmeza.....	44
4.4.4. Determinação de ácido ascórbico.....	44
4.4.5. Determinação do pH.....	44
4.4.6. Determinação da acidez titulável.....	45
4.4.7. Determinação de sólidos solúveis.....	45
4.4.8. Análise sensorial.....	45
4.4.9. Análise estatística.....	47
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
5.1 AMADURECIMENTO.....	48
5.1.1. Cultivar Débora.....	48
5.1.2. Cultivar Andréa.....	51
5.8. COR.....	55
5.8.1. Valores de L*.....	55
5.8.2. Valores de a*/b*.....	57
5.8.3. Valores de Hue.....	60
5.8.4. Valores de Croma.....	62
5.2. PERDA DE MASSA.....	65
5.2.1. Cultivar Débora.....	65
5.2.2. Cultivar Andréa.....	67
5.4. VALORES DE PH.....	69

5.4.1. Cultivar Débora.....	69
5.4.2. Cultivar Andréa .....	71
5.3. ACIDEZ TITULÁVEL .....	74
5.3.1. Cultivar Débora.....	74
5.3.2. Cultivar Andréa .....	77
5.5. SÓLIDOS SOLÚVEIS .....	80
5.5.1. Cultivar Débora.....	80
5.5.2. Cultivar Andréa .....	82
5.6. RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEIS / ACIDEZ TITULÁVEL.....	84
5.6.1. Cultivar Débora.....	84
5.6.7. Cultivar Andréa .....	85
5.7. ÁCIDO ASCÓRBICO.....	87
5.7.1. Cultivar Débora.....	87
5.7.2. Cultivar Andréa .....	89
5.8. FIRMEZA.....	93
5.7.1. Cultivar Débora.....	93
5.7.1. Cultivar Andréa .....	95
5.9. ANÁLISE SENSORIAL .....	97
5.9.1. Cultivar Débora.....	97
5.9.1. Cultivar Andréa .....	99
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>101</b>
<b>7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>103</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO 01. NORMAS – CLASSIFICAÇÃO TOMATE .....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXO 02. RESUMO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO 03. ANÁLISES ESTATÍSTICAS DÉBORA.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO 04. ANÁLISES ESTATÍSTICAS ANDREA.....</b>	<b>127</b>
<b>ANEXO 05. CORRELAÇÃO ENTRE AS CULTIVARES.....</b>	<b>131</b>
<b>ANEXO 06. ANÁLISE SENSORIAL – DÉBORA .....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO 07. ANÁLISE SENSORIAL – ANDREA .....</b>	<b>134</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção brasileira de tomate no período 2000-2004. Fonte: FAO, 2005.	4
Figura 2 - Seção transversal do fruto de tomateiro. Adaptado de HOBSON e DAVIES (1971).	6
Figura 3 - Estrutura química do etileno.	8
Figura 4 - Oxidação completa do etileno (KIEBER, 2004).	9
Figura 5 - Biossíntese do etileno. Adaptado de MATTOO e SUTTLE (1991), BROWN (1995), SALTVEIT (1999), REID (2003).	11
Figura 6 - Esquema de ação do etileno na célula vegetal. Fonte: REID, 2003.	12
Figura 7 - Recomendações para armazenamento de tomate. Adaptado de CANTWELL (2003).	22
Figura 8 - Curva de calibração a partir de soluções padrões (etileno + ar).	38
Figura 9 - Câmara de amadurecimento.	39
Figura 10 – Esquema do sistema de mistura gasosa de ar comprimido e etileno.	40
Figura 11 - Ficha para análise sensorial utilizada para avaliação dos tomates.	46
Figura 12 - Evolução do amadurecimento tomate cultivar Débora ao longo do tempo de armazenamento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro.	48
Figura 13 - Tomates cultivar Débora com aplicação de gás etileno e armazenados a 20°C, após uma semana do início do experimento.	50
Figura 14 - Tomates cultivar Débora sem aplicação de gás etileno e armazenados a 20°C, após uma semana do início do experimento.	50
Figura 15 - Tomates cultivar Débora com aplicação de gás etileno e armazenados a 12,5°C, após uma semana do início do experimento.	50
Figura 16 - Tomates cultivar Débora sem aplicação de gás etileno e armazenados a 12,5°C, após uma semana do início do experimento.	50
Figura 17 - Evolução do amadurecimento do tomate cultivar Andréa ao longo do tempo de armazenamento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro.	52
Figura 18 - Tomates cultivar Andréa com aplicação de gás etileno armazenados a 20°C, após uma semana do início do experimento.	53
Figura 19 - Tomates cultivar Andréa sem aplicação de gás etileno armazenados a 20°C, após uma semana do início do experimento.	53
Figura 20 - Tomates cultivar Andréa com aplicação de gás etileno armazenados a 12,5°C, após uma semana do início do experimento.	53
Figura 21 - Tomates cultivar Andréa sem aplicação de gás etileno armazenados a 12,5°C, após uma semana do início do experimento.	53
Figura 22 – Valores médios de L*, para tomate cultivar Débora, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.	55
Figura 23 - Valores médios de L*, para tomate cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.	56

- Figura 24 – Valores médios de  $a^*/b^*$ , para tomate cultivar Débora, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 58
- Figura 25 – Valores médios de  $a^*/b^*$ , para tomate cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 59
- Figura 26 – Valores médios de hue, para tomate cultivar Débora, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 61
- Figura 27 – Valores médios de hue, para tomate cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 62
- Figura 28 – Valores médios de croma, para tomate cultivar Débora, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho-maduro, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 63
- Figura 29 – Valores médio de croma, para tomate cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 64
- Figura 30 - Perda de massa acumulada (%) para tomates cultivar Débora ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 66
- Figura 31 - Perda de massa acumulada (%), tomates cv. Débora, devido à interação dos estádios de amadurecimento com aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 67
- Figura 32 – Perda de massa acumulada (%) para tomates cultivar Andréa ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 68
- Figura 33 – Valores médios de pH, para tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento. 70
- Figura 34 - Valores médios de pH, tomates cultivar Débora, devido à interação dos estádios de amadurecimento e aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-

maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.	71
Figura 35 - Valores médios de pH, tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento.	72
Figura 36 - Valores médios de acidez titulável, para tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento.	75
Figura 37 - Valores médios de acidez titulável, para tomates cultivar Débora, devido à interação dos estádios de amadurecimento com aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho-maduro, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.	76
Figura 38 - Valores médios de acidez titulável, tomates cultivar Débora, devido à interação da aplicação de gás etileno com a temperatura de armazenamento. Valores com letras iguais (para uma mesma temperatura de armazenamento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.	77
Figura 39 - Valores médios de acidez titulável, para tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento.	78
Figura 40 - Valores médios de acidez titulável, tomates cultivar Andréa, devido à interação dos estádios de amadurecimento com aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho-maduro, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.	79
Figura 41 - Valores médios de sólidos solúveis, tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento.	81
Figura 42 - Valores médios de sólidos solúveis, tomates cultivar Débora, devido à interação da aplicação de gás etileno e temperatura de armazenamento. Valores com letras iguais (para uma mesma temperatura de armazenamento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.	82
Figura 43 - Valores médios de sólidos solúveis, tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento.	83
Figura 44 - Valores médios da relação sólidos solúveis e acidez titulável, tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento.	85
Figura 45 - Valores médios da relação sólidos solúveis e acidez titulável, tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento.	86
Figura 46 - Valores médios de ácido ascórbico, tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento.	88
Figura 47 - Valores médios de ácido ascórbico, tomates cultivar Débora, devido à interação dos estádios de amadurecimento e aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.	89
Figura 48 - Valores médios de ácido ascórbico, tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento.	90
Figura 49 - Valores médios de ácido ascórbico, tomates cultivar Andréa, devido à interação dos estádios de amadurecimento com aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores	

- com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 91
- Figura 50 - Valores médios de ácido ascórbico, tomates cultivar Andréa, devido à interação da aplicação de gás etileno e temperatura de armazenamento. Valores com letras iguais (para uma mesma temperatura de armazenamento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 92
- Figura 51 - Valores médios de firmeza, tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento. 93
- Figura 52 - Valores de médios de firmeza, tomates cultivar Débora, devido à interação dos estádios de amadurecimento com aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 94
- Figura 53 - Valores médios de índice de firmeza, tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento. 95
- Figura 54 - Valores médios de níveis de acidez (escala de 0 a 9), cultivar Débora. Valores com letras iguais (para um mesmo tratamento – com e sem etileno) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 98
- Figura 55 - Valores médios de níveis de acidez (escala de 0 a 9), cultivar Andréa. Valores com letras iguais (para um mesmo tratamento – com e sem etileno) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade. 99

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Maiores produtores mundiais de tomate.	4
Tabela 2 - Maiores estados brasileiros produtores de tomate (tipo industrial e tomate-de-mesa).	5
Tabela 3 - Características físicas e químicas do etileno.	9
Tabela 4 - Fatores que promovem a síntese de etileno.	13
Tabela 5 - Recomendações para aplicação de gás etileno em tomates no estágio verde-maduro.	20
Tabela 6 - Índices de amadurecimento (sistema CIELAB) para tomate.	26
Tabela 7 - Valores de sólidos solúveis (°Brix) para tomate de acordo com diferentes autores.	34
Tabela 8 - Distribuição das porcentagens de frutos entre os estádios de amadurecimento para os tratamentos após uma semana da aplicação do gás etileno, tomates cv. Débora.	51
Tabela 9 - Distribuição das porcentagens de frutos entre os estádios de amadurecimento para os tratamentos, após uma semana da aplicação de gás etileno, tomates cv. Andréa.	54
Tabela 10 - Valores de perda de massa acumulada (%) para as cultivares Débora e Andréa no estágio de amadurecimento vermelho-maduro.	69
Tabela 11 - Porcentagem de aceitação dos frutos apresentados, tomates cv. Débora, estágio de amadurecimento vermelho.	99
Tabela 12 - Porcentagem de aceitação dos frutos apresentados, tomates cv. Andréa, estágio de amadurecimento vermelho.	100
Tabela 13 - Valores médios, desvios padrões e coeficientes de variação dos tratamentos, tomates cv. Débora, para as variáveis analisadas.	120
Tabela 14 - Valores médios, desvios padrões e coeficientes de variação dos tratamentos, tomates cv. Andréa, para as variáveis analisadas.	120
Tabela 15 - Análise de variância para % de perda de massa, cv. Débora.	123
Tabela 16 - Teste de Tukey para as médias, % perda de massa, cv. Débora.	123
Tabela 17 - Análise de variância para acidez titulável, cv. Débora.	123
Tabela 18 - Teste de Tukey para as médias, acidez titulável, cv. Débora.	123
Tabela 19 - Análise de variância para pH, cv. Débora.	123
Tabela 20 - Teste de Tukey para as médias, pH, cv. Débora.	124
Tabela 21 - Análise de variância para sólidos solúveis, cv. Débora.	124
Tabela 22 - Teste de Tukey para as médias, sólidos solúveis, cv. Débora.	124
Tabela 23 - Análise de variância para a relação SS/AT, cv. Débora.	124
Tabela 24 - Teste de Tukey para as médias, relação SS/AT, cv. Débora.	124
Tabela 25 - Análise de variância para ácido ascórbico, cv. Débora.	124
Tabela 26 - Teste de Tukey para as médias, ácido ascórbico, cv. Débora.	125
Tabela 27 - Análise de variância para índice de firmeza, cv. Débora.	125
Tabela 28 - Teste de Tukey para as médias, firmeza, cv. Débora.	125
Tabela 29 - Análise de variância para $a^*/b^*$ , cv. Débora.	125
Tabela 30 - Teste de Tukey para as médias, $a^*/b^*$ , cv. Débora.	125
Tabela 31 - Análise de variância para $(a^*/b^*)^2$ , cv. Débora.	125
Tabela 32 - Teste de Tukey para as médias, $(a^*/b^*)^2$ , cv. Débora.	126
Tabela 33 - Análise de variância para hue, cv. Débora.	126
Tabela 34 - Teste de Tukey para as médias, hue, cv. Débora.	126

Tabela 35 - Análise de variância para cor, cv. Débora.	126
Tabela 36 - Teste de Tukey para as médias, cor, cv. Débora.	126
Tabela 37 - Análise de variância para % de perda de massa, cv. Andréa.	127
Tabela 38 - Teste de Tukey para as médias, % perda de massa, cv. Andréa.	127
Tabela 39 - Análise de variância para acidez titulável, cv. Andréa.	127
Tabela 40 - Teste de Tukey para as médias, acidez titulável, cv. Andréa.	127
Tabela 41 - Análise de variância para pH, cv. Andréa.	127
Tabela 42 - Teste de Tukey para as médias, pH, cv. Andréa.	128
Tabela 43 - Análise de variância para sólidos solúveis, cv. Andréa.	128
Tabela 44 - Teste de Tukey para as médias, sólidos solúveis, cv. Andréa.	128
Tabela 45 - Análise de variância para a relação SS/AT, cv. Andréa.	128
Tabela 46 - Teste de Tukey para as médias, relação SS/AT, cv. Andréa.	128
Tabela 47 - Análise de variância para ácido ascórbico, cv. Andréa.	128
Tabela 48 - Teste de Tukey para as médias, ácido ascórbico, cv. Andréa.	129
Tabela 49 - Análise de variância para índice de firmeza, cv. Andréa.	129
Tabela 50 - Teste de Tukey para as médias, firmeza, cv. Andréa.	129
Tabela 51 - Análise de variância para $a^*/b^*$ , cv. Andréa.	129
Tabela 52 - Teste de Tukey para as médias, $a^*/b^*$ , cv. Andréa.	129
Tabela 53 - Análise de variância para $(a^*/b^*)^2$ , cv. Andréa.	129
Tabela 54 - Teste de Tukey para as médias, $(a^*/b^*)^2$ , cv. Andréa.	130
Tabela 55 - Análise de variância para hue, cv. Andréa.	130
Tabela 56 - Teste de Tukey para as médias, hue, cv. Andréa.	130
Tabela 57 - Análise de variância para cor, cv. Andréa.	130
Tabela 58 - Teste de Tukey para as médias, cor, cv. Andréa.	130
Tabela 59 - Análise de variância para % perda de massa, correlação entre cultivares.	131
Tabela 60 - Teste de Tukey para as médias, % perda de massa, correlação entre cultivares.	131
Tabela 61 - Análise de variância para acidez titulável, correlação entre cultivares.	131
Tabela 62 - Teste de Tukey para as médias, acidez titulável, correlação entre cultivares.	131
Tabela 63 - Análise de variância para pH, correlação entre cultivares.	131
Tabela 64 - Teste de Tukey para as médias, pH, correlação entre cultivares.	131
Tabela 65 - Análise de variância para sólidos solúveis, correlação entre cultivares.	131
Tabela 66 - Teste de Tukey para as médias, sólidos solúveis, correlação entre cultivares.	132
Tabela 67 - Análise de variância para a relação SS/AT, correlação entre cultivares.	132
Tabela 68 - Teste de Tukey para as médias, relação SS/AT, correlação entre cultivares.	132
Tabela 69 - Análise de variância para ácido ascórbico, correlação entre cultivares.	132
Tabela 70 - Teste de Tukey para as médias, ácido ascórbico, correlação entre cultivares.	132
Tabela 71 - Análise de variância para índice de firmeza, correlação entre cultivares.	132
Tabela 72 - Teste de Tukey para as médias, firmeza, correlação entre cultivares.	132
Tabela 73 - Análise de variância para $a^*/b^*$ , correlação entre cultivares.	132
Tabela 74 - Teste de Tukey para as médias, $a^*/b^*$ , correlação entre cultivares.	133
Tabela 75 - Análise de variância para $(a^*/b^*)^2$ , correlação entre cultivares.	133
Tabela 76 - Teste de Tukey para as médias, $(a^*/b^*)^2$ , correlação entre cultivares.	133
Tabela 77 - Análise de variância para hue, correlação entre cultivares.	133
Tabela 78 - Teste de Tukey para as médias, hue, correlação entre cultivares.	133
Tabela 79 - Análise de variância para cor, correlação entre cultivares.	133
Tabela 80 - Teste de Tukey para as médias, cor, correlação entre cultivares.	133
Tabela 81 - Análise de variância, teste afetivo, cv. Débora.	134

Tabela 82 - Teste de Tukey para as médias, teste afetivo, cv. Débora.	134
Tabela 83 - Análise de variância, teste de aceitabilidade, cv. Débora.	134
Tabela 84 - Teste de Tukey para as médias, teste de aceitabilidade, cv. Débora.	134
Tabela 85 - Análise de variância, teste afetivo, cv. Andréa.	134
Tabela 86 - Teste de Tukey para as médias, teste afetivo, cv. Andréa.	134
Tabela 87 - Análise de variância, teste de aceitabilidade, cv. Andréa.	134
Tabela 88 - Teste de Tukey para as médias, teste de aceitabilidade, cv. Andréa.	134

## RESUMO

O tomate é uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil. Procurou-se a partir de duas cultivares avaliar a qualidade pós-colheita desses frutos, colhidos no estágio de amadurecimento verde-maduro, submetidos ao tratamento com gás etileno. As cultivares utilizadas foram Débora e Andréa. O tratamento utilizado foi realizado a partir de mistura gasosa, etil 5% diluído em ar comprimido, fluxo dinâmico por 48 horas à temperatura ambiente de  $20^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $90\pm 5\%$ . A concentração final da mistura permaneceu ao redor de  $100\mu\text{L.L}^{-1}$ , a qual foi monitorada por meio de cromatografia gasosa. Após término da aplicação do etileno, os tomates foram armazenados sob duas temperaturas. Um lote permaneceu a  $20^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  e outro foi mantido a  $12,5^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Tomates não tratados com etileno foram mantidos nas mesmas condições de temperatura e umidade relativa. Para os experimentos, foram realizadas, após cada alteração no estágio de amadurecimento do tomate, as análises: índices de coloração ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  e suas relações), perda de massa, determinação do índice de firmeza ( $\text{N.mm}^{-1}$ ), sólidos solúveis ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), acidez titulável ( $\text{g.}100\text{g}^{-1}$ ), pH e ácido ascórbico ( $\text{mg.}100\text{g}^{-1}$ ). Quando os tomates atingiram o estágio de amadurecimento vermelho foram realizadas análises sensoriais, com teste de aceitabilidade e escala de intensidade. As cultivares responderam de forma diferente aos tratamentos, conforme as características intrínsecas de cada uma. A aplicação de gás etileno promoveu maior uniformidade de coloração nos frutos tratados. No entanto influenciou também nos resultados de  $a^*$ ,  $b^*$ , perda de massa, sólidos solúveis e firmeza para cultivar Débora e  $b^*$  para cultivar Andréa. Frutos armazenados à temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  demonstraram maior porcentagem de perda de massa ao longo do amadurecimento, com média 3,02% para cultivar Débora e 2,60% para cultivar Andréa. Os resultados de acidez titulável,  $0,38\text{g.}100\text{g}^{-1}$  para cultivar Débora e  $0,42\text{g.}100\text{g}^{-1}$  para cultivar Andréa e; sólidos solúveis foram maiores para frutos armazenados a  $12,5^{\circ}\text{C}$ , com média de  $4,85^{\circ}\text{Brix}$  para cultivar Andréa e frutos armazenados a  $20^{\circ}\text{C}$ , com  $4,42^{\circ}\text{Brix}$  para cultivar Débora, com ou sem tratamento com gás etileno. Na média os valores de ácido ascórbico foram mais elevados para a cultivar Andréa não apresentando, entretanto, diferença significativa entre os tratamentos.

**Palavras-chave:** *Lycopersicon esculentum* Mill., cultivar Débora, cultivar Andréa, gás etileno, fluxo dinâmico, qualidade pós-colheita.

## ABSTRACT

### Quality evaluation of fresh market tomato treated with ethylene

Tomatoes are one of the most important vegetable crops cultivated in Brazil. Post harvest quality of tomatoes was evaluated in two cultivars, harvested at mature green stage, and submitted to ethylene treatments. Cultivars used were Débora and Andréa. Treatments were accomplished using a gas mixture with ethyl (5%) diluted in compressed air, flow through for 48 hours at temperature of  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$  and relative humidity of  $90\pm 5\%$ . Ethylene final concentration of the mixture remained around  $100\mu\text{L.L}^{-1}$ , which was monitored through gas chromatography. After ethylene application, tomatoes were stored at two temperatures. One lot remained at  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$  and another one was kept at  $12.5\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Control fruits were kept in the same storage conditions of temperature and relative humidity. For each maturity color change, the following analyses were carried out: color indexes ( $L^*$ ,  $a^*$  and the  $b^*$  and its relations), water loss (%), fruit firmness ( $\text{N.mm}^{-1}$ ), soluble solids ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), titratable acidity ( $\text{g.}100\text{g}^{-1}$ ), pH and ascorbic acid ( $\text{mg.}100\text{g}^{-1}$ ). Red tomatoes were submitted to sensory analyses, with affective test and acceptability. Cultivars responses were different according to the distinct treatments, as an answer for the intrinsic characteristics of each one. Ethylene application promoted color uniformity in treated fruits, also influencing the results for  $a^*$ ,  $b^*$ , water loss, soluble solids and firmness to cultivar Débora and  $b^*$  to cultivar Andréa. Fruits stored at  $20^{\circ}\text{C}$  showed higher water loss (%) during storage, 3.02 and 2.60%, cv. Débora and cv. Andréa, respectively. Titratable acidity results were,  $0.38\text{g.}100\text{g}^{-1}$  for cv. Débora and  $0.42\text{g.}100\text{g}^{-1}$  for cv. Andréa; soluble solids was higher for cultivar Andréa stored at  $12.5^{\circ}\text{C}$ , means of  $4.85^{\circ}\text{Brix}$  and for cv. Débora in fruits stored at  $20^{\circ}\text{C}$ , means of  $4.42^{\circ}\text{Brix}$ , for both treatments with and without ethylene. Ascorbic acid values were higher for Andrea than for Debora fruits. However did not show significant difference among treatments.

**Keywords:** *Lycopersicon esculentum* Mill., cv. Débora, cv. Andréa, ethylene, flow through, postharvest quality.

## 1. INTRODUÇÃO

As hortaliças são consideradas organismos vivos, as quais continuam suas atividades metabólicas mesmo fora da planta de origem e, por isso, durante a fase pós-colheita, esses produtos podem sofrer alterações, quanto às características relativas à coloração, firmeza, aroma e sabor.

A comercialização desses produtos é constituída por diferentes atividades, que envolvem desde os cuidados que o produto requer ainda na planta, fase pré-colheita, até a sua apresentação ao consumidor. A etapa pré-colheita é muito importante, pois todo o processo de conservação, após a colheita, dependerá da qualidade que o produto adquiriu durante sua fase de crescimento e desenvolvimento ainda no campo. A colheita no grau de maturação adequado para cada espécie também é outro fator que influenciará suas características posteriores. Para as hortaliças, geralmente, a colheita é feita de acordo com a maturidade comercial, que estará relacionada com a parte comestível da planta. Existem produtos que podem ser colhidos ainda verdes, como o tomate e outros que devem ser amadurecidos na planta, como a berinjela.

A respiração, transpiração e outros aspectos fisiológicos do tecido vegetal são afetados diretamente pela temperatura ambiente, e esse fator deve ser considerado essencial na conservação das hortaliças. Muitos produtos hortícolas são macios e sensíveis ao empilhamento e a impactos. Assim devem-se conhecer as características do material biológico para garantir manuseio adequado na pós-colheita e evitar perdas.

No caso do tomate, objeto de estudo deste trabalho, quanto mais avançado for seu estágio de amadurecimento, menos manuseio e transporte serão suportados pelos frutos. Por isso, à distância do mercado consumidor deve ser levada em consideração. Para mercados mais longínquos, os frutos podem ser colhidos no estágio verde-maduro e para mercados mais próximos podem ser colhidos em estágio de amadurecimento mais avançado. Em ambos os casos, a refrigeração pode ser empregada, e a utilização de promotores do amadurecimento, como por exemplo, etileno, ou até mesmo a utilização de retardadores desse processo, como o 1-metilciclopropeno, podem ser adicionados às técnicas pós-colheita. Dessa maneira o produto é tratado conforme as necessidades e exigências do mercado.

No entanto, normalmente, o que se vê hoje, nas redes de supermercados e principalmente nas centrais de abastecimento, é a falta de cuidado durante o acondicionamento

e manuseio de hortaliças. Muitas vezes esses produtos são empilhados de forma indiscriminada nas gôndolas ou amontoados em caixas inapropriadas, as quais permanecem dispostas diretamente em contato com o chão, podendo ocasionar contaminação dos mesmos. Constatase também que a forma de apresentação dos produtos, muitas vezes, não corresponde à expectativa criada pelos consumidores. Ocorre mistura de cultivares, tamanhos e estádios de amadurecimento e, nesse cenário, cabe ao cliente vasculhar a gôndola a fim que possa encontrar as frutas e hortaliças conforme deseja.

Por isso o conhecimento e a manipulação adequada dos fatores internos, como a respiração e produção de etileno; e externos, como por exemplo, temperatura e umidade relativa do ar; que influem na vida pós-colheita, poderão promover melhor aproveitamento do produto. Deste modo as técnicas pós-colheita são fundamentais em um sistema de comercialização, pois, além de proporcionarem a conservação mais adequada do produto e diminuição das perdas em qualidade e quantidade, permitem ao produtor a possibilidade de flexibilização na comercialização, e ao consumidor garantia de regularidade no abastecimento de um produto de melhor qualidade.

## **2. OBJETIVOS**

Objetivo geral:

- Avaliar a qualidade pós-colheita de tomates das cultivares Débora e Andréa colhidos no estágio verde-maduro e tratado com gás etileno logo após a colheita.

Objetivos específicos:

- Instalação de um sistema de mistura de gases com fluxo dinâmico;
- Avaliação das características físicas e químicas dos tomates tratados com etileno.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO TOMATE

A produção mundial de tomate superou 100 milhões de toneladas nos últimos cinco anos, sendo que em 2004, alcançou 120,4 milhões de toneladas e, o Brasil participou com aproximadamente 3% dessa produção ocupando o nono lugar no ranking mundial (Tabela 1).

Tabela 1 - Maiores produtores mundiais de tomate.

COLOCAÇÃO	PAÍS	PRODUÇÃO (toneladas)
1º	China	30.142.040
2º	Estados Unidos da América	12.766.000
3º	Turquia	8.000.000
4º	Índia	7.600.000
5º	Itália	7.496.997
6º	Egito	6.780.000
7º	Espanha	4.366.500
8º	Irã	4.200.000
<b>9º</b>	<b>Brasil</b>	<b>3.419.664</b>
10º	México	2.148.130

Fonte: FAO, 2005.

No Brasil, o tomate, destaca-se em sexto lugar dentre as culturas de cultivo temporário. No período entre 2000-2003, a produção brasileira de tomate aumentou 0,8 milhão de tonelada, alcançando no ano de 2004 o total de 3,4 milhões de tonelada. (Figura 1).

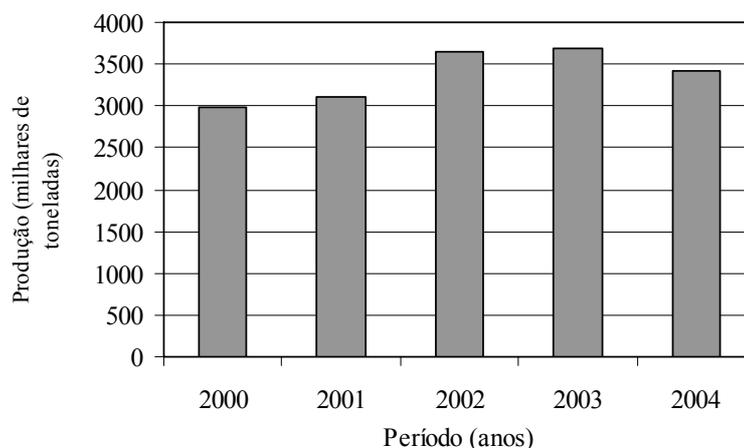


Figura 1 - Produção brasileira de tomate no período 2000-2004. Fonte: FAO, 2005.

A região Sudeste do país ocupa lugar de destaque na produção brasileira de tomate e, dentre os maiores estados produtores encontram-se: Goiás, São Paulo e Minas Gerais (MAPA, 2005). O estado de Goiás apresentou aumento em sua produção no período 2000-2003, assim como o estado mineiro, enquanto que São Paulo demonstrou declínio na sua produção no ano de 2001, crescendo posteriormente (Tabela 2).

Tabela 2 - Maiores estados brasileiros produtores de tomate (tipo industrial e tomate-de-mesa).

ESTADO	Produção (mil toneladas)			
	2000	2001	2002	2003
Goiás	712,4	742,2	951,4	1016,8
São Paulo	709,1	625,6	766,0	768,0
Minas Gerais	523,4	626,6	637,2	692,9

Fonte MAPA (2005).

No estado de São Paulo, os municípios com maior representatividade na tomaticultura, segundo o IEA (2005), são: Mogi Guaçu (43.875t), Apiaí (42.000t), Guapiara (40.000t), Itapeva (21.000t) e Ribeirão Branco (18.750t).

A cadeia de comercialização, em geral, utilizada para tomate constitui-se de produtor, atacadista e varejista; contudo, vem crescendo o contato direto de supermercados com produtores (ANDREUCETTI et al., 2005). A forma de comercialização por atacado é caracterizada pelas CEASA's (Centro Estadual de Abastecimento S/A) e CEAGESP (Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo), considerado o mais importante mercado atacadista de frutas e hortaliças na América Latina.

### 3.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO TOMATE

O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma planta dicotiledônea, pertencente à família Solanácea (MINAMI, 1988). Possui alto teor de carotenóides, tiamina, niacina e vitamina C (17-24 mg de ácido ascórbico.100g<sup>-1</sup> de fruto fresco). Fruto rico em licopeno, substância responsável pela coloração vermelha, recomendado hoje para prevenção ao câncer da próstata. Os tomates contêm cerca de 93 a 94% de água, sendo que o constituinte orgânico que prevalece é o açúcar. Os teores de frutose e glicose correspondem à cerca de 50% da matéria seca do fruto e acima de 95% dos açúcares em tomates, ocorrem aproximadamente em

iguais quantidades (STEVENS, 1985). Para HOBSON e GRIERSON (1993) a composição química de tomates depende de seu genótipo, do ambiente de cultivo, da nutrição da planta do tomateiro e, em menor escala, do tratamento pós-colheita a que é submetido. Revela ainda que as quantidades de ácido málico e cítrico aparecem, respectivamente, na proporção de 0,10% e 0,20% do peso fresco do produto.

SALUNKHE et al. (1991) descreveram a composição nutricional do tomate por 100g, sendo os principais compostos: 93,5% de água; 22cal; 1,1% de proteína; 4,7% de carboidratos; 13,0mg de cálcio; 27,0mg de fósforo; 0,5mg de ferro; 3,0mg de sódio; 244,0mg de potássio e 23,0mg de vitamina C (ácido ascórbico).

O tomate caracteriza-se por ser carnoso, macio, com dois ou mais lóculos, protegido por uma cutícula quase impermeável a gases e a água, que contém internamente uma cavidade locular (Figura 2) com quantidades variáveis de ar. O tomate é sensível ao empilhamento, a quedas e a outros impactos. Por isso deve-se atentar para os cuidados na pós-colheita. Quanto menor o manuseio, melhor será a manutenção dos atributos de qualidade da matéria-prima.

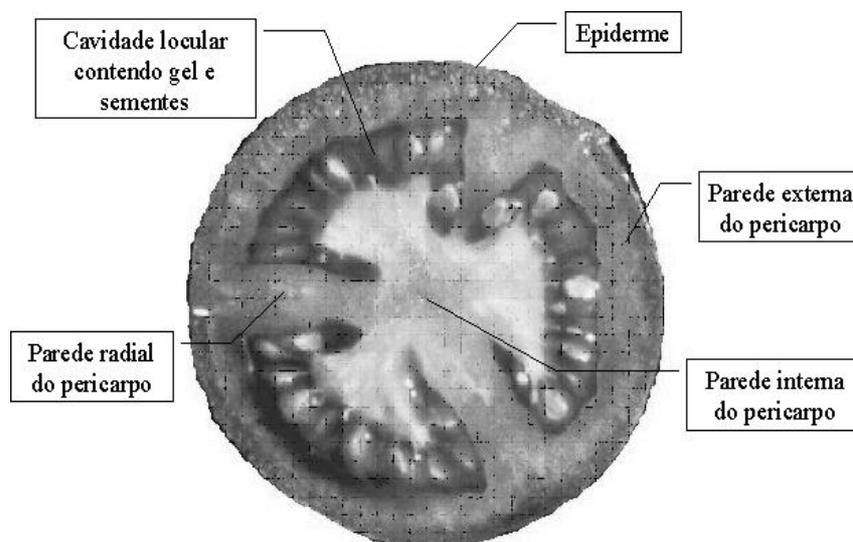


Figura 2 - Seção transversal do fruto de tomateiro. Adaptado de HOBSON e DAVIES (1971).

### 3.2.1. Mutação em tomates

No tomate conhecido por *never-ripe* (*Nr*) ocorre o bloqueio do processo de amadurecimento causado pela mutação de um receptor do etileno que confere a incapacidade de ligação com esse hormônio. Há também outros tipos de tomates mutantes: *ripening*

*inhibitor (rin)*, *non-ripening (nor)* e *alcobaça (alc)*. Nesses casos, o amadurecimento (com exceção da maturação das sementes) é inibido, pois não possuem produção autocatalítica de etileno, e contam com reduzidos níveis de licopeno (representando tomates com pouca pigmentação vermelha). Genes inibidores de amadurecimento, apesar de serem capazes de prolongar a vida útil do produto, não necessariamente melhoram sua firmeza e ainda podem trazer, ao fruto, alguns efeitos negativos no sabor e aroma. Nos frutos de tomates comuns, os parâmetros de amadurecimento, incluindo produção de etileno, estão diretamente relacionados com a síntese de poligalacturonase, enquanto que os frutos com os genes descritos apresentam baixa atividade desta enzima (HOBSON e GRIERSON, 1993; MARCOS, 2001; AHRENS e HUBER, 1990). Mutantes de tomates com esses genes reduzem a transcrição da enzima poligalacturonase, pois não acumulam o RNA mensageiro que codifica essa substância. Aplicações externas de etileno possuem pouco efeito na indução do amadurecimento nestes tipos de mutantes, uma vez que não são capazes de transmitir o sinal que desencadeia esse processo (LUDFORD, 1987; ANDRADE-JÚNIOR, 1999; ALEXANDER e GRIERSON, 2002; SANTOS et al., 2003; RESENDE et al., 2004).

A eliminação da biossíntese do etileno nesses tomateiros bloqueando o amadurecimento dos frutos faz com que eles não respondam prontamente quando são expostos ao etileno (SANTOS et al., 2003).

O tomate conhecido por longa vida possui o gene mutante *rin*. Esses tomates têm sido muito criticados pelos consumidores sendo apontado de sabor inadequado. CANTWELL (2003) afirma que tomates convencionais possuem maior índice de coloração vermelha que os tomates com gene mutante. Essa mesma observação foi feita por SANTOS et al. (2003) que constataram que o gene *rin* atuou intensamente no sentido de reduzir os teores de licopeno e, conseqüentemente, promover maior deficiência na coloração vermelha dos frutos.

### **3.2.2. Tomate grupo “Santa Cruz”**

Os tomates pertencentes a esse grupo são provenientes do cruzamento natural entre as cultivares Rei Umberto e Chacareiro, também conhecido como Redondo japonês; ocorrido no município de Suzano (SP) entre os anos de 1935 e 1940. Em 1940, implantou-se uma nova comunidade de produtores japoneses em Santa Cruz (RJ) onde ocorreu a introdução dessa nova cultivar, que logo passou a ser conhecida pelo nome da cidade.

Caracteriza-se por possuir dois ou três lóculos, polpa espessa e compacidade, o que proporciona resistência ao fruto. Os frutos pertencentes a esse grupo são de formato oblongo, ou seja, sua altura é relativamente maior que seu diâmetro, e pesam entre 160 e 200g (FILGUEIRA, 2000).

### 3.2.3. Tomate grupo “Italiano”

Dos grupos existentes esse é o mais recente, introduzido no final da década de 90. Os frutos possuem dois lóculos e assim com os frutos do grupo “Santa Cruz”, os tomates do grupo “Italiano” também se caracterizam pelo formato oblongo, porém são tipicamente alongados, com comprimento 1,5 a 2,0 vezes o seu diâmetro (FILGUEIRA, 2000). Há poucas cultivares desse grupo, com destaque para o híbrido Andréa.

MELO (2003) e SILVA e PINTO (2005) descreveram sobre a busca por diversificação por parte dos produtores, em relação à utilização de outras cultivares que não o longa vida, como por exemplo, tomates do tipo Santa Cruz e ainda a ampliação no mercado do tomate para consumo ao natural do tipo Italiano.

## 3.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DO ETILENO

O etileno é a mais simples olefina<sup>1</sup> conhecida, com peso molecular igual a 28,054 (Figura 3), sendo mais leve que o ar sob condições fisiológicas. Em alguns tecidos da planta, o etileno é completamente oxidado em gás carbônico e, em outros, é incorporado pelos tecidos por meio da conversão em óxido de etileno (processo de oxidação) e etileno glicol (processo de hidrólise), Figura 4. A ligação dupla presente na molécula de etileno o torna susceptível a alta energia de irradiação (ABELES, 1973; KIEBER, 2004).

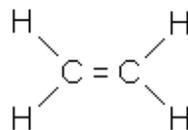


Figura 3 - Estrutura química do etileno.

---

<sup>1</sup> Olefina: classe de hidrocarboneto que possui a cadeia carbônica classificada como etênica com apenas uma ligação dupla. Etênica: cadeia carbônica que possui ligações duplas, independente do número.

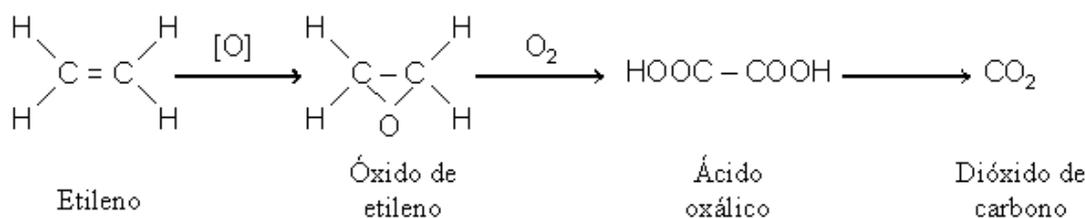


Figura 4 - Oxidação completa do etileno (KIEBER, 2004).

Algumas características físicas e químicas desse composto podem ser observadas na Tabela 3, segundo diferentes autores.

Tabela 3 - Características físicas e químicas do etileno.

PARÂMETROS	VALORES
<i>Ponto de congelamento</i>	-169,5°C*, 181°C**
<i>Ponto de ebulição</i>	-103,7°C*, -103°C**
<i>Ponto de evaporação</i>	-169°C**
<i>Inflamável aos limites</i>	3,10-32,00% no ar*, 2,75-28,60% no ar**
<i>Volume específico</i>	861,5 ml.g <sup>-1</sup> à 21°C*
<i>Coloração</i>	Ausente*, **, ***
<i>Solubilidade em água</i>	5 vezes maior que o oxigênio*, **
<i>Coefficiente de absorção</i>	0,266 (a 0°C), 0,108 (a 25°C)**
<i>Molaridade na água, concentração 1μL.L<sup>-1</sup></i>	10,1.10 <sup>-9</sup> (a 0°C), 4,43.10 <sup>-9</sup> (a 25/C)**

\* SALTVEIT e YANG, 1987.

\*\*ABELES, 1973.

\*\*\*SALTVEIT, 1999.

O etileno caracteriza-se por ser o único hormônio gasoso presente nas plantas e, devido a essa característica, o transporte célula-célula desse composto é realizado por meio de movimento de difusão, no qual ocorre transferência de regiões de alta concentração gasosa para regiões de baixa concentração. Esse gradiente de difusão no tecido vegetal é determinado pela relação área/volume, resistência à difusão e à taxa de produção de etileno. Devido o seu baixo peso molecular, esse hormônio possui alta taxa de difusão. Por causa da alta solubilidade do etileno nos tecidos, mudanças na taxa de síntese desse composto não são expressas rapidamente como alterações nas taxas de difusão. Em tomates e pimentões, 60% do etileno tem sua difusão feita pelo pedúnculo (ABELES, 1973; SALTVEIT e YANG, 1987; McKEON e YANG, 1987; KAYS, 1991; SALTVEIT, 1999, KIEBER, 2004).

### 3.4. BIOSÍNTESE DO ETILENO

Foram propostos dois sistemas para regulação do etileno em plantas climatéricas. O Sistema 1 ocorre durante o crescimento normal da planta, e é responsável pela produção de etileno em níveis que possam ser encontrados em todos os tecidos vegetais, incluindo naqueles de frutos não-climatéricos. O Sistema 2 opera, exclusivamente, durante o amadurecimento de frutos climatéricos, e durante a senescência de algumas flores, principalmente quando o etileno tem produção autocatalítica. O amadurecimento normalmente se inicia em uma região do fruto, espalhando-se para as regiões vizinhas pelo processo de difusão livre até que o processo de amadurecimento atinja todo o fruto (REID, 1994; ALEXANDER e GRIERSON, 2002). Esse efeito é claramente percebido pela mudança de coloração no fruto que, de acordo com HOBSON e GRIERSON (1993), inicia-se no gel locular em volta das sementes e depois migra para o pericarpo progressivamente. Externamente essa mudança ocorre a partir do topo do fruto até seu pedúnculo.

Testes nos tecidos das plantas demonstraram que o aminoácido *metionina* (MET) é rapidamente convertido em etileno em um sistema químico envolvendo íons de cobre e ácido ascórbico. Essa conversão é bloqueada por inibidores da fosforilação oxidativa, implicando, desta forma, em uma etapa dependente de energia (ATP) no processo de síntese do etileno. Essa etapa que necessita de energia engloba outra substância denominada *S-Adenosilmetionina* (SAM), a qual interfere, juntamente com a disponibilidade ou não de ATP, no processo de conversão da metionina em etileno. O composto SAM é considerado um intermediário na rota de biossíntese de etileno. A partir de uma enzima chamada *ACC Síntase* (ACCS), ocorre a transformação da SAM para o precursor imediato do etileno, *Ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico* (ACC). Quando o ACC é fornecido à planta, a produção do etileno aumenta consideravelmente, indicando que a síntese do ACC é em geral a etapa biossintética que limita a produção do etileno nos tecidos vegetais (McKEON e YANG, 1987; ALEXANDER e GRIERSON, 2002, REID, 2003).

Dependendo do tecido vegetal, o hormônio etileno pode promover a produção de etileno (processo autocatalítico) ou inibir sua produção (autoinibição). Durante a autocatálise em amadurecimento de frutos, o hormônio afeta a produção endógena de etileno através da conversão de ACC. Outra enzima que participa na síntese de etileno é conhecida como Enzima

Formadora de Etileno (EFE). Esta última enzima participa da conversão da ACC em etileno, cuja etapa final é dependente de oxigênio. A enzima responsável pode ser oxidase ou hidroxilase. Na forma oxidase conhece-se a *ACC Oxidase* (ACCO), considerada uma enzima de extrema importância no controle da produção desse hormônio (McKEON e YANG, 1987; ALEXANDER e GRIERSON, 2002).

A forma simplificada da biossíntese do etileno está representada na Figura 5.

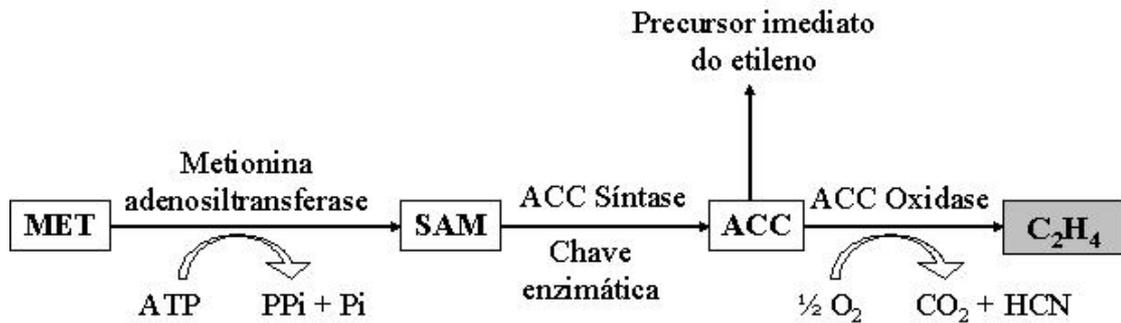


Figura 5 - Biossíntese do etileno. Adaptado de MATTOO e SUTTLE (1991), BROWN (1995), SALTVEIT (1999), REID (2003).

Em tomates no estágio verde-maduro, na fase pré-climatérica, o composto ACC realça ligeiramente o processo de amadurecimento a partir da produção de etileno, e o tratamento com etileno exógeno aumenta a potencialidade da conversão do ACC em etileno nos tecidos vegetais (LUDFORD, 1987).

De acordo com REID (1994) o etileno atua fixando-se a uma molécula receptora no interior da célula vegetal, a partir da qual ocorrerá a resposta a ação do etileno (Figura 6). A molécula de etileno uma vez no interior da célula promove a modificação do DNA em RNA mensageiro. Através das enzimas presentes nos polipeptídeos desse mensageiro é que ocorrerá a indução da ação do etileno (Figura 6).

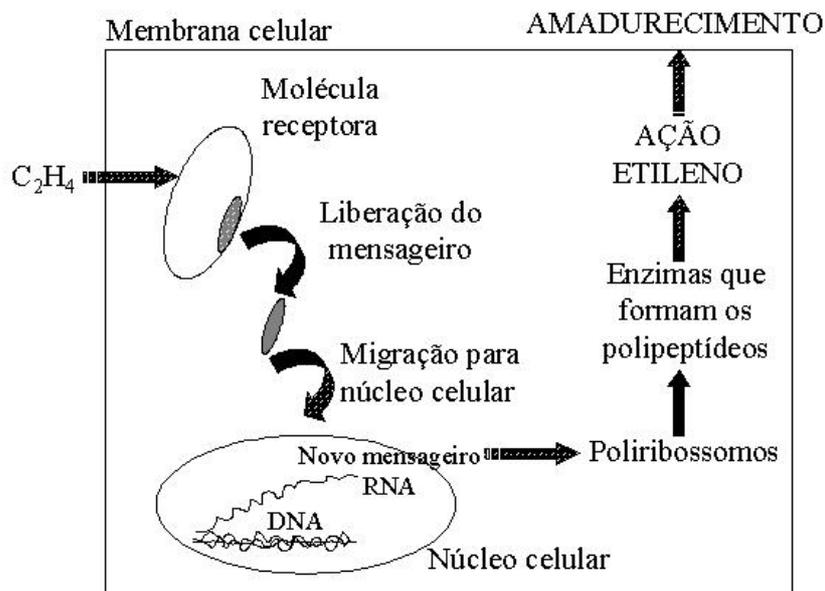


Figura 6 - Esquema de ação do etileno na célula vegetal. Fonte: REID, 2003.

#### 3.4.1. Inibidores do etileno: síntese e ação

Os agentes inibidores do etileno podem atuar tanto na síntese como na ação desse hormônio. A aminoetóxi-vinil-glicina (AVG), o ácido aminoxiacético (AOA), íons cobalto ( $Co^{2+}$ ) são exemplos de inibidores da síntese de etileno. Os dois primeiros compostos são conhecidos inibidores das enzimas, especificamente a enzima ACC Síntase, que utiliza o co-fator piridoxal fosfato, impedindo, desta maneira, a conversão do SAM para ACC. Já os íons de cobalto atuam bloqueando a conversão do ACC em etileno realizada pela ACC Oxidase, a última etapa na biossíntese do etileno. No que diz respeito a inibição da ação do etileno, pode-se citar os seguintes agentes: íons prata ( $Ag^+$ ) aplicados na forma de nitrato de prata ( $AgNO_3$ ) ou como tiosulfato de prata ( $Ag(S_2O_3)_2^{3-}$ ); dióxido de carbono em concentrações compreendidas entre 5 e 10% (que inibem, por exemplo, a indução do amadurecimento), 1-metilciclopropeno (MCP) (HOBSON e GRIERSON, 1993; SALTVEIT, 1999; KIEBER, 2004).

#### 3.4.2. Promotores da síntese de etileno

A produção endógena do hormônio etileno é estimulada por diversos fatores, dentre os quais: estágio de desenvolvimento, condições ambientais, outros hormônios vegetais e lesões físicas e químicas (Tabela 4, de acordo com ABELES, 1973; McKEON e YANG, 1987;

KIEBER, 2004). A síntese desse composto também varia de forma circadiana, isto é, ocorrem picos durante o dia e atinge o mínimo durante a noite.

Tabela 4 - Fatores que promovem a síntese de etileno.

<b>FATOR</b>	<b>AGENTES</b>	<b>EFEITOS</b>
Amadurecimento de frutos	ACC ACC Síntase ACC Oxidase	Aumento na síntese de etileno
Estresse	Seca, inundação, temperaturas extremas, exposição ao ozônio	Aumento na síntese de etileno. O “etileno de estresse” está envolvido no início da resposta ao estresse, como a abscisão foliar, senescência, regeneração de lesões e aumento na resistência a moléstias
Hormônio	Auxina	Promoção da síntese de etileno pelo aumento da atividade da ACC Síntase

### 3.5. APLICAÇÃO DO ETILENO

O ácido 2-cloroetilfosfônico (comercialmente – Ethrel – forma líquida ou Ethepon – forma gasosa), por ser um regulador de crescimento que se degrada no interior dos tecidos vegetais liberando o hormônio etileno, tem sido muito usado para acelerar, controlar e uniformizar o amadurecimento de frutas de várias espécies vegetais. A forma mais utilizada desse composto é a gasosa, segundo SHERMAN (1985), CHOMCHALOW (1991), SALTVEIT (1999); CHOMCHALOW et al. (2002), REID (2002) THOMPSON (2003).

Para KASMIRE e KADER (1978) citado por CHOMCHALOW et al. (2002) o tratamento com etileno assegura maior homogeneidade de coloração para um lote de tomate.

Segundo KADER (2003) o uso de etileno no processo de amadurecimento do tomate permite que o consumidor opte pela aquisição do produto no ponto adequado, segundo a sua expectativa de compra e consumo. CANTWELL (2003) afirma que o tratamento com etileno, em tomates no estágio verde-maduro, pode ser feito em vários pontos durante a comercialização com o intuito de estimular o amadurecimento do produto.

Para finalidades comerciais, normalmente os frutos são colhidos no estágio verde-maduro e aplicado etileno durante o armazenamento. A dificuldade na colheita comercial é a determinação precisa do estágio verde-maduro, o qual pode ser confundido com fruto imaturo,

esse, por sua vez, responde ao tratamento exógeno de etileno, no entanto, não apresenta amadurecimento normal (LUDFORD, 1987).

### **3.5.1. Exemplos de aplicação do etileno em diferentes produtos**

Através da aplicação do etileno pode-se induzir a floração em abacaxizeiros e promover a alteração da expressão sexual em pepinos. O desenvolvimento da coloração é realçado com a estimulação da síntese de pigmentos em maçãs e tomates ou pela degradação da clorofila em bananas e citrus (SALTVEIT, 1999).

Deste modo, o gás etileno é largamente empregado no amadurecimento de bananas (REID, 2002; THOMPSON e CRISOSTO, 2002; KADER et al., 2003). E também é utilizado no desverdecimento de citrus (ARPIA, 2003), com concentrações de  $1000\mu\text{L.L}^{-1}$  sendo suficiente para proporcionar uma coloração satisfatória em sete dias, enquanto que a aplicação de  $5000\mu\text{L.L}^{-1}$  causa danos à superfície do produto e atraso no processo de desverdecimento (ABELES, 1973). Já SALTVEIT (1999) afirma que concentrações abaixo de  $5\mu\text{L.L}^{-1}$  a temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  podem reduzir a incidência de deterioração em citrus.

### **3.6. MISTURA GASOSA E TÉCNICAS DE DILUIÇÃO**

A vantagem de se utilizar uma mistura gasosa pronta, por meio de cilindros de gases comprimidos, é que se conhece exatamente a composição dos gases e, faz-se necessário apenas uma análise inicial dessa composição, para simples verificação da concentração da mistura desejada no tratamento (SALTVEIT e YANG, 1987).

YOUNG e BIALE (1962) realizaram experimento utilizando a técnica volumétrica de mistura de gás, para obter a concentração desejada de oxigênio, nitrogênio, etileno e gás carbônico em atmosfera modificada.

KADER (2002) descreve algumas técnicas de mistura de gases tanto para sistema estático como para dinâmico. A homogeneidade depende da densidade e da quantidade de compostos que se deseja misturar e, os métodos para mistura de gases, estão baseados nas relações de massa, volume ou pressão e por sua vez regidos pelas leis dos gases. SALTVEIT e DILLEY (1977) relataram procedimentos de mistura de gás preparados por alta pressão. Esses

autores desenvolveram um método simples e rápido de mistura de gases utilizando pressões diferentes entre dois cilindros de gás comprimido.

### **3.6.1. Sistema Estático**

O produto é colocado no interior de um recipiente com volume conhecido por um período determinado de tempo, no qual o gás é injetado. Apresenta como vantagens a simplicidade do sistema, maior adaptabilidade a experimentos de curto prazo os quais exigem poucas amostragens. Requer aeração freqüente da câmara para prevenir o acúmulo de gases, principalmente gás carbônico (NELSON, 1976; SHERMAN, 1985). Um cilindro de gás comprimido e um temporizador são os componentes requeridos para esse tipo de sistema. O recipiente que contém o produto é vedado evitando trocas gasosas e, o início do tratamento é considerado a partir do período de acumulação do gás em seu interior. O interior do recipiente pode conter atmosfera ambiente ou ainda ser equilibrada com uma mistura gasosa conhecida. Nos dois casos, é necessária uma amostragem inicial para verificação da concentração no começo do tratamento. Em um sistema estático, no qual os gases são previamente misturados por meio de cilindros de gases comprimidos, pode-se atingir uma razoável estabilidade da atmosfera modificada para experimentos de curto prazo (NELSON, 1976; SALTVEIT e YANG, 1987).

Após a exposição ao etileno pelo método estático por 12-24 horas à temperatura de 15-25°C, o produto é retirado da sala de amadurecimento e levado a um ambiente de estocagem ou embalado e encaminhado aos centros de comercialização. Esse método é utilizado em alguns produtos como, por exemplo, abacate (SALTVEIT, 1999).

KADER (2002) propõe alguns sistemas para aplicação estática: (1) procedimento gravimétrico, este método é independente da temperatura, pressão e capacidade de compressibilidade do gás, envolve o peso dos componentes gasosos do cilindro; (2) mistura por volume, recomenda-se evacuar o cilindro até atingir 0,1mmHg, nivelar com o gás diluente, esvaziar novamente o cilindro e injetar o gás desejado; a pressão do gás diluente deve ser ajustada para atingir a pressão desejada; (3) mistura por pressão, considerando o conceito de pressão parcial de cada componente igual a fração molar multiplicada pela pressão total da mistura de gases.

### **3.6.2. Sistema Dinâmico**

Consiste num fluxo contínuo de gás (ou gases) que passa sobre o produto a ser tratado. É mais complexo que o sistema estático, porém mais adaptável para retirada de amostras periódicas, no caso de experimentos de longo prazo. O produto é inserido dentro do recipiente através do qual se conhece o fluxo da mistura gasosa (NELSON, 1976; SHERMAN, 1985; SALTVEIT e YANG, 1987).

Segundo esses mesmos autores a execução de um sistema dinâmico requer investimento considerável na aquisição de equipamentos para assegurar as proporções dos gases que estarão sendo misturados e, também, sendo necessário garantir que a taxa de fluxo da mistura será atingida durante o experimento. Por causa do grande volume de gases envolvido no princípio de mistura pelo sistema dinâmico, a combinação gasosa deve ser feita através do uso de medidores de fluxo. Esse equipamento de medição deve ser de fácil ajuste inicial, de forma a permitir o controle adequado da concentração final que deverá apresentar a mistura gasosa e, o fluxo deve ser estável o suficiente para promover a mistura enquanto durar o experimento. Em alguns casos, é necessária a instalação de válvulas de ajuste fino na linha do sistema, como forma de aprimorar a taxa do fluxo desejada, podem-se ainda utilizar tubos capilares para essa função. O fluxo através do recipiente deve ser mensurado na entrada e saída do mesmo, permitindo, deste modo, exatidão nos cálculos para verificação da concentração no interior do recipiente. Também, garante-se que a atmosfera dentro do recipiente está sendo mantida. De acordo com SALTVEIT (1999) a manutenção de um sistema de circulação durante a aplicação do gás também auxilia na conservação das condições de temperatura, umidade relativa, concentração de dióxido de carbono e etileno a níveis desejados.

Pelo sistema dinâmico, segundo REID (2002), o fluxo de etileno é muito baixo e sua regulação deve ser feita de maneira cuidadosa. O procedimento é realizado reduzindo-se a pressão através de um regulador de dois estágios. O gás é inserido à câmara com o uso de uma válvula e medidor de fluxo. Para evitar o acúmulo de gás carbônico deve-se fazer a renovação do ar e para tal emprega-se um ventilador.

Para estimar corretamente a taxa de fluxo de gases no sistema dinâmico existem alguns dispositivos: tubos de Pitot, bolômetros, fluxímetros, entre outros, os quais devem ser escolhidos de acordo com a escala do equipamento. Pode-se, em alguns casos, controlar o fluxo mantendo constante a pressão do gás (NELSON, 1976).

Sistemas dinâmicos que utilizam 10 a 150 $\mu\text{L.L}^{-1}$  de etileno, por períodos de 2 a 3 dias, com temperaturas compreendidas entre 15 e 25°C, correspondem aos sistemas que mais são empregados para promoção do amadurecimento em centros regionais de distribuição de frutas e hortaliças. Banana, manga e tomate são exemplos de produtos que recebem esse tratamento (SALTVEIT, 1999).

GULL (1981b) e SALTVEIT (1999) descrevem a importância do desenvolvimento de geradores como meio de aplicação de etileno no amadurecimento de tomates. O uso do gerador permite a liberação de uma pequena quantidade de etileno, por um determinado período de tempo, sem proporcionar riscos de explosão. A base do processo, nesse gerador, é etanol o qual se converte em etileno e água. Esse procedimento requer que os ambientes de amadurecimento sejam ventilados periodicamente.

### **3.7. EFEITOS DO ETILENO NO TECIDO VEGETAL**

O etileno possui diferentes efeitos na planta, promovendo conseqüências nas células vegetais nos diversos estádios de desenvolvimento, seja na etapa pré-colheita, seja na fase pós-colheita. Porém, esses efeitos dependem de muitas variáveis, tais como: tipo de tecido, estágio de desenvolvimento, idade fisiológica, concentração do etileno, composição da atmosfera, duração da exposição e temperatura de aplicação (ABELES, 1973; SALTVEIT e YANG, 1987, SALTVEIT, 1999).

Crescimento e diferenciação celular, formação de raízes adventícias, germinação de sementes, indução da floração em algumas espécies (por exemplo, o abacaxizeiro), abscisão e senescência de folhas, flores e frutos, amadurecimento de frutos são alguns exemplos das respostas, nos vegetais, que o etileno regula. O etileno também está envolvido nos processos de resposta a ataques de patógenos e fermentos nos tecidos vegetais, e respostas ao estresse, sejam de caráter biótico ou abiótico (McKEON e YANG, 1987; SALTVEIT e YANG, 1987; SALTVEIT, 1999; ALEXANDER e GRIERSON, 2002; KIEBER, 2004).

#### **3.7.1. Amadurecimento de frutos**

O estágio de amadurecimento em frutos pode ser visto como aquele que dá condições de consumo ao produto, estando esse fisiologicamente desenvolvido. Durante o amadurecimento de frutos algumas modificações ocorrem nas células vegetais e essas

modificações interferem diretamente na qualidade pós-colheita dos mesmos (LUDFORD, 1987; McKEON e YANG, 1987).

Tais mudanças, de forma geral, incluem o amolecimento dos frutos, devido à quebra enzimática das paredes celulares, à hidrólise do amido, ao acúmulo de açúcares e ao declínio de ácidos orgânicos e de compostos fenólicos, incluindo os taninos; especificamente em tomates, ocorre a mudança da cor verde para o vermelho em consequência da perda da clorofila. Ao mesmo tempo, são produzidos os componentes do aroma e sabor. Dependendo da variedade do fruto, os conteúdos de ácidos cítrico e málico podem ou não diminuir durante o processo de amadurecimento (NITSCH, 1970; ABELES, 1973; LUDFORD, 1987; ALEXANDER e GRIERSON, 2002; KIEBER, 2004).

Em geral, o nível de etileno aumenta imediatamente antes ao pico climatérico na respiração o qual caracteriza o início do processo de amadurecimento (NITSCH, 1970). Todos os frutos que amadurecem em resposta ao etileno são denominados climatérios (por exemplo, bananas, abacates, maçãs e tomates), os quais apresentam, antes da fase de amadurecimento, aumento característico da respiração. O tratamento com etileno induz o fruto climatérico a produzir etileno adicional, sendo uma reação autocatalítica. Por outro lado, frutos que não exibem aumento na produção de etileno e na respiração são denominados frutos não-climatéricos, como por exemplo, citrus, abacaxi, morango e uva (ABELES, 1973; REID, 1987; LUDFORD, 1987; SALTVEIT, 1999; KIEBER, 2004).

Uma vez iniciado o processo de amadurecimento em frutos climatéricos, a concentração interna de etileno aumenta rapidamente e, portanto, a aplicação de etileno não mais promoverá efeito sobre o amadurecimento do fruto (SALTVEIT, 1999).

### **3.8. PARÂMETROS PARA APLICAÇÃO DE GÁS ETILENO EM TOMATES**

Os parâmetros para aplicação do gás etileno consistem na concentração, tempo de exposição ao gás e condições ambiente (como por exemplo, recomendações de temperatura e umidade relativa) para proporcionar amadurecimento adequado e uniforme em frutos de tomate.

De acordo com ABELES (1973) o tratamento com etileno a altas temperaturas (acima de 25°C) resulta em amadurecimento improvável do fruto. A concentração de gás carbônico no

ambiente, além da temperatura, também pode interferir no processo de amadurecimento do fruto, por meio da inibição, promoção ou simplesmente não ter efeito sobre a produção de etileno. Baixas concentrações de oxigênio, invariavelmente, inibem a produção de etileno e conseqüentemente retardam o amadurecimento do fruto. Dependendo do tecido envolvido, a quantidade de luz pode aumentar ou diminuir a taxa de produção do etileno. De acordo com GULL (1981b) altas concentrações de dióxido de carbono não somente provocam o retardo do amadurecimento, mas também, inibem o desenvolvimento normal da coloração vermelha.

Temperaturas crescentes até 30°C geralmente estimulam a produção de etileno, porém, a redução da temperatura até o limite seguro para cada produto, e também diminuição nos índices de oxigênio (abaixo de 8%) ou elevação da quantidade de gás carbônico (acima de 2%), são fatores que inibem a produção do gás pelo produto (HONÓRIO e MORETTI, 2002). Segundo SUSLOW e CANTWELL (2003) um rápido amadurecimento decorre da exposição de frutos de tomate a 100µL.L<sup>-1</sup> de etileno, sob temperaturas de 12,5 a 25°C. CANTWELL (2003) relata que temperaturas de amadurecimento acima de 25°C resultam em maciez excessiva, coloração desuniforme, uma vez que altas temperaturas inibem a formação de pigmentos vermelhos em frutos de tomateiro. HARDENBURG et al. (1986) relataram que normalmente tomates verde-maduros são tratados com gás etileno a temperatura de 20°-21°C sob umidade relativa de 85-95%. De acordo com esses parâmetros, CHOMCHALOW et al. (2002) utilizaram, para concentração de 100µL.L<sup>-1</sup>, temperatura de aplicação do gás a 20°C com umidade relativa de 90%.

MASARIRAMBI et al. (1995) realizaram experimentos testando 100µL.L<sup>-1</sup> de etileno a diferentes temperaturas: 20°, 25°, 30°, 35° e 40°C; para verificar a resposta do tomate de acordo com o desenvolvimento da coloração vermelha. Concluíram que o tomate detecta a presença do etileno a altas temperaturas (30°, 35° e 40°C), porém não é capaz de responder a essa substância enquanto não for transferido para temperaturas mais baixas, como por exemplo, 20°C, a menor temperatura por eles testada.

BRECHT (1987) determinou o efeito do etileno exógeno na formação do gel locular de tomates. Para tanto aplicou etileno a 50µL.L<sup>-1</sup> em fluxo dinâmico por 48 horas. Frutos tratados com etileno chegaram ao estágio verde-maduro em dois ou três dias comparados aos nove dias dos frutos testemunhas (controle). Concluiu que a formação do gel locular responde à aplicação de etileno. MANZANO-MENDEZ et al. (1984) utilizaram tomates no estágio

verde-maduro, mantidos a 5°C ou 35°C num fluxo de ar com ou sem a presença de etileno (concentração de 50µL.L<sup>-1</sup>, sistema dinâmico). Frutos controle receberam o mesmo tratamento com etileno a 20°C. Esses frutos apresentaram qualidade superior aos demais tratamentos.

KADER et al. (1978) realizaram tratamentos de etileno em tomates utilizando fluxo contínuo à concentração de 100µL.L<sup>-1</sup> por um período de 48 horas, a 20°C. Concluíram que a aplicação de etileno sob essa temperatura não influenciou o desenvolvimento de aroma e sabor quando comparado a frutos colhidos no mesmo estágio de amadurecimento sem aplicação do etileno.

CHOMCHALOW (1991) aplicou etileno em tomates colhidos no estágio verde-maduro (antes e após armazenamento) em sistema dinâmico (sob temperatura de 20°C) com concentração de 100µL.L<sup>-1</sup> e temperaturas de armazenamento 2,5° ou 12,5°C. Concluiu que houve alto potencial de uniformidade de amadurecimento em tomates tratados com etileno imediatamente após a colheita. A Tabela 5, a seguir, contém algumas recomendações para aplicação do gás etileno em tomates no estágio verde-maduro.

Tabela 5 - Recomendações para aplicação de gás etileno em tomates no estágio verde-maduro.

<b>Referência</b>	<b>Concentração de etileno</b>	<b>Tempo de exposição</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Umidade Relativa</b>
GULL (1981a)	100-150µL.L <sup>-1</sup>	24-48 horas	20-25°C	85-90%
HOBSON e GRIERSON (1993)	100µL.L <sup>-1</sup>	24-48 horas	20-25°C	-
THOMPSON e CRISOSTO (2002)	100µL.L <sup>-1</sup>	Superior a 72 horas	18-20°C	90-95%
REID (2002)	10-100µL.L <sup>-1</sup>	24-72 horas*	18-20°C	90-95%
SUSLOW e CANTWELL (2003)	100µL.L <sup>-1</sup>	24-72 horas	18-21°C 14-16°C**	90-95%

\* Para frutos climatéricos exposição ao gás etileno por 12 horas, dependendo do tipo de fruto pode ser suficiente.

\*\* Para amadurecimento mais lento do produto. Pode ser aplicado durante o transporte do fruto.

Contudo, apesar dessas recomendações em relação a concentração que deve ser utilizada no tratamento de tomates, McGLASSON (1970), GULL (1981b) e SALTVEIT (1999) relatam que o processo de amadurecimento pode ser iniciado quando a concentração interna de etileno, nos tecidos vegetais, atinge valores de 0,1 a 1,0µL.L<sup>-1</sup>, e portanto, altas

concentrações de etileno exógeno, em aplicações comerciais, passam a ser irrelevantes; o nível interno de etileno chega, de acordo com TUCKER (1993), a  $27\mu\text{L.L}^{-1}$  durante o pico climatérico. McGLASSON (1970) afirma que o amadurecimento pode ser induzido em frutos, após a colheita, aplicando-se concentrações de etileno acima de  $3\mu\text{L.L}^{-1}$ .

No entanto, em casos comerciais, deve-se considerar imprevistos como, por exemplo, infiltrações de ar no ambiente de amadurecimento, o qual pode proporcionar alteração e perda da concentração inicialmente aplicada. Portanto, de acordo com SALTVEIT (1999), comercialmente, são utilizadas concentrações entre 10 e  $1000\mu\text{L.L}^{-1}$  as quais promovem o amadurecimento de abacate, banana, manga, melão, kiwi, tomate.

### **3.9. CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO**

Cada produto possui suas especificações e limitações quanto às condições de armazenamento, principalmente em relação aos parâmetros de temperatura e umidade relativa do ambiente. Essas características devem ser respeitadas a fim de se manter os atributos de qualidade do fruto, incluindo firmeza, coloração, ausência de danos físicos e patológicos.

#### **3.9.1. Temperatura**

Os tomates podem ser armazenados por um período superior a 14 dias, sob a temperatura de  $12,5^{\circ}\text{C}$ , sem que haja redução significativa das qualidades sensoriais e desenvolvimento da coloração. Temperaturas abaixo de  $10^{\circ}\text{C}$  causam dano pelo frio em tomates, o qual consiste em um processo cumulativo e irreversível, podendo trazer ao tomate as seguintes conseqüências: amadurecimento irregular, coloração desuniforme, promoção do aparecimento de manchas escuras na superfície do fruto, amaciamento precoce, escurecimento de sementes, os compostos voláteis ficam comprometidos durante o amadurecimento e armazenamento, com redução da qualidade e nível do aroma e sabor do fruto (SUSLOW e CANTWELL, 2003; CANTWELL, 2003).

HOBSON e GRIERSON (1993) e CANTWELL (2003) relataram que tomates mantidos sob temperaturas acima de  $25^{\circ}\text{C}$  resultam em baixo índice de firmeza, coloração desuniforme e diminuição dos níveis de pigmentos vermelhos, o licopeno (Figura 7). Os limites de amadurecimento, presentes na Figura 7 (Max. e Min.), correspondem a tomates

armazenados inicialmente no estágio verde-maduro. Para o caso de tomates armazenados no estágio de amadurecimento o qual já apresentam alguma coloração vermelha, as temperaturas passam a ter tolerância de 2 a 3°C daquelas descritas.

Para MASARIRAMBI et al. (1995) a temperatura que geralmente é utilizada na comercialização de frutos de tomate pode variar de 12 a 15°C. MAUL et al. (2000) recomendam 12,5° e 20°C para o armazenamento de tomates no estágio verde-maduro.

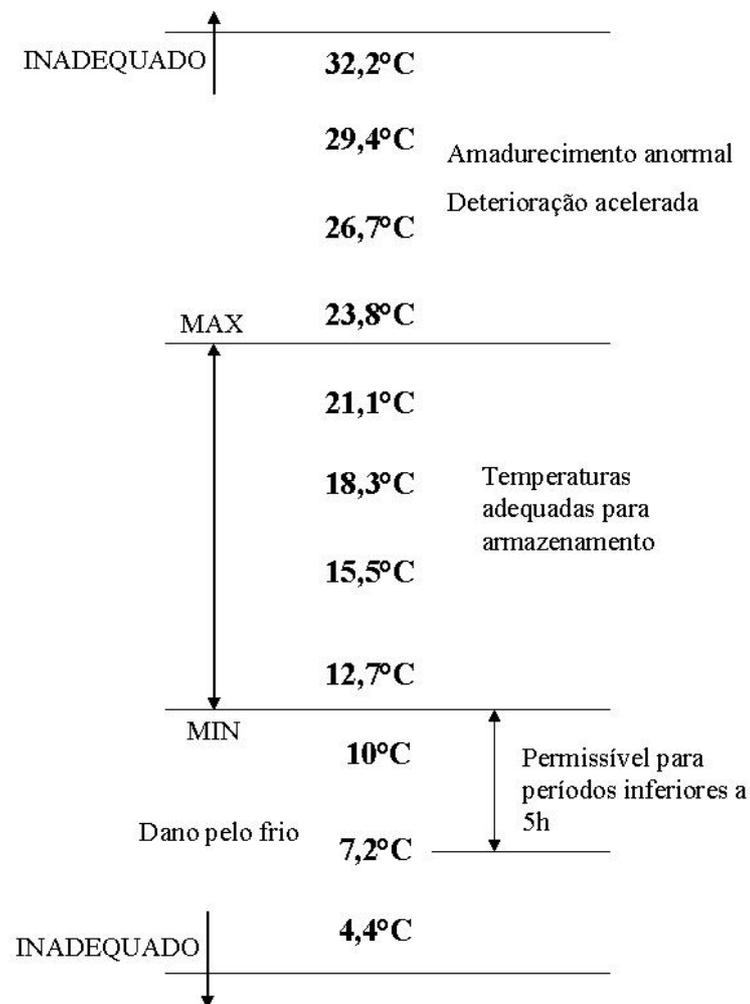


Figura 7 - Recomendações para armazenamento de tomate. Adaptado de CANTWELL (2003).

### 3.9.2. Umidade relativa

Quanto ao parâmetro de umidade relativa recomenda-se, segundo SUSLOW e CANTWELL (2003), entre 90-95%. O nível de umidade relativa deve ser mantido alto para

evitar a perda de água do fruto para o ambiente. A perda de água da constituição do fruto resulta no enrugamento da superfície do mesmo, depreciando assim o produto. De acordo com GULL (1981a) as condições de umidade relativa devem ser 85-90%.

### **3.9.3. Composição atmosférica**

A composição atmosférica recomendada por SALTVEIT (1999) durante a realização do tratamento exógeno de etileno é: oxigênio a níveis acima de 10% e dióxido de carbono abaixo de 1%.

## **3.10. ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS NO AMADURECIMENTO**

Quando se remove um fruto da planta mãe ocorre privação do seu suprimento normal de água, minerais e moléculas orgânicas, incluindo hormônios. No entanto, com a continuação de alguns processos metabólicos, como a fotossíntese e transpiração, os tecidos vegetais podem transformar/transportar muitos dos constituintes já existentes na célula. Constatou-se que em materiais vegetais armazenados, a produção de hormônios continua e possuem importante papel no controle de eventos fisiológicos (LUDFORD, 1987).

BRECHT (1987) constatou em seus experimentos que o uso do etileno acelerou as mudanças internas na formação do gel locular, bem como o aparecimento da coloração vermelha interna, sem, no entanto promover alterações na qualidade do fruto. Outro efeito indireto relacionado à utilização do gás etileno foi mencionado por GULL (1981a) que observou redução nos danos mecânicos nos frutos de tomate, por estarem no estágio verde-maduro, nas operações de colheita e classificação com menores perdas e melhoria na qualidade final do produto.

### **3.10.1. Coloração**

A coloração externa do tomate é resultado da pigmentação da polpa e da casca e a cor é condicionada não só pela quantidade total de carotenóides, mas também pela relação licopeno/betacaroteno, a qual é importante na coloração final do fruto, variando de acordo com o grau de maturação (SANTOS et al.,2003).

Dessa forma o amadurecimento do fruto é acompanhada pela degradação da clorofila, que dá a cor verde ao fruto (cloroplastos são transformados em cromoplastos) e síntese de carotenóides, como o licopeno e o betacaroteno, caracterizados, respectivamente, pelos pigmentos vermelho e amarelo. Tais processos serão responsáveis, portanto, pela cor atribuída ao tomate no estágio maduro, ou seja, vermelha. No estágio de amadurecimento correspondente ao pintado (classificação segundo MAPA, 2000 - Anexo), quando a coloração vermelha/laranja começa a aparecer, o licopeno inicia seu processo de acumulação nos tecidos vegetais (ABELES, 1973; ANDRADE-JÚNIOR, 1999; ALEXANDER e GRIERSON, 2002).

Os frutos muito amarelados são associados com sabor inadequado (aguado), e os muito intensamente vermelhos com superamadurecimento (MEDINA e MEDINA, 1981).

Com poucas exceções, os frutos climatéricos modificam rapidamente a cor quando amadurecem, sendo o desverdecimento o resultado da degradação da clorofila e aparecimento de pigmentos como carotenóides e antocianinas. A análise da coloração é considerada importante para avaliação de tratamentos pós-colheita, e pode ser influenciada pelo manuseio e temperaturas de armazenamento. A temperatura durante o processo de amadurecimento influencia, portanto, tanto a velocidade quanto a extensão das modificações de coloração (DAVIES e HOBSON, 1981). Segundo SHEWFELT et al. (1988) sob baixas temperaturas, a clorofila não é degradada e o licopeno não é, portanto, acumulado. Em altas temperaturas a clorofila desaparece e o betacaroteno é acumulado, contudo a síntese de licopeno é inibida resultando em frutos amarelos.

As cores de referência para a classificação visual dos tomates quanto ao estágio de amadurecimento utilizados neste trabalho seguem normas de qualidade proposta pelo MAPA (2000) – Regulamento técnico de identidade e qualidade para a classificação do tomate.

A coloração de um fruto, de acordo com LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ (2004), é definida quando o componente acromático  $L^*$  é medido em adição aos componentes cromáticos  $a^*$  e  $b^*$ . Essas variáveis fazem parte do sistema conhecido como CIELAB

O componente  $L^*$  varia de 0 a 100, em que o valor 0 indica o preto e valor 100, o branco. Amadurecimento de frutos é acompanhado por uma coloração mais escura, ou seja, decréscimo do valor  $L^*$  (LANCASTER et al., 1997; SHEWFELT et al., 1988, LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ, 2004; GÓMEZ et al., 2004). LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ (2004)

determinaram que o valor de L\* não se altera de forma significativa até o estágio *turning* (pintando), por causa da predominância que ainda prevalece da cor verde no fruto.

O valor a\* varia do vermelho (+a\*), localizado a 0° ou 360°, ao verde (-a\*), que está a 180° (na ausência dos componentes amarelo ou azul).

O valor b\*, na ausência dos componentes verde ou vermelho, varia do amarelo (+b\*), ao azul (-b\*), que estão a 90° e 270° respectivamente (SHEWFELT et al., 1988). Segundo esses mesmos autores essa variável se altera pouco durante o amadurecimento do tomate e, apesar de não ser significativo, os maiores valores de b\* foram encontrados nos estádios *pink light* e *red* (rosado e vermelho, respectivamente).

Medições de coloração geralmente são expressas em termos da relação:

$$\frac{a^*}{b^*} \dots\dots\dots(\text{Equação 1})$$

LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ (2004) observaram que a relação a\*/b\* aumentou conforme o amadurecimento do fruto (elevação da porcentagem da coloração vermelha). De acordo com BATU (2004) quando a relação a\*/b\* alcança valores entre 0,6 e 0,95 os frutos são facilmente comercializados. D'SOUZA et al. (1992) relataram que a relação (a\*/b\*)<sup>2</sup> é a melhor correlação para demonstrar o conteúdo de licopeno do que qualquer outro índice.

O ângulo hue é uma variável que também expressa as mudanças de coloração no tomate.

$$hue = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \dots\dots\dots(\text{Equação 2})$$

Mostra a localização da cor em um diagrama, aonde o ângulo 0° representa vermelho puro, o 90° representa o amarelo puro, 180° o verde puro e o 270° o azul. Amadurecimento de frutos envolve alteração no valor de hue. Por exemplo, em tomate ocorre o aumento da coloração vermelha ou decréscimo no ângulo hue (SHEWFELT et al., 1988).

Outro índice utilizado é o croma (McGUIRE, 1992; SHEWFELT et al., 1988).

$$croma = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \dots\dots\dots(\text{Equação 3})$$

Indica intensidade ou saturação de cor e é definido pela distância do ângulo hue do centro do diagrama tridimensional. Por exemplo: coloração pastel possui baixa saturação, enquanto uma cor pura possui alta saturação. Croma aumenta a medida que ao frutos amadurecem (McGUIRE, 1992; SHEWFELT et al., 1988).

BATU (2004) observou que, durante o amadurecimento, os valores dos índices descritos acima, variaram com mais intensidade no estágio de amadurecimento *pink* (rosado), devido à instabilidade da coloração nesse estágio.

Os valores das componentes cromáticas do sistema CIELAB e suas relações apresentam-se na Tabela 6, conforme GÓMEZ et al. (2004), para doze diferentes cultivares estudadas.

Tabela 6 - Índices de amadurecimento (sistema CIELAB) para tomate.

ÍNDICES DE AMADURECIMENTO	VALORES OBTIDOS
a*	Variação entre 17,75 e 32,20
b*	Variação entre 17,45 e 32,98
a*/b*	Variação entre 0,65 e 1,42
L*	Variação entre 40,32 e 46,48
Croma	Variação entre 30,51 e 45,44

### 3.10.2. Firmeza

A firmeza, geralmente, é considerada uma variável que indica a tolerância dos frutos ao transporte e manuseio durante as fases de colheita a comercialização; e a redução dessa variável pode tornar os produtos mais susceptíveis a danos mecânicos, limitando sua vida útil devido à deterioração (HOBSON, 1982; RESENDE et al., 2004).

Depois das avaliações visuais, dadas pelo consumidor no ato da compra, o segundo aspecto a ser considerado é o tato, no qual a pessoa ao escolher o produto que pretende levar para casa optando por aqueles mais firmes, o que representa para estes frutos adequados para o consumo. Logo, a firmeza dos frutos é de extrema importância para garantir a qualidade final do produto e seu estudo deve ser considerado em pesquisas de pós-colheita de frutos e hortaliças. CALBO e NERY (1995) afirmaram que um produto sensorialmente firme ao tato deve apresentar frescor e viço que o torna atraente e comercialmente valioso.

Alguns aspectos intrínsecos ao fruto e outros que antecedem a colheita do mesmo também devem ser considerados quando o assunto é firmeza e qualidade. Elementos bioquímicos, como o conteúdo de lipídio, composição da parede celular, espessura da casca, seu tamanho e formato, conteúdo de água nas células vegetais, estrutura locular dos frutos e fatores mecânicos contribuem para firmeza do produto. Fatores abióticos igualmente contribuem para a determinação dessa variável, tais como, umidade do solo de plantio da cultura, disponibilidade nutricional desse solo, temperatura e umidade relativa do ambiente.

Existe também influência genética, no qual cultivares de uma mesma espécie podem apresentar valores de firmeza diferentes entre si (SAMS, 1999).

As paredes primárias de duas células contíguas são separadas por uma fina camada conhecida por lamela média, a qual é constituída basicamente por substâncias pécticas, que fornecem a coesão necessária para manter a unidade estrutural do conglomerado. As principais causas para o amolecimento de frutos estão embasadas na diminuição da espessura das paredes celulares (as quais são formadas por pectinas, hemiceluloses, celulosas e algumas proteínas) e na adesão entre as células; as quais estão vinculadas com alterações nas características dos polissacarídeos da lamela média da parede celular. As substâncias pécticas presentes na parede celular são degradadas pelas enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG). O processo de hidrólise das pectinas depende da ação da PME, a qual está presente em todos os estádios de desenvolvimento do tomate. Em frutos mais macios, como é o caso do tomate, essas alterações se dão antes mesmo do início do amadurecimento. (ABELES, 1973; HOBSON, 1982; ALEXANDER e GRIERSON, 2002; RESENDE et al., 2004).

SHACKEL et al. (1991) estudaram a pressão de turgor<sup>2</sup> da célula e concluíram que a perda de turgor durante o amadurecimento é uma causa alternativa ou auxiliar do amaciamento do tecido, considerado como sendo ocasionado primariamente por alterações bioquímicas na estrutura da parede celular. Segundo BOURNE (1966) o turgor da célula é responsável por grande parte da rigidez e da firmeza dos frutos frescos.

A firmeza do fruto se reduz imediatamente após sofrer algum tipo de impacto. De acordo com MILLER (1992) um impacto provoca ruptura das células e perda da integridade dos tecidos vegetais. Ocorre ainda a redução do gel locular que, interfere diretamente na qualidade da polpa do fruto.

Os métodos objetivos para medir firmeza de frutos envolvem testes de resistência à penetração, de compressão, de deformação, de aplanção, de medidas de pressão de turgor entre outros e podem ser agrupados em três grupos, sendo métodos fundamental, empírico e teste imitativo. O método fundamental fornece as propriedades elásticas do material, como por exemplo, os módulos de Poisson, Young, Shear e Bulck. O segundo método, empírico, inclui testes rápidos e simples, tais como ensaios de compressão e de penetração. Já os testes denominados imitativos são aqueles que simulam o que ocorre na boca quando o alimento é

---

<sup>2</sup> É a pressão interna de uma célula que exerce estresse na parede celular, e é responsável, em grande parte, pela forma da célula.

mastigado (JACKMAN et al., 1990; SHACKEL et al. 1991; AWAD, 1993; CALBO e NERY, 1995; BARRET et al., 1998). BOURNE (1980) sugere o teste de deformação/compressão como o mais indicado para ser aplicado em frutos de tomate. De acordo com esse fato, testes feitos por compressão, segundo MOHSENIN (1996), mostraram-se mais promissores para a avaliação do comportamento mecânico em tomates, pois relata que o tipo de carga mais comum a qual o fruto está sujeita é a carga de contato e, forças desse tipo normalmente ocorrem durante a colheita, manuseio e armazenamento. Esse autor recomenda ainda, para frutas e hortaliças,  $25\text{mm}\cdot\text{min}^{-1} \pm 20\%$  na velocidade da prensa.

MOHSENIN (1996) descreve a partir da Lei de Hooke generalizada e Lei de Hertz, quais considerações devem ser feitas para o cálculo do índice de firmeza (firmness). A Lei de Hooke generalizada relaciona de forma linear os tensores de tensão e deformação específica, dessa relação tem-se as constantes elásticas: módulo de elasticidade ou também módulo de Young (E), módulo de Poisson ( $\nu$ ), módulo de elasticidade transversal ou módulo de Shear (G) e o módulo volumétrico, também conhecido por módulo de Bulck (K). A esse conceito soma-se a Lei de Hertz, na qual faz algumas suposições para que sua teoria possa ser aplicada, sendo elas: o material biológico é homogêneo, as cargas aplicadas são estáticas, a Lei de Hooke é aplicável, as tensões de contato desaparecem na parte oposta ao contato, os raios de curvatura dos sólidos em contato são muito grandes quando comparados com os raios da superfície de contato e por fim as superfícies dos corpos em contato são suficientemente polidas de tal forma que as forças tangenciais são eliminadas. A partir de tensões de contato, encontrou-se uma forma simples de expressar o módulo de elasticidade (E) para o caso de uma esfera comprimida por placas planas:

$$E = 0,75F(1 - \nu^2) \cdot \frac{1}{D^{3/2}} * \frac{1}{R^{1/2}} \dots\dots\dots(\text{Equação 4})$$

Onde o parâmetro D é dado por:

$$D = 0,75F \frac{(1 - \nu^2)}{E} * \frac{1}{a} \dots\dots\dots(\text{Equação 5})$$

$$a = 0,75 \frac{F}{D} \left( \frac{1 - \nu^2}{E} \right) \dots\dots\dots(\text{Equação 6})$$

Para: D = deformação, a = raio da área de contato, F = força aplicada, E e  $\nu$  são constantes elásticas, porém, essas constantes, quando se trata de materiais biológicos (frutos

inteiros), são muito difíceis de serem obtidas, por isso instituiu-se o termo “firmness” que envolvem essas constantes. Da equação (5) tem-se:

$$Firmness = Firmeza = \frac{E}{(1-\nu^2)} = \frac{0,75F}{a.D} \dots\dots\dots(Equação 7)$$

Agora, considerando o caso da pressão de contato entre um elipsóide (forma geométrica mais adequada para o tomate) e uma superfície plana, depara-se com a equação proposta pela ASAE STANDARDS (1989):

$$Firmeza = \frac{E}{(1-\nu^2)} = \frac{0,530F}{D^{3/2}} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(Equação 8)$$

Os parâmetros E,  $\nu$ , F e D são os mesmos descritos para as equações (5) e (6). E os índices  $R_1$  e  $R_2$  representam os raios de curvaturas do elipsóide, que para o caso de um elipsóide excêntrico, os raios de curvatura serão aproximadamente iguais, deste modo a equação (8) torna-se:

$$Firmeza = \frac{0,530F}{D^{3/2}} \left( \frac{2}{R} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(Equação 9)$$

O termo R da equação final (9) representa o raio transversal do fruto.

AHRENS e HUBER (1990) determinaram o índice de firmeza através da porcentagem de área deformada, aplicando uma carga estática de 9,8N por 5s em três pontos equidistantes ao longo do plano equatorial, sendo a deflexão anotada em milímetros. Revelaram diferenças nos índices de firmeza entre os diferentes estádios de amadurecimento e cultivares. Todas as cultivares testadas começaram a perder firmeza após o estágio *breaker*. HOBSON (1981) e CHOMCHALOW et al. (2002), para determinação da firmeza, aplicaram carga estática (compressão longitudinal), no fruto, de 9,8N por 3s e 5s, respectivamente.

JACKMAN et al. (1990) utilizaram compressão por pratos planos e velocidade do teste de 10mm.min<sup>-1</sup> (posição vertical do fruto entre pratos), expressando os resultados em índice de firmeza, isto é, força (F, dada em Newtons) pela deformação (d, em milímetros), conforme: Firm = F/d. Determinaram que a firmeza (N.mm<sup>-1</sup>) diminuiu progressivamente com o amadurecimento Da mesma forma BATU (2004) expressou seus resultados, porém utilizou uma ponta de prova de 6mm de diâmetro e velocidade do teste de 20mm.min<sup>-1</sup>. Determinou que o nível de aceitação comercial do índice de firmeza para tomate foi de 1,45-1,46N.mm<sup>-1</sup> e

ainda índices de firmeza acima de  $1,28 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$  são considerados apropriados para o preparo de saladas.

FILGUEIRAS (1996) observou que diante dos genótipos de tomate testados, o amaciamento mais acentuado ocorreu na passagem do estágio rosado para o vermelho-maduro. CHOMCHALOW (1991) determinou que tomates tratados com etileno antes do armazenamento apresentaram maior firmeza do que aqueles frutos que receberam aplicação de etileno posterior ao armazenamento.

### **3.10.3. Acidez titulável e pH**

Há duas formas que descrevem a acidez de um produto, o pH e a acidez titulável. A acidez titulável detectará o ácido predominante no alimento, ou seja, será dada pela presença de ácidos orgânicos que o contém. Os ácidos orgânicos mais relevantes, em tomate, são o cítrico e o málico, porém o primeiro é o mais abundante, com concentrações cerca de trinta vezes mais elevadas que os demais e, por isso, normalmente a acidez do tomate é expressa em termos de ácido cítrico (HOBSON e DAVIES, 1971). Os ácidos orgânicos são originados a partir da assimilação fotossintética e, em geral, o nível desses ácidos decai durante o amadurecimento devido à utilização desses compostos no processo respiratório (TUCKER, 1993).

Segundo SADLER e MURPHY (1998) como os ácidos se ionizam em íons hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) e as bases em íons hidróxido ( $\text{OH}^-$ ), quanto mais íons  $\text{H}^+$  em uma solução mais ácida ela será. Alternativamente, quanto mais íons  $\text{OH}^-$  em uma solução, mais básica (ou alcalina) ela será. Logo, o termo pH é usado para descrever o grau de acidez ou alcalinidade de um alimento. A escala de pH é baseada no número de íons  $\text{H}^+$  presentes numa solução. Para pH igual a sete (índice de neutralidade) as concentrações de  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  são iguais. Um valor pH superior a sete indica uma solução alcalina e inferior uma solução ácida. Os valores de pH para tomates podem variar, segundo GOULD (1974), entre 3,9 e 5,0 com maior frequência para pH igual a 4,3. GÓMEZ et al (2004) estudaram doze cultivares diferentes e consideraram pH menor ou igual a 4,45 como sendo adequado para promover bom sabor ao tomate, o menor valor encontrado para essa variável foi 4,14.

A partir de sete estádios de amadurecimento dos frutos de tomateiro, KADER et al. (1977) identificaram que, frutos colhidos nos estádios *breaker* e *mature-green*, correspondem na classificação brasileira pintando e verde-maduro, respectivamente, não apresentaram

diferenças significativas para os níveis de acidez titulável, porém o pH mostrou-se mais baixo nestes estádios. SADLER et al. (1978) estudaram cinco cultivares e observaram que o valor de pH foi maior para frutos no estágio vermelho-maduro, com valores variando de 4,52 a 4,70, enquanto que frutos no estágio anterior (vermelho) apresentaram valores de pH variando de 4,26 a 4,58. Já para os valores de acidez titulável, maiores valores foram encontrados para frutos no estágio vermelho, com variação de 0,296-0,439%. E variação de 0,234-0,323% para frutos no estágio de amadurecimento vermelho-maduro.

HOBSON (1982) relatou que a acidez máxima coincide com os primeiros sinais de pigmentação amarela ocorrendo diminuição progressiva até o amadurecimento completo do fruto de tomateiro, concordando com SADLER et al. (1978), SADLER e MURPHY (1998). As cultivares de tomate, segundo DAVIES e WINSOR (1969) podem variar acentuadamente em acidez, e muito dessa variação é atribuída a diferenças nos teores dos ácidos málico e cítrico, que de acordo com DAVIES e HOBSON (1981) o ácido málico é predominante do fruto ainda imaturo e o ácido cítrico contribui com aproximadamente 25% da acidez total do fruto.

A partir de três amostras de tomate, HOBSON e DAVIES (1971) encontraram, ao longo do amadurecimento do fruto, os valores para acidez titulável: estágio verde-maduro 7,47meq.100ml<sup>-1</sup>; pintado 9,19meq.100ml<sup>-1</sup>; rosado 8,27meq.100ml<sup>-1</sup> e vermelho 7,14meq.100ml<sup>-1</sup>.

KADER et al. (1978) e MANZANO-MENDEZ et al. (1984) observaram que não existiram diferenças significativas quanto aos índices de ácido cítrico entre tomates tratados ou não com etileno. Este último relatou que os níveis de ácidos foram influenciados pela temperatura de armazenamento, por exemplo, o conteúdo de ácido málico e fosfato aumentaram em frutos que permaneceram armazenados em temperatura elevada (35°C).

FILGUEIRAS (1996) identificou que não houve interação significativa entre os diferentes genótipos e os estádios de amadurecimento para a variável acidez titulável. Esse mesmo autor observou valores mais altos de acidez para frutos no estágio maduro, enquanto que os valores de pH indicaram diminuição com o processo de amadurecimento e, segundo FILGUEIRAS (1996) esse comportamento de pH se mostrou coerente com a tendência de aumento dos valores de acidez titulável.

KADER et al. (1978) e GARCIA et al. (1977) observaram que não existiram diferenças significativas quanto aos índices de pH entre frutos tratados e não tratados com gás etileno.

Contudo diferentes pesquisadores apontam alguns fatores que podem influenciar nos valores de acidez do produto, sendo: variedade, estágio de amadurecimento, épocas de plantio e colheita, condições ambientais de crescimento e desenvolvimento da planta, práticas de manuseio pré e pós-colheita (GOULD, 1974; SAPERS et al., 1978; SHEWFELT e BRUCKNER, 2000).

#### **3.10.4. Ácido ascórbico**

Um dos fatores responsáveis pela síntese de ácido ascórbico em frutos é o suprimento adequado de açúcares do grupo hexose (o mesmo grupo ao qual pertence a glicose) e assim participa também desse processo a atividade fotossintética. O declínio da atividade fotossintética, induzido pela redução da disponibilidade da intensidade da luz, provoca a diminuição dos níveis de ácido ascórbico (MAPSON, 1970).

Dentre as diversas variedades de tomate encontraram-se valores para ácido ascórbico em relação ao peso fresco do fruto: 16-25mg.100g<sup>-1</sup> para variedades inglesas, 18-36mg.100g<sup>-1</sup> variedades canadenses e 5-60mg.100g<sup>-1</sup> variedades americanas. Essa grande variação provavelmente deve-se a diferenças de intensidade da luz durante o crescimento da planta (HOBSON e DAVIES, 1971). Segundo esses autores plantas crescidas sob maior intensidade de luz apresentam maiores índices de ácido ascórbico. GOULD (1974) descreve uma variação no nível de ácido ascórbico entre 15 a 22mg.100g<sup>-1</sup> de diferentes variedades crescidas lado a lado em um mesmo tipo de solo. Dessa forma determinou que as condições do solo e o tipo de adubação recebida pela planta alteraram de forma significativa o conteúdo de ácido ascórbico em tomates. As aplicações de potássio e magnésio em certos tipos de solos resultaram em aumento de produtividade e também elevação nos níveis de ácido ascórbico.

MALEWSKI e MARKAKIS (1971) observaram que até o estágio de coloração rosado houve aumento no nível de ácido ascórbico, diminuindo o restante do amadurecimento. O valor máximo atingido nesse estágio foi 22,6mg.100g<sup>-1</sup>, no estágio verde-maduro encontrou-se 10,1mg.100g<sup>-1</sup> e no estágio vermelho-maduro 12,2mg.100g<sup>-1</sup>.

Pesquisas realizadas por HOUSE et al. (1929) citado por KADER et al. (1978) indicam que o nível de ácido ascórbico em tomates que foram amadurecidos com etileno é inferior àquele em tomates que não passaram pelo tratamento. Porém, WATADA et al. (1976) citado por KADER et al. (1978) e SALTVEIT (1999) detectaram que o nível de ácido ascórbico foi maior em tomates verdes que foram tratados com etileno que naqueles tidos como testemunhas. Enquanto que GARCIA et al. (1977) não encontraram diferenças significativas para esta variável. GULL (1981a) relata como benéfico o aumento no teor do ácido ascórbico em frutos tratados com etileno quando comparados com frutos colhidos no estágio rosado. No entanto GOULD (1974) observou diminuição no nível desse ácido em tomates tratados com etileno.

SALTVEIT (1999) relata que o etileno não tem efeito direto sobre os níveis de ácido ascórbico, o qual tende a diminuir durante o amadurecimento, mas o que ocorre é uma estimulação de outros parâmetros que, promovendo o amadurecimento do produto de forma mais rápida, diminui a perda desse composto.

### **3.10.5. Sólidos solúveis**

Sólidos solúveis são constituídos principalmente por açúcares e sais dissolvidos no meio aquoso e normalmente são expressos em graus Brix (°Brix). E, assim como os ácidos orgânicos os açúcares também são derivados da assimilação fotossintética (TUCKER, 1993).

A concentração de sólidos solúveis aumenta com o amadurecimento e este aumento varia entre diferentes cultivares (SADLER e MURPHY, 1998; TUCKER, 1993; ANDRADE-JÚNIOR, 1999). HOBSON e DAVIES (1971) observaram um pronunciamento particular de sólidos solúveis no surgimento da coloração amarela/vermelha do tomate. Entretanto YOUNG et al. (1993) e CARVALHO et al. (1984) discordam, relatando que, durante o amadurecimento de tomates, ocorre redução na porcentagem de sólidos solúveis, a qual é atribuída ao consumo respiratório.

KADER et al. (1978) e GARCIA et al. (1977) observaram que não existiram diferenças significativas quanto aos índices de sólidos solúveis totais entre frutos tratados e não tratados com etileno.

Alguns valores de sólidos solúveis admissíveis para frutos de tomateiro segundo diferentes pesquisadores está apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores de sólidos solúveis (°Brix) para tomate de acordo com diferentes autores.

<b>REFERÊNCIA</b>	<b>VALORES DE SÓLIDOS SOLUVEIS (°Brix)</b>
MENCARELLI e SALTVEIT Jr. (1988)	Mínimo de 3,6°
BRECHT et al. (1976)	Máximo de 6,0°
YOUNG et al. (1993)	Máximo de 6,0°
HOBSON e GRIERSON (1993)	Média de 4,5°
SADLER e MURPHY (1998)	Média de 4°
GÓMEZ et al. (2004)	Valores entre 3,15° e 5,38°

FILGUEIRAS (1996) não encontrou diferenças significativas para os diferentes genótipos testados quanto a variável sólidos solúveis.

O balanço entre acidez e açúcares é extremamente importante do ponto de vista sensorial porque estes compostos são os principais responsáveis pelo sabor característico do tomate. A relação sólidos solúveis/acidez titulável é comumente utilizada como parâmetro de comparação entre frutos de diferentes origens ou variedades e esse balanço pode ser influenciado pelo clima, variedade e práticas culturais (SADLER e MURPHY, 1998).

STEVENS et al. (1977) realizaram uma pesquisa e concluíram que consumidores preferem o fruto de tomateiro com maiores teores de sólidos solúveis e acidez titulável.

Dentro da análise realizada por STEVENS et al. (1977) observaram que frutos de tomateiro que ganharam a preferência de consumidores foram os que apresentaram relação de sólidos solúveis e acidez titulável entre 13,0 e 15,0, porém, com teores mais elevados tanto para açúcares quanto de ácidos e, que, essa relação de sólidos com a acidez titulável pode variar de acordo com a cultivar, local e época de colheita. KADER et al. (1978) definiram como frutos de alta qualidade aqueles que apresentam acidez titulável acima de 0,32% e sólidos solúveis acima de 3%, de forma a garantir relação sólidos solúveis e acidez titulável maior que 10.

Assim como descrito para a acidez, há alguns fatores que podem influenciar nos valores de sólidos solúveis, sendo eles: variedade, solo, quantidade de chuva durante o desenvolvimento e época de colheita (GOULD, 1974). Esse mesmo autor relatou que tomates colhidos após um período de seca apresentaram frutos mais firmes e com maior conteúdo de sólidos do que aqueles frutos colhidos em épocas chuvosas.

### **3.10.6. Perda de massa**

Outro tipo de alteração que o tomate sofre ao longo de seu amadurecimento é a perda de água, que resulta em, muitas vezes, enrugamento do tecido dos frutos, tornando-o inaceitável para a comercialização. No tomate, uma perda de 3 a 6% em base de peso é o suficiente para a depreciação do produto, e estas perdas ocorrem principalmente pelo ponto de inserção do pedúnculo (ANDRADE-JÚNIOR, 1999).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos nos laboratórios da Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas (SP), divididos em duas etapas devido ao emprego de duas cultivares de tomate, sendo os materiais e os procedimentos descritos a seguir iguais para ambas as situações.

### **4.1. MATÉRIA-PRIMA**

Foram utilizadas duas cultivares de tomate pertencentes a grupos diferentes, no estágio de amadurecimento verde-maduro (MAPA, 2000): (1) cultivar Débora do grupo Santa Cruz e (2) cultivar Andréa do grupo Italiano.

As duas cultivares foram provenientes do município de Apiaí (SP): latitude 24°30'8" Sul e longitude 48°50' WGR, caracterizado por clima mesotérmico úmido (cfb), solo tipo Latossolo vermelho-amarelo, LVA43 (OLIVEIRA et al., 1999).

Os tomates da cultivar Débora foram colhidos no mês de abril e os da cultivar Andréa durante o mês de maio. Os frutos colhidos foram transportados em caixas plásticas durante o período noturno para uma unidade de beneficiamento situada no município de Cabreúva (SP). Esta unidade era constituída das seguintes etapas: recebimento; lavagem, secagem e escovação; classificação e embalagem. O equipamento utilizado era importado, marca RODOMAFES. O recebimento era realizado manualmente, sendo os frutos despejados de caixas plásticas diretamente na linha de beneficiamento. Após isto se fazia uma seleção para retirada de frutos com defeitos graves (MAPA, 2000). Na seqüência tomates eram lavados através do uso de bicos tipo "spray" e secos com secadores a temperatura ambiente. A classificação por diâmetro e cor era realizada eletronicamente. Frutos eram separados em bancas revestidas por superfícies protetoras e embalados em caixas plásticas (comprimento 55cm, largura 35cm e altura 30cm).

Após o beneficiamento os frutos foram transportados para o laboratório da Faculdade de Engenharia Agrícola no qual passaram por nova seleção (descarte de tomates com início de coloração pintando – MAPA, 2000 – e frutos brocados), cuidando para que somente frutos verde-maduros fossem considerados para o experimento.

Foi realizada medição quanto ao diâmetro transversal em 60 frutos, utilizando-se paquímetro digital Mitutoyo MIP/E-103, com resolução de 0,01mm. A classificação dos diâmetros foi dada conforme MAPA (2000).

Os tomates que serviram de testemunha, ou seja, não receberam aplicação de gás etileno, foram distribuídos em bandejas plásticas (52cm de comprimento, 44cm de largura e 9cm de altura). Para o tratamento com etileno, frutos permaneceram acondicionados em caixas plásticas (comprimento 55cm, largura 35cm e altura 30cm), e após finalização do tratamento foram transferidos para as bandejas já descritas. Durante o manuseio do produto e preparação das amostras a temperatura ambiente foi mantida a  $20^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

## **4.2. APLICAÇÃO DO GÁS ETILENO**

A aplicação do gás etileno foi realizada em fluxo dinâmico, mistura gasosa composta por etil 5% ( $50.000\mu\text{L.L}^{-1}$ ) e ar comprimido, à temperatura de  $20^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ , sob umidade relativa de  $90\pm 5\%$ , por 48 horas. A concentração da mistura contendo etileno foi mantida próxima a  $100\mu\text{L.L}^{-1}$ .

### **4.2.1. Curva de calibração**

Uma curva de calibração foi construída para verificação da concentração da mistura gasosa. Para tanto foi necessário a criação de soluções padrões com valores acima e abaixo daquele que se deseja, nesse caso, concentração de  $100\mu\text{L.L}^{-1}$ .

A averiguação da concentração procedeu-se pela cromatografia gasosa. Utilizou-se cromatógrafo a gás marca VARIAN modelo CG 3400 equipado com detector de ionização de chama (FID) e coluna empacotada com Chromosorb 106 (60-80 mesh, 1,8m de comprimento e 3,2mm de diâmetro interno). O gás de arraste empregado foi nitrogênio com fluxo de  $20\text{-}25\text{ml.min}^{-1}$  e pressão de 280kPa. A pressão e o fluxo do ar sintético e do hidrogênio foram respectivamente, 550kPa ( $300\text{-}350\text{ml.min}^{-1}$ ) e 280kPa ( $37\text{-}39\text{ml.min}^{-1}$ ) As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram, respectivamente,  $40^{\circ}$ ,  $70^{\circ}$  e  $150^{\circ}\text{C}$ . A corrente utilizada foi de 138mA, com atenuação de 8mA. As amostras gasosas foram removidas com uma seringa Hamilton 81000, Gastight 1710, com capacidade volumétrica de  $100\mu\text{L}$ .

As amostras foram retiradas diretamente do cilindro etil 5% a partir de volumes conhecidos da seringa: entre  $10\mu\text{L}$  (capacidade mínima) e  $100\mu\text{L}$  (capacidade máxima). Esses

diferentes volumes foram inseridos, um após o outro, em um kitasato com volume de ar, também conhecido, de 1L, esperou-se em média um minuto para promover a homogeneização (etileno + ar) em seu interior e injetou-se essa solução criada no cromatógrafo. Com os dados obteve-se a curva de calibração (Figura 8).

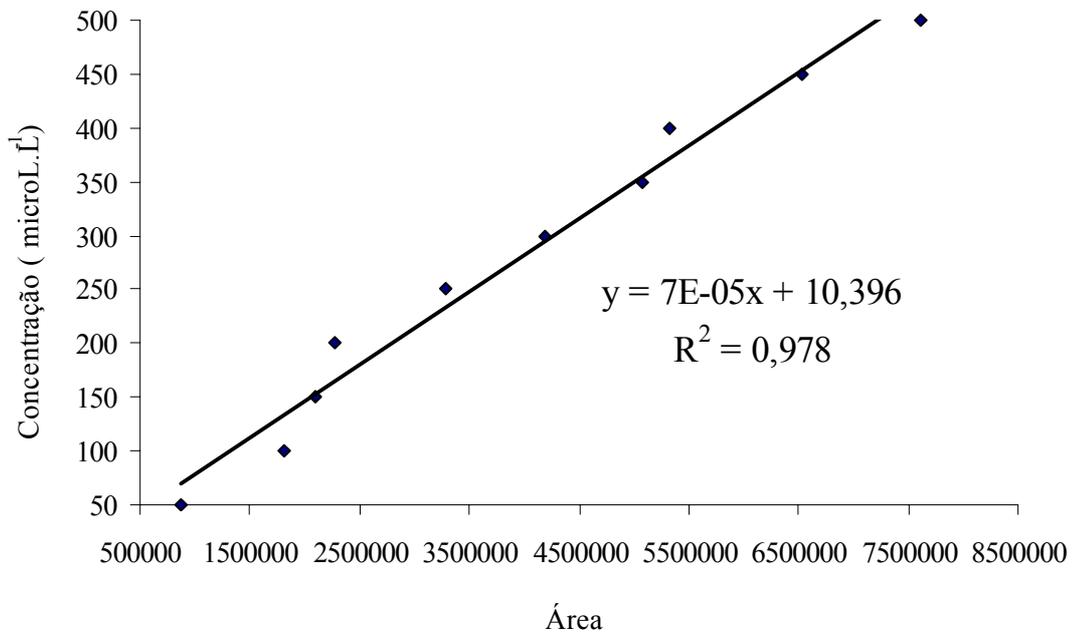


Figura 8 - Curva de calibração a partir de soluções padrões (etileno + ar).

Logo, a partir da área fornecida (x) pelo cromatógrafo, calcula-se a concentração (y) correspondente à substância de interesse (etileno) a partir da equação da reta descrita na Figura 8.

#### 4.2.2. Sistema para aplicação do gás etileno

Através do sistema esquematizado na Figura 10 realizou-se o tratamento de gás etileno em tomates. As pressões foram controladas com válvulas de regulagem, sendo que a válvula de ar comprimido continha um filtro de água (Schrader Bellows Ind. Bras., pressão máxima de  $10,53\text{kgf.cm}^{-2}$  e temperatura máxima suportada de  $52^\circ\text{C}$ ). As vazões dos gases foram monitoradas com fluxímetros. Utilizou-se uma coluna d'água para aliviar a pressão na saída do frasco onde ocorreu a mistura gasosa. Empregaram-se ampolas de amostragem para

verificação da concentração na entrada e saída da estrutura de amadurecimento, uma vez que o cromatógrafo situava-se em outro laboratório.

A câmara de amadurecimento (Figura 9) utilizada foi composta de estrutura de aço carbono com porta em policarbonato (8mm de espessura), utilizando sistema de vedação de borracha com fechamento rápido. Para circulação interna do ar, foi utilizado ventilador (tipo *cooler*, 127V e 1720rpm), o qual permaneceu acionado durante o período do tratamento (48 horas). As caixas plásticas permaneceram empilhadas dentro da câmara, conforme demonstrado na Figura 9.

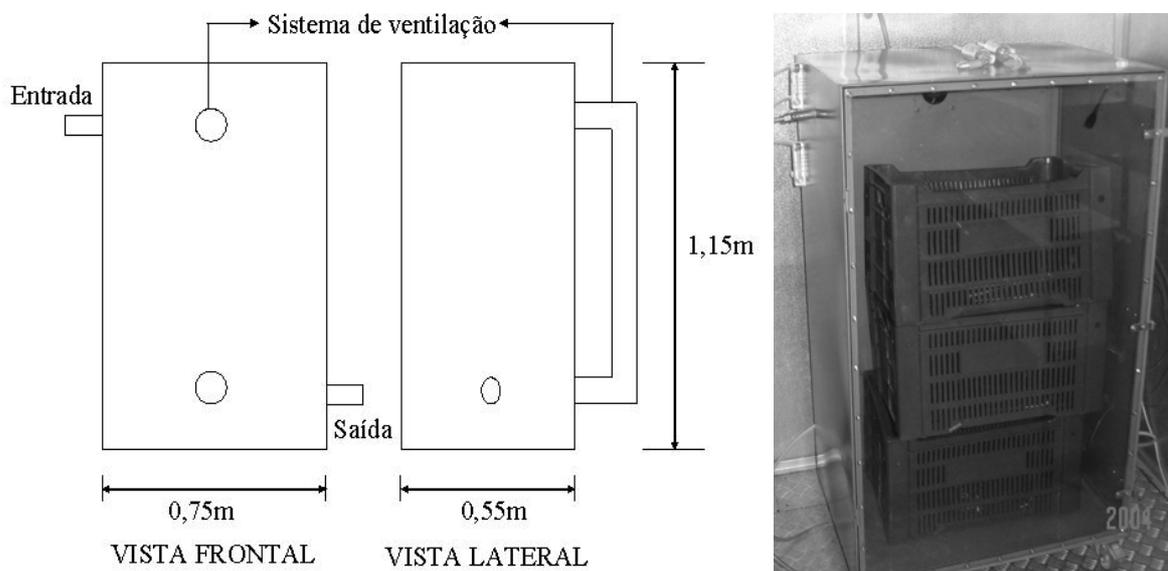
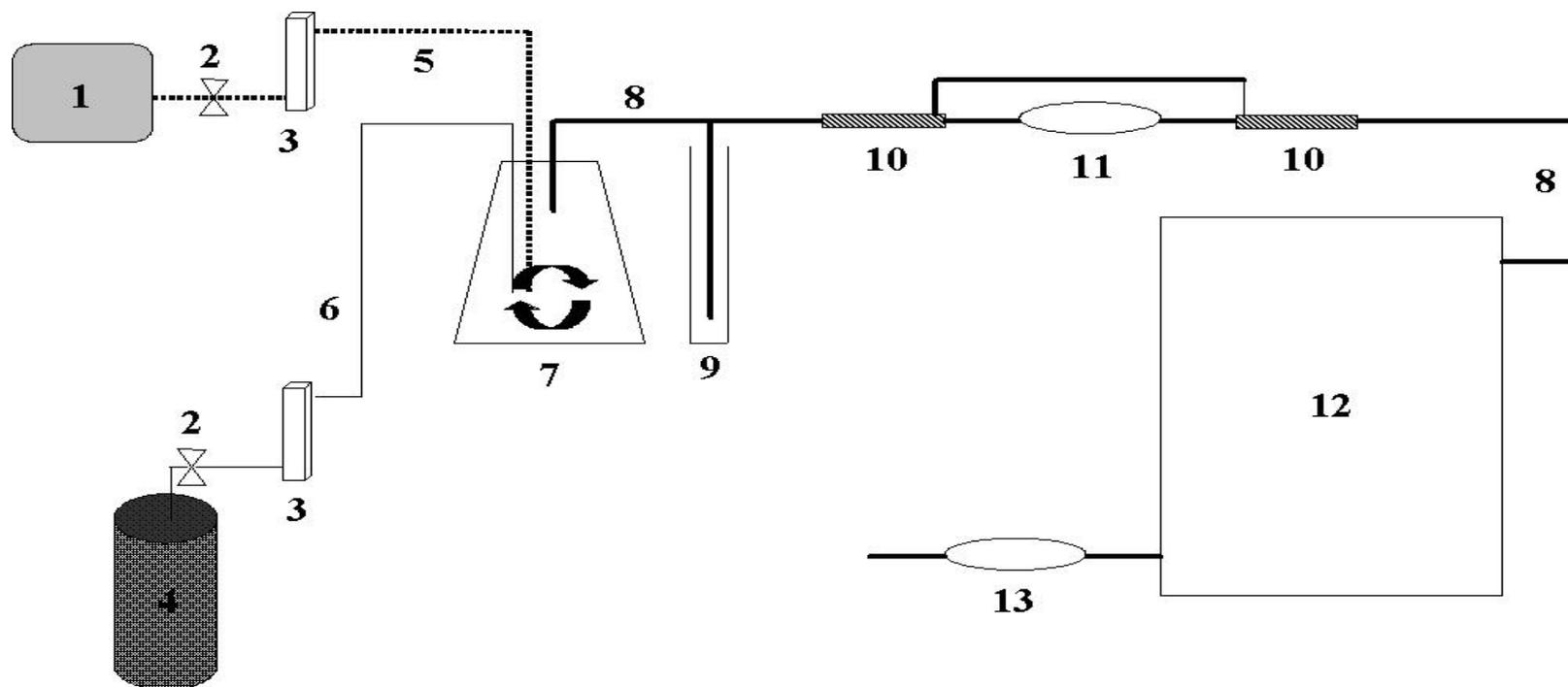


Figura 9 - Câmara de amadurecimento.

As condições ambientais no interior da câmara de amadurecimento foram controladas através de um controlador microprocessado de temperatura e umidade relativa (Fullgauge MT 530 *plus* versão 05), e dados coletados pelo software SITRAD (Sistema Integrado de Tratamento de Dados), o qual possui as especificações: Temperatura de controle de  $-9,9^{\circ}$  a  $99,9^{\circ}\text{C}$  com resolução de  $0,1^{\circ}\text{C}$  e, umidade relativa de controle de 10,0% a 99,9% com resolução de 0,1%.

Para que a concentração desejada da mistura (etileno + ar) fosse alcançada, as pressões de saída das linhas do etileno e do ar foram mantidas iguais a  $0,5\text{kgf.cm}^{-2}$  e a vazão permaneceu a  $0,3\text{L.min}^{-1}$  e  $47,2\text{L.min}^{-1}$ , respectivamente para etileno e ar comprimido. As condições experimentais foram monitoradas por 48 horas e regulagens feitas manualmente.



- 1 – Compressor de ar
- 2 – Regulador de pressão
- 3 – Fluxímetros
- 4 – Cilindro Etil 5%
- 5 – Fluxo do ar comprimido
- 6 – Fluxo etileno
- 7 – Frasco para mistura gasosa

- 8 – Fluxo da mistura (ar + etileno)
- 9 – Barostato
- 10 – Torneira de 3 vias
- 11 – Ampola de amostragem – entrada câmara
- 12 – Câmara de amadurecimento
- 13 – Ampola de amostragem – saída câmara

Figura 10 – Esquema do sistema de mistura gasosa de ar comprimido e etileno.

Os equipamentos utilizados no sistema de mistura gasosa, conforme Figura 10, estão descritos a seguir:

- (1) Compressor de ar: escala de pressão de 0 a 21kgf.cm<sup>-2</sup> e saída para a linha de 7kgf.cm<sup>-2</sup>.
- (2) Regulador de pressão:
  - Ar comprimido: Shrader Bellows, escala de pressão de 0 a 14kgf.cm<sup>-2</sup>.
  - Etileno: válvula do cilindro: White Martins ProStar PGR-75 Etil, escala vazão: 0 a 70L.min<sup>-1</sup>, escala pressão 0 a 300kgf.cm<sup>-2</sup>; válvula para reduzir pressão de saída na linha do etileno: Arprex (classe B ABNT), escala pressão 0 a 11kgf.cm<sup>-2</sup>.
- (3) Fluxímetro: Cole Parmer Série FR2000
  - Ar comprimido – modelo 2A08, escala vazão 9,44L.min<sup>-1</sup> a 94,40L.min<sup>-1</sup>,
  - Etileno – modelo 2A01, escala vazão 0,094L.min<sup>-1</sup> a 0,944L.min<sup>-1</sup>.
- (4) Cilindro Etileno 5%: White Martins Praxair Inc.
- (5) e (6) Fluxos:
  - Ar comprimido e etileno: mangueira Petiflex PA, 250 PSI e diâmetro de 5/16”.
  - Mistura gasosa: mangueira de silicone.
- (7) Frasco para mistura gasosa: frasco de vidro com volume de 20L.
- (9) Barostato: proveta de 1000ml, conexão T e mangueiras de silicone.
- (10) Torneira de três vias: vidro e embolo de plástico.
- (11) e (13) Ampola de amostragem: Abor-Quimi, feita de vidro com volume de 125ml, possui duas torneiras de plástico que permitem a vedação de seu interior quando necessário.

Durante o tratamento com gás etileno os frutos tiveram a temperatura da polpa monitorada por termopares, de forma que se garantisse a temperatura proposta para aplicação do gás a 20±1°C. Para esse monitoramento utilizou-se termopar, marca Jonhis, tipo T, sistema de aquisição com entrada de sinal para oito canais configuráveis, faixa de medição de -100 a 400°C. Os dados foram coletados por computador através do software RCHART versão 1.44 com capacidade para medição de 64 canais. Utilizou-se um conversor isolado RS232/RS485, modelo ISO 485-1.

Em cada caixa foram monitorados seis frutos, totalizando dezoito termopares, os quais foram distribuídos em diferentes posições dentro da embalagem, parte inferior e superior da caixa, extremidades direita e esquerda e parte mediana.

#### **4.3. ARMAZENAMENTO**

O armazenamento dos frutos tratados ou não com gás etileno, ocorreu em quatro diferentes câmaras frias, onde cada câmara representou um tratamento, conforme descrição:

- ✓ *Tratamento 1:* frutos tratados com etileno e armazenados a  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
- ✓ *Tratamento 2:* frutos tratados com etileno e armazenados a  $12,5\pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
- ✓ *Tratamento 3:* frutos sem tratamento com etileno e armazenados a  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$  (testemunha);
- ✓ *Tratamento 4:* frutos sem tratamento com etileno e armazenados a  $12,5\pm 1^{\circ}\text{C}$  (testemunha).

Todos os tratamentos permaneceram sob umidade relativa ao redor de  $90\pm 5\%$ . As câmaras frias continham cortinas plásticas nas portas, consistindo de duas faixas transpassadas.

As condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar das câmaras frias foram monitoradas durante todo o armazenamento através da inserção de controladores microprocessados de temperatura e umidade relativa, o mesmo tipo de controlador descrito no item 4.2.2.

Os frutos foram monitorados todos os dias durante o armazenamento e, tão logo fosse detectada a presença de frutos podres, esses eram descartados.

#### **4.4. ANÁLISES PÓS-COLHEITA**

As análises feitas ao longo do armazenamento do produto compreenderam: acompanhamento de perda de massa, análise de cor, teste de firmeza, pH, sólidos solúveis, ácido ascórbico e acidez titulável. Como complemento a estas análises realizou-se análise sensorial do tomate no estágio vermelho de amadurecimento.

A periodicidade das análises físicas e químicas deu-se de acordo com a percepção visual da mudança na coloração dos frutos armazenados. Era considerado como mudança de coloração quando 60% dos frutos, ou mais (verificação feita através de contagem dos tomates), de um mesmo tratamento, atingissem o estágio de amadurecimento subsequente (conforme MAPA, 2000).

Quinze frutos por tratamento eram utilizados por análise, sendo cada tomate representando uma repetição. Os frutos foram processados em microprocessador e colocados em potes plásticos com tampa para realização das análises químicas.

#### **4.4.1. Perda de massa**

Para análise de perda de massa foi utilizada uma balança Marte, modelo AL 500, com 0,01 g de precisão e 500g de carga máxima.

A porcentagem de perda de massa foi estudada a partir da equação:

$$PM(\%) = \left( \frac{P_i - P_j}{P_i} \right) \times 100 \dots\dots\dots(\text{Equação 10})$$

Sendo:

PM = perda de massa (%),

P<sub>i</sub> = peso inicial do fruto (g),

P<sub>j</sub> = peso do fruto no período subsequente a P<sub>i</sub> (g).

#### **4.4.2. Cor**

Para a análise do índice de coloração foi utilizado um espectrocolorímetro Hunter Lab., com miniscan XE Plus, escala CIELAB (L\*, a\*, b\*), parâmetros D65/10° (tipo de iluminante – luz do dia/grau do observador – olho humano). Aquisição de dados pelo software Universal (versão 4.10).

Foram feitas medições num mesmo fruto, na parte mediana em três faces opostas. A partir dos resultados expressos pelo equipamento (L\*, a\* e b\*) foram calculados índices de coloração: a\*/b\*, hue e croma, conforme respectivamente as equações 1, 2 e 3 (item 3.10.1).

#### 4.4.3. Teste de firmeza

Para o teste de firmeza foram realizados ensaios de compressão uniaxial por meio de pratos planos (BOURNE, 1980 e MOHSENIN, 1986) em texturômetro (Ottawa Texture Measuring System, Cannery Machinery Limited Simcoe, Canada). Modelo da prensa: D18040, com carga máxima 450kg e modelo do controlador de velocidade da prensa: MC1061. A prensa trabalhou à velocidade de 20mm.min<sup>-1</sup> (equivalente a 0,33mm.s<sup>-1</sup>), de acordo com MOHSENIN (1986) e BATU (2004). Dados do teste, força (N) e tempo (s), foram coletados pelo software SPIDER.

Os diâmetros dos frutos (mm) foram mensurados antes do teste com o paquímetro já descrito. A partir do diâmetro inicial do tomate calculou-se a deformação específica do tomate (mm) por:

$$De = v.t = 10 * 0,33 = 3,3mm \dots\dots\dots(\text{Equação 11})$$

Sendo:

De = deformação específica (mm);

v = velocidade da prensa = 0,33mm.s<sup>-1</sup>;

t = duração do teste, considerado 10s.

Com a deformação específica, a força de aplicação nos dez segundos de teste, calculou-se o índice de firmeza (N.mm<sup>-1</sup>) de acordo MOHSENIN (1996), equação 9 (item 3.10.2). Valores maiores de firmeza correspondem a frutos mais firmes.

#### 4.4.4. Determinação de ácido ascórbico

Para a aferição da quantidade de ácido ascórbico foi utilizado o método padrão da AOAC (1984), modificado por Benassi e Antunes (1988), através de titulação com 2,6 dichlorophenol-indophenol. Resultados expressos em mg de ácido ascórbico.100g<sup>-1</sup> de matéria fresca. Análise realizada imediatamente após o processamento da matéria-prima.

#### 4.4.5. Determinação do pH

O equipamento adotado para a realização dessa análise foi um medidor de pH/mV Quimis Q-400A, com eletrodo de vidro Quimis modelo SC09. A medição do pH foi feita pelo método eletrométrico, procedimentos descritos por CARVALHO et al. (1990), resultados

expressos em número puro com uma casa decimal. Entre uma leitura e outra o eletrodo foi lavado com água destilada e seco com papel.

#### **4.4.6. Determinação da acidez titulável**

De acordo com procedimentos descritos por CARVALHO et al. (1990), a acidez foi dada em gramas de ácido cítrico por 100g de suco de tomate ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ). O equipamento é o mesmo descrito no item 4.4.5., adicionando-se o uso de agitador magnético Fisatom modelo 752. Entre as leituras, manuseio com o eletrodo, seguiu mesmo procedimento descrito no item anterior.

#### **4.4.7. Determinação de sólidos solúveis**

A análise de sólidos solúveis foi realizada com um refratômetro Abbe Refractometer, tipo WYA. Essa análise realizou-se de acordo com procedimentos descritos por CARVALHO et al. (1990). Entre leituras, prisma era lavado com água destilada e seco com papel. Essa determinação é dada em graus Brix ( $^{\circ}\text{Brix}$ ).

Para avaliar o equilíbrio doce-ácido do produto durante o amadurecimento do fruto foi calculado a relação entre sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT). Os resultados são expressos em número puro, com uma casa decimal.

#### **4.4.8. Análise sensorial**

A análise sensorial teve como objetivo constatar se ocorreu diferença de percepção pelo consumidor em relação a frutos tratados e não tratados com gás etileno. A metodologia para a análise sensorial seguiu recomendações de FERREIRA et al. (2000).

Para tanto foram adotados testes afetivos, levando em consideração a opinião dos julgadores sobre as características do produto amostrado. Dois tipos de teste afetivo foram aplicados: (1) escala de intensidade, o qual determina o nível (intensidade) de uma variável (atributo), que para o caso desse trabalho, foi considerado o nível de acidez que os julgadores percebiam ao provar a amostra (pouco ácido a muito ácido); (2) teste de aceitabilidade, por meio do uso de escala hedônica verbal com cinco categorias. A ficha da análise, contemplando os dois testes descritos, pode ser observada na Figura 11.

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

NÚMERO DA AMOSTRA: \_\_\_\_\_

VOCÊ ESTÁ RECEBENDO UMA AMOSTRA CODIFICADA, PROVE-A E DEPOIS COMA UM PEDAÇO DA BOLACHA E BEBA UM POUCO DE ÁGUA.

AVALIE A AMOSTRA QUANTO AO GRAU DE ACIDEZ.



COMENTÁRIOS: \_\_\_\_\_

INDIQUE O QUANTO VOCÊ GOSTOU OU DESGOSTOU DA AMOSTRA.

1 - GOSTEI MUITO  
2 - GOSTEI  
3 - NÃO GOSTEI/NEM DESGOSTEI  
4 - DESGOSTEI  
5 - DESGOSTEI MUITO

NOTA: \_\_\_\_\_

COMENTÁRIOS: \_\_\_\_\_

Figura 11 - Ficha para análise sensorial utilizada para avaliação dos tomates.

A análise sensorial foi realizada a medida que os frutos alcançavam o estágio de amadurecimento vermelho (MAPA, 2000), totalizando quatro dias de análise, sendo:

- Dia 1: cultivar Débora, frutos armazenados (com e sem tratamento de etileno) a 20°C,
- Dia 2: cultivar Débora, frutos armazenados (com e sem tratamento de etileno) a 12,5°C,
- Dia 3: cultivar Andréa, frutos armazenados (com e sem tratamento de etileno) a 20°C,
- Dia 4: cultivar Andréa, frutos armazenados (com e sem tratamento de etileno) a 12,5°C.

A apresentação das amostras foi feita de forma seqüencial e uma de cada vez. Entre uma amostra e outra os julgadores eram orientados a comer bolacha de água e sal e beber um pouco de água, como forma de neutralizar o paladar. Participaram da análise 30 julgadores.

Para a apresentação das amostras foram empregados pratos plásticos brancos, guardanapos e talheres. A luz vermelha foi utilizada nas cabines, evitando a influência de cor no julgamento do sabor do produto. Os provadores permaneceram em cabines individuais, evitando interferências do ambiente e de outros provadores.

#### **4.4.9. Análise estatística**

Os ensaios foram planejados a partir de Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial (2 X 2) com quinze repetições. Os fatores considerados foram a aplicação do gás etileno (dois tratamentos, um com etileno outro sem etileno), duas temperatura de armazenamento (12,5°C e 20°C). Os resultados foram avaliados com análise de variância e encontrando diferença significativa foi aplicado como teste de média Tukey a 5% de probabilidade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 AMADURECIMENTO

O amadurecimento dos frutos, tratados ou não com gás etileno, teve o acompanhamento conforme estádios de amadurecimento propostos pelo MAPA (2000): verde-maduro, pintando, rosado, vermelho e vermelho-maduro. O estágio verde-maduro, indicativo do início dos experimentos, foi considerado como dia 1, comum a todos os tratamentos.

As análises estatísticas e resumo dos resultados obtidos estão em anexo.

#### 5.1.1. Cultivar Débora

O estágio pintando foi alcançado após 72 horas da aplicação do gás etileno para os tomates tratados (Figura 12). Os frutos sem tratamento com gás etileno, a 12,5°C e a 20°C, atingiram esse estágio dois dias após àqueles, mostrando dessa maneira a influência do etileno na velocidade de amadurecimento dos frutos tratados. No que diz respeito aos primeiros estádios de amadurecimento (verde-maduro para pintando) foi maior a diferença (em dias) entre os frutos com e sem tratamento de etileno.

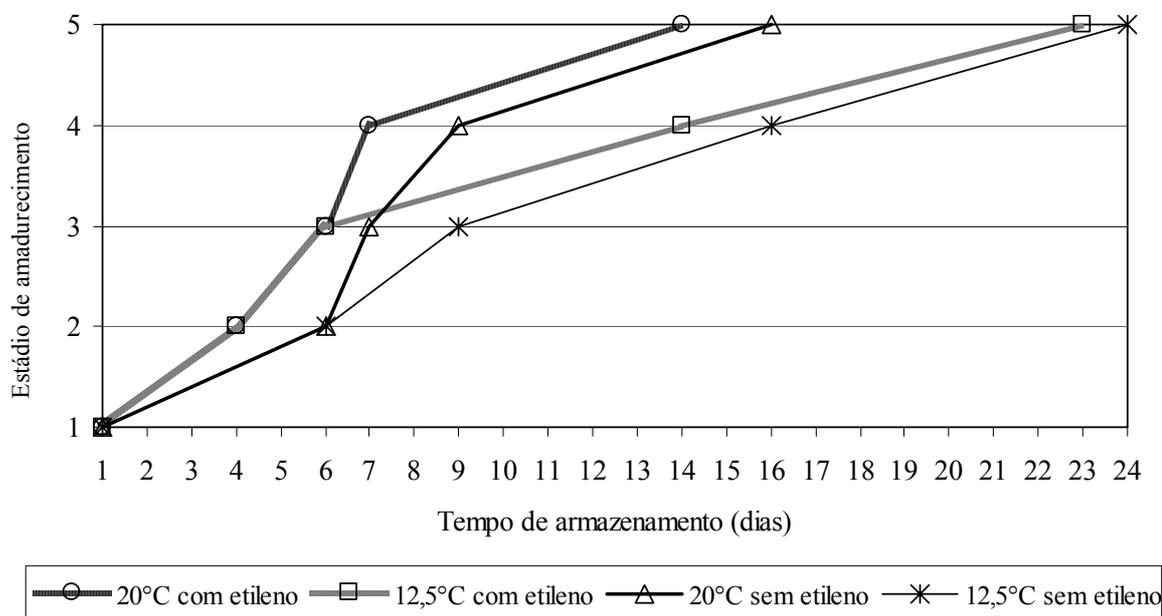


Figura 12 - Evolução do amadurecimento tomate cultivar Débora ao longo do tempo de armazenamento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro.

Frutos que receberam etileno, apesar de armazenados em temperaturas distintas, mudaram de coloração na mesma época, até atingirem o estágio rosado. Isso porque a aplicação de etileno foi feita à mesma temperatura (20°C) e após as 48 horas do tratamento é que os tomates foram separados em dois lotes. Um lote permaneceu a 20°C e o outro foi transferido para a temperatura de 12,5°C. Deste modo, quando se reduziu a temperatura de 20°C para 12,5°C, foi considerado o tempo que o tomate levou para entrar em equilíbrio com a nova temperatura ambiente.

Para os frutos controle (sem tratamento com gás etileno), após o estágio pintando, percebe-se que o fator temperatura influencia de forma significativa nas alterações de cor do tomate. Isto é, tomates armazenados a temperatura inferior mostraram maior número de dias entre a passagem de um estágio de amadurecimento a outro; resultando em maior tempo de armazenamento em relação aos frutos a 20°C. Verificou-se diferença de dois dias entre tomates a 20°C com etileno e tomates a 20°C sem etileno, os quais atingiram o estágio vermelho-maduro com 14 e 16 dias, respectivamente. Para frutos a 12,5°C nota-se uma diferença de apenas um dia para entre aqueles com etileno e aqueles sem etileno, sendo 23 e 24 dias, respectivamente.

CASTRO (2003) também encontrou maior tempo de armazenamento para tomates cultivar Carmem mantidos a menor temperatura. KADER et al. (1978) encontraram diferença de quatro dias para tomates tratados e não tratados com gás etileno em frutos armazenados a 20°C.

Os frutos tratados com etileno apresentaram maior uniformidade na coloração. A maior porcentagem de frutos, de um mesmo tratamento sob a mesma cor (acima de 60%), foi identificada para tomates com etileno. Essa observação também foi feita por CHOMCHALOW (1991) que descreveu maior uniformidade no amadurecimento em frutos tratados com gás etileno e armazenados a 20°C. A uniformidade na coloração, para as duas temperaturas de armazenamento, pode ser observada nas Figuras 13, 14, 15 e 16. A diferença mais significativa de uniformidade na coloração pode ser percebida para frutos a 12,5°C. Maior variabilidade entre os estágios de amadurecimento, ou seja, presença de dois ou mais estágios, foi observada em frutos armazenados a 12,5°C e sem aplicação de gás etileno.



Figura 13 - Tomates cultivar Débora com aplicação de gás etileno e armazenados a 20°C, após uma semana do início do experimento.



Figura 14 - Tomates cultivar Débora sem aplicação de gás etileno e armazenados a 20°C, após uma semana do início do experimento.



Figura 15 - Tomates cultivar Débora com aplicação de gás etileno e armazenados a 12,5°C, após uma semana do início do experimento.



Figura 16 - Tomates cultivar Débora sem aplicação de gás etileno e armazenados a 12,5°C, após uma semana do início do experimento.

Uma semana após a aplicação de gás etileno a coloração vermelha foi observada em 74,52% para frutos armazenados a 20°C e com etileno exógeno; 22,71% para frutos a 12,5°C com etileno; 68,75% para frutos testemunhas a 20°C e 23,34% para frutos testemunhas a 12,5°C (Tabela 8). Verifica-se que nesse dia de avaliação os frutos sob temperatura inferior apresentam maior porcentagem de coloração no estágio rosado de amadurecimento (demonstrando a redução no processo de amadurecimento devido à baixa temperatura). Os frutos com etileno atingiram 70,35% desse estágio, enquanto os frutos não tratados mostram 40,06% no estágio rosado e 36,60% no estágio pintando.

Tabela 8 - Distribuição das porcentagens de frutos entre os estádios de amadurecimento para os tratamentos após uma semana da aplicação do gás etileno, tomates cultivar Débora.

ESTÁDIOS	TRATAMENTOS			
	<i>Tomates com aplicação de etileno</i>		<i>Tomates sem aplicação de etileno</i>	
	<i>20°C</i>	<i>12,5°C</i>	<i>20°C</i>	<i>12,5°C</i>
Verde-maduro	0%	0%	0%	0%
Pintando	0%	6,94%	0%	36,60%
Rosado	4,17%	70,35%	11,90%	40,06%
Vermelho	74,52%	22,71%	68,75%	23,34%
Vermelho-Maduro	21,31%	0%	19,35%	0%

### 5.1.2. Cultivar Andréa

Os frutos que receberam aplicação de gás etileno atingiram o estágio de amadurecimento pintando após 72 horas do início do tratamento. Os frutos sem aplicação de etileno alcançaram esse mesmo estágio no quinto e sexto dias, respectivamente, para tomates a 20°C e a 12,5°C. A influência da aplicação de etileno foi mais expressiva para os primeiros estádios de amadurecimento. Os frutos que receberam etileno atingiram primeiro os estádios pintando e rosado. Foi considerado o tempo que o tomate levou para entrar em equilíbrio com a temperatura de armazenamento de 12,5°C, uma vez que a aplicação de etileno foi feita a 20°C.

Observa-se que a partir do estágio rosado, a evolução do índice de coloração se tornou igual, em termos de dias de armazenamento, para frutos sob a mesma temperatura. Nesse caso o efeito da temperatura de armazenamento foi mais pronunciado do que a aplicação de etileno (Figura 17). Os tomates da cultivar Andréa atingiram o estágio vermelho-maduro em 13 dias para aqueles a 20°C (com e sem etileno), 22 dias para tomates a 12,5°C com etileno e, 23 dias para aqueles a 12,5°C (controle).

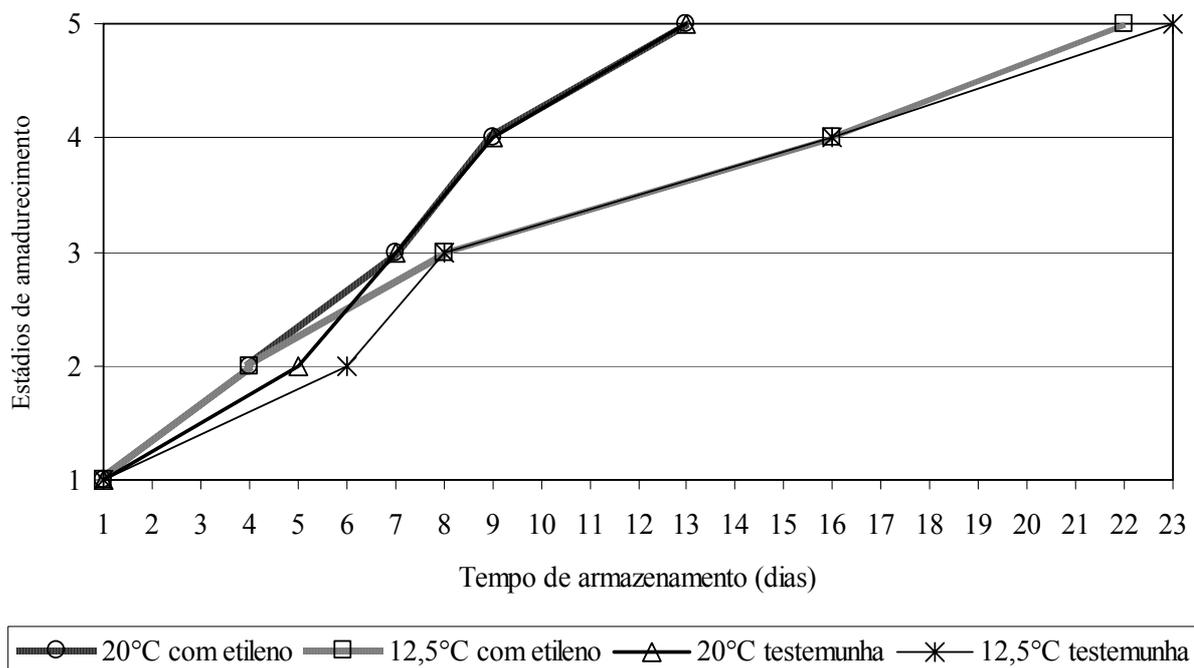


Figura 17 - Evolução do amadurecimento do tomate cultivar Andréa ao longo do tempo de armazenamento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro.

A uniformidade de coloração para essa cultivar pode ser observada nas Figuras 18, 19, 20 e 21. Nota-se para frutos armazenados sob a mesma temperatura, com ou sem aplicação de gás etileno, que a diferença na uniformidade não foi tão expressiva quanto para a cultivar Débora. No entanto, a diferença mais proeminente entre frutos com e sem etileno se mostrou naqueles que foram mantidos a 12,5°C. A maior variabilidade entre os estádios de amadurecimento, ao longo do amadurecimento, foi para frutos sem etileno a 12,5°C.

A porcentagem de frutos que atingiram a coloração vermelha, após uma semana da aplicação de gás etileno (Tabela 9), foi 86,75% para tomates armazenados a 20°C com etileno; 10,64% para tomates a 12,5°C com etileno; 71,43% para tomates testemunhas a 20°C e 5,63% para tomates testemunhas a 12,5°C. Observa-se que nesse dia de avaliação os frutos sob temperatura de 12,5°C apresentavam maior índice de coloração no estágio rosado, conforme também verificado para a cultivar Débora.



Figura 18 - Tomates cultivar Andréa com aplicação de gás etileno armazenados a 20°C, após uma semana do início do experimento.



Figura 19 - Tomates cultivar Andréa sem aplicação de gás etileno armazenados a 20°C, após uma semana do início do experimento.



Figura 20 - Tomates cultivar Andréa com aplicação de gás etileno armazenados a 12,5°C, após uma semana do início do experimento.



Figura 21 - Tomates cultivar Andréa sem aplicação de gás etileno armazenados a 12,5°C, após uma semana do início do experimento.

Tabela 9 - Distribuição das porcentagens de frutos entre os estádios de amadurecimento para os tratamentos, após uma semana da aplicação de gás etileno, tomates cultivar Andréa.

ESTÁDIOS	TRATAMENTOS			
	<i>Tomates com aplicação de etileno</i>		<i>Tomates sem aplicação de etileno</i>	
	<i>20°C</i>	<i>12,5°C</i>	<i>20°C</i>	<i>12,5°C</i>
Verde-maduro	0%	0%	0%	0%
Pintando	6,32%	29,70%	12,13%	43,10%
Rosado	6,93%	59,66%	16,44%	51,27%
Vermelho	86,75%	10,64%	71,43%	5,63%
Vermelho-Maduro	0%	0%	0%	0%

Considerando o tempo para os frutos atingirem o estágio vermelho-maduro, os tomates armazenados a 20°C sem aplicação de etileno foram os que resultaram em maior diferença de dias entre as cultivares pesquisadas. Para a cultivar Débora, tomates a 20°C sem etileno alcançaram o último estágio de amadurecimento em 16 dias, enquanto que para a cultivar Andréa, esse mesmo tratamento, alcançou o estágio vermelho-maduro em 13 dias. Conforme as Figuras 12 e 17, observa-se que os frutos da cultivar Andréa, para todos os tratamentos, atingiram o estágio vermelho-maduro em tempo menor do que aquele atingido pelos frutos da cultivar Débora.

A associação da aplicação do gás etileno e da temperatura de armazenamento mostrou efeito tanto na velocidade quanto na extensão das modificações de cor, conforme relata DAVIES e HOBSON (1981). Ou seja, frutos tratados com etileno e mantidos a temperatura de 20°C resultaram em menor tempo de armazenamento, para as duas cultivares. E frutos testemunhas mantidos a 12,5°C resultaram em maior tempo de armazenamento. Tal fato deve-se às reduções do processo respiratório e outras atividades metabólicas devido ao armazenamento a baixa temperatura, prolongando a vida útil do produto. CHOMCHALOW (1991) verificou que a taxa de amadurecimento dos frutos a 12,5°C foi desacelerada em relação aos mantidos a 20°C. No entanto quando esses frutos foram transferidos para 20°C a velocidade de amadurecimento se restabeleceu.

## 5.8. Cor

### 5.8.1. Valores de L\*

#### 5.8.1.1. Cultivar Débora

Os valores de L\*, nos estádio verde-maduro e rosado, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Figura 22). Com o estabelecimento da pigmentação vermelha de forma mais expressiva, o estádio de amadurecimento vermelho, as diferenças quanto à variável L\* se tornam mais significativas. Nesse estádio não há diferença entre frutos com aplicação de etileno, sendo L\* igual a 49,68 a 20°C e 49,30 a 12,5°C. Os frutos sem aplicação de etileno apresentaram, nesse estádio, L\* igual a 46,16 para tomates a 20°C e 45,04 para tomates a 12,5°C. Já para o estádio vermelho-maduro todos os tratamentos diferiram entre si. Menores valores de L\* indicam os tomates mais vermelhos. Deste modo, nesse último estádio, os frutos identificados com coloração vermelha mais intensa foram os que permaneceram na menor temperatura de armazenamento (Figura 22).

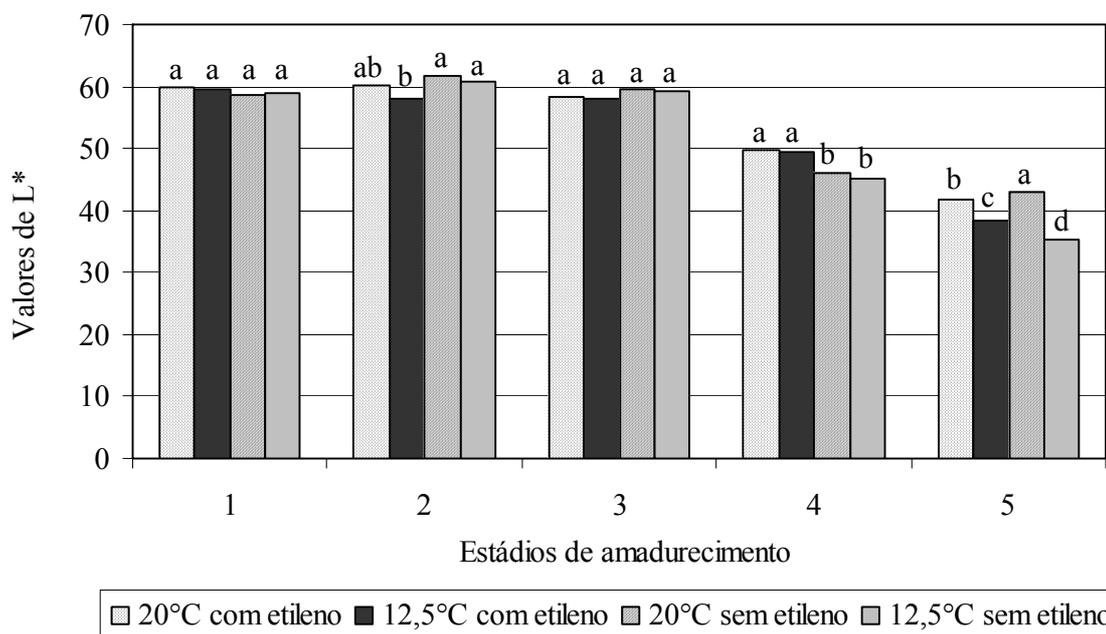


Figura 22 – Valores médios de L\*, para tomate cultivar Débora, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estádio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

### 5.8.1.2. Cultivar Andréa

Os estádios verde-maduro e rosado não mostraram diferença significativa quanto aos valores de  $L^*$ , para os diferentes tratamentos (Figura 23). No estádio de amadurecimento vermelho, tomates sem etileno exógeno a 12,5°C apresentam valor de  $L^*$  igual a 43,81, significativamente menor em relação aos demais tratamentos, indicando que esses tomates estavam com intensidade da cor vermelha maior que os outros. No estádio vermelho-maduro, frutos a 12,5°C com aplicação de etileno apresentam diferença significativa em relação aos outros tratamentos. Os valores de  $L^*$ , nesse estádio, foram 43,17 para tomate com etileno a 20°C, 44,94 para tomate sem etileno a 12,5°C, 43,57 para tomate sem etileno a 20°C e 42,97 para tomate sem etileno a 12,5°C (Figura 23). No caso da cultivar Andréa os tomates que resultaram em tomates com coloração vermelha mais acentuada foram aqueles que permaneceram a 20°C (com e sem etileno). Esses tratamentos não apresentaram diferença significativa com frutos a 12,5° sem etileno.

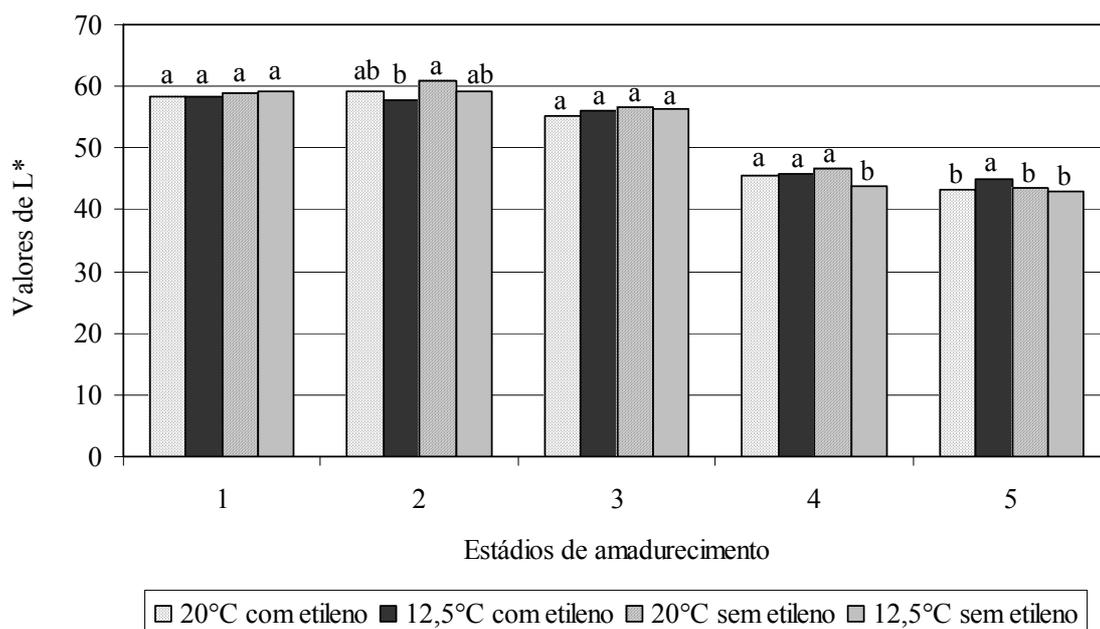


Figura 23 - Valores médios de  $L^*$ , para tomate cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estádio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

Analisando os valores de  $L^*$ , para as duas cultivares, verificou-se que conforme LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ (2004), esse índice de coloração não se alterou significativamente até o estágio pintando de amadurecimento, indicando que enquanto a coloração verde é predominante no fruto não há diferença quanto ao índice  $L^*$ . Quando a cor vermelha começa a aparecer, percebe-se diminuição no valor de  $L^*$ , decorrente da pigmentação vermelha ser considerada mais “escura” que a cor verde.

## **5.8.2. Valores de $a^*/b^*$**

### **5.8.2.1. Cultivar Débora**

Os valores de  $a^*/b^*$  negativos, na Figura 24, indicam a presença da cor verde nos frutos (estádio verde-maduro). Observa-se que no estágio posterior (pintando), os valores de  $a^*$  se tornam positivos, expressando o desenvolvimento da pigmentação vermelha, logo valores também positivos de  $a^*/b^*$ . Nesse estágio o menor valor de  $a^*/b^*$  foi obtido em frutos a 12,5°C sem etileno ( $a^*/b^*$  igual a 0,1), tendo diferença significativa em relação aos outros tratamentos. No estágio de amadurecimento vermelho, os maiores valores de  $a^*/b^*$  podem ser observados para frutos sem aplicação de etileno, sendo igual a 1,27 e 1,13, respectivamente para, tomates a 20°C e 12,5°C, com diferença significativa entre eles.

No estágio vermelho-maduro (Figura 24) os frutos armazenados a 20°C, com ou sem etileno, não demonstraram diferença significativa para essa variável. Frutos com etileno atingiram  $a^*/b^*$  igual a 1,43 e frutos sem etileno apresentaram  $a^*/b^*$  igual a 1,40. Enquanto que, para tomates a 12,5°C, com ou sem etileno, existe diferença significativa para esse valor. Os valores de  $a^*/b^*$ , nesse caso, foram 1,84 (frutos com etileno) e 2,05 (frutos sem etileno). Quanto maior o índice  $a^*/b^*$  mais elevada é a porcentagem da cor vermelha logo, os frutos a temperatura de 12,5°C foram os que atingiram o estágio vermelho-maduro com maior intensidade da cor vermelha.

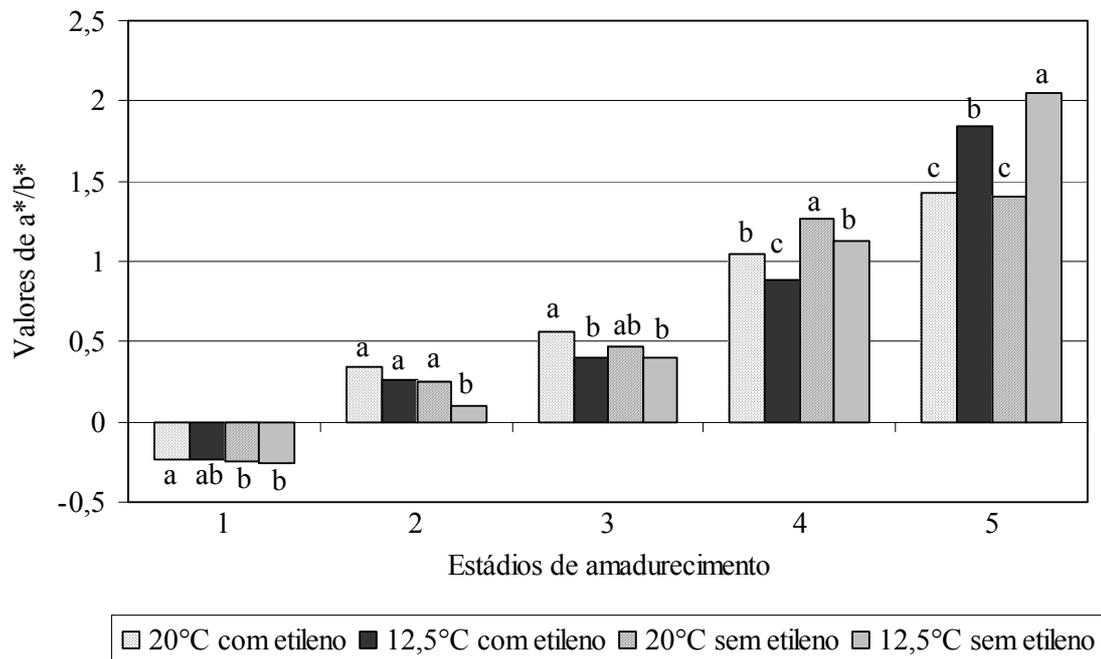


Figura 24 – Valores médios de  $a^*/b^*$ , para tomate cultivar Débora, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

Observou-se que, frutos com maior tempo de amadurecimento (armazenados a 12,5°C), resultaram em maior índice de coloração vermelha para a cultivar Débora (valores mais elevados de  $a^*$ , conseqüentemente valores elevados de  $a^*/b^*$ ). Durante a realização do experimento essa observação não pôde ser feita visualmente. Pelas análises visuais dos frutos, quanto à coloração, determinava-se que frutos a maior temperatura de armazenamento (20°C) tivessem apresentado coloração vermelha mais intensa. Por isso a importância da utilização de recurso tecnológico como suporte nas análises pós-colheita. Essa diferença no índice  $a^*/b^*$  em relação aos tratamentos se deve ao fato de que os frutos armazenados a temperatura superior já estavam em fase de degradação dos carotenóides (pois atingiram primeiro o estágio vermelho-maduro). E frutos a 12,5°C sem etileno estavam sintetizando esse carotenóide (maior tempo de armazenamento).

### 5.8.2.2. Cultivar Andréa

Os valores negativos indicam predominância da coloração verde, característica do estágio verde-maduro (Figura 25). No estágio de amadurecimento rosado, não foi identificada diferença significativa para frutos sob a mesma temperatura de armazenamento, com ou sem aplicação de gás etileno. Maior presença da cor vermelha, nesse estágio, foi apresentada em tomates a 20°C (maiores valores de  $a^*/b^*$ ). Os frutos a 20°C apresentaram valores de  $a^*/b^*$  iguais a 0,56 e 0,53, respectivamente, para aqueles com etileno e sem etileno. A 12,5°C os valores de  $a^*/b^*$  foram 0,39 para tomates com etileno e 0,38 para tomates sem etileno, sem diferença significativa entre eles.

Observa-se que, no estágio de amadurecimento vermelho-maduro, os maiores valores de  $a^*/b^*$  foram obtidos para tomates armazenados a 20°C (com e sem etileno, sem diferença significativa), ao contrário do que foi identificado para a cultivar Débora. Frutos com aplicação de etileno apresentaram  $a^*/b^*$  igual a 1,35 e frutos controle apresentaram valor igual a 1,39 para essa variável.

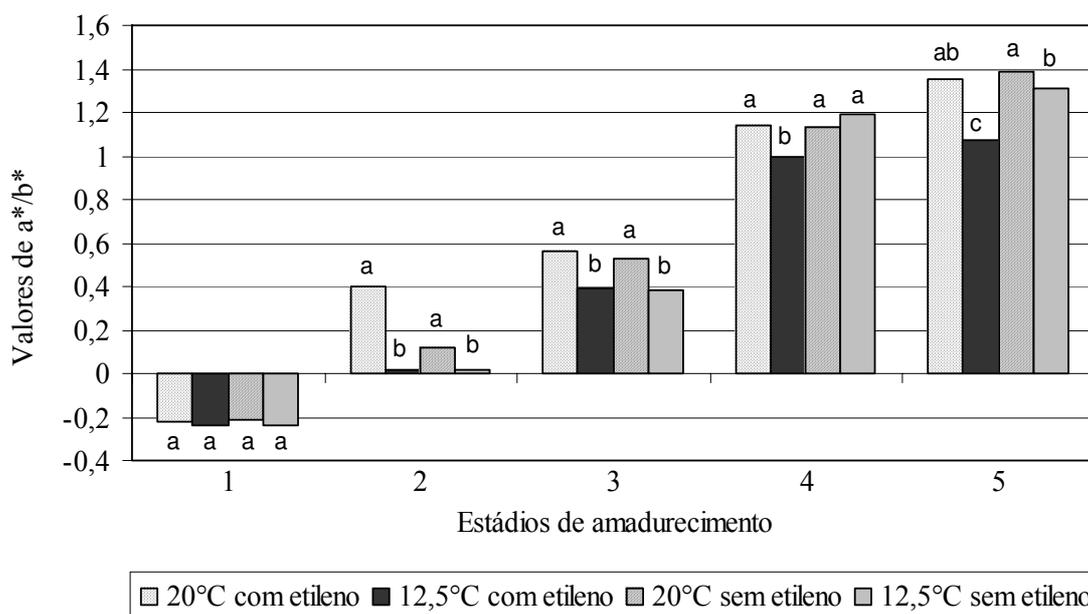


Figura 25 – Valores médios de  $a^*/b^*$ , para tomate cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

Para frutos mantidos a 12,5°C, até o estágio rosado de amadurecimento, não houve diferença significativa entre tomates com e sem etileno. No estágio vermelho-maduro, frutos com aplicação de etileno atingiram valor de  $a^*/b^*$  igual a 1,07 com diferença significativa em relação aqueles sem aplicação de etileno, os quais atingiram  $a^*/b^*$  igual a 1,31 (Figura 25).

O valor de  $a^*$  está relacionado com as cores verde e vermelha, por isso que, ao longo do amadurecimento, as cultivares pesquisadas apresentaram aumento do índice  $a^*/b^*$ . Em ambas cultivares, a mudança de cor de maior importância, segundo a variável  $a^*$ , ocorre entre os estádios verde-maduro e pintando, onde o  $a^*$  passa de negativo (cor verde) para positivo (cor vermelha), como consequência do início da degradação da clorofila e síntese de carotenóides.

Quando a relação  $a^*/b^*$  atinge valores entre 0,6 e 0,95, de acordo com BATU (2004), os tomates são facilmente comercializáveis. Comparando esses valores com os obtidos para as cultivares em questão, constata-se que ambas atingem essa variação do estágio rosado para o vermelho, mostrando a preferência dos consumidores por tomates com coloração mais avançada.

### **5.8.3. Valores de Hue**

#### **5.8.3.1. Cultivar Débora**

A variável hue diminui com o amadurecimento do tomate (SHEWFELT et al. 1988), quanto mais baixo for esse valor mais próximo do vermelho puro o fruto estará. Esse comportamento pode ser observado para todos os tratamentos (Figura 26). Os menores valores de hue, no estágio vermelho-maduro, resultaram dos frutos amadurecidos a 12,5°C, com diferença significativa entre eles.

No estágio vermelho-maduro, os frutos com etileno a 12,5°C o índice hue foi igual a 16,52 e frutos sem etileno esse índice foi igual a 13,50. Os frutos a 20°C (com e sem etileno) não mostraram diferença significativa nesse estágio. Hue foi igual a 26,27 para aqueles com etileno e igual a 27,08 para tomates sem etileno (Figura 26).

As diferenças mais significativas, entre os tratamentos, são observadas para os estádios de amadurecimento vermelho e vermelho-maduro, nos quais a cor vermelha é mais acentuada. Os valores de hue foram inferiores, para os diferentes estádios de amadurecimento, aos apresentados por LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ (2004).

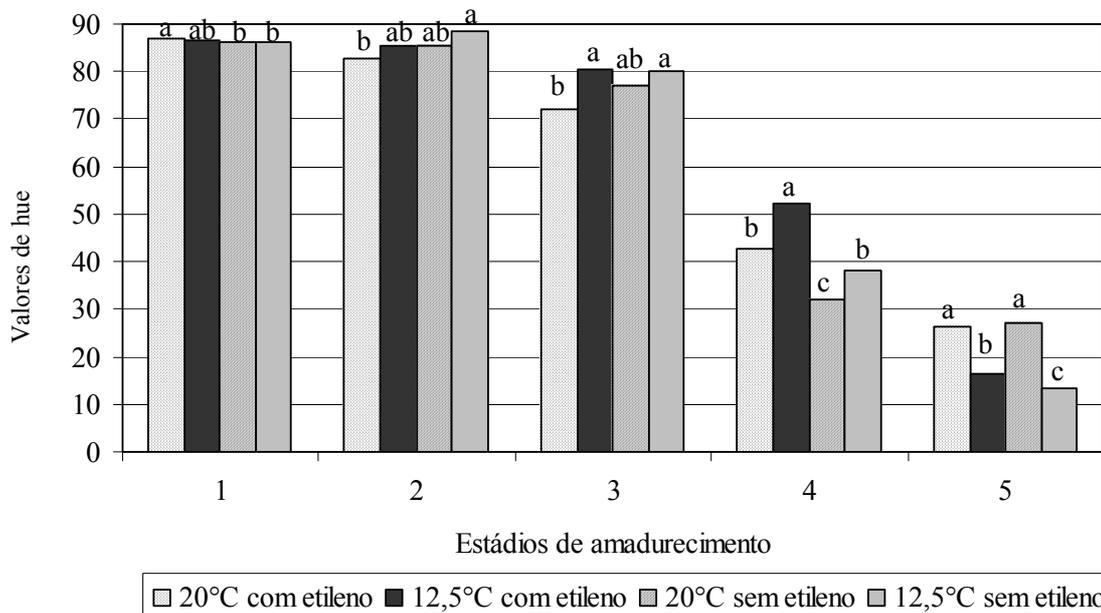


Figura 26 – Valores médios de hue, para tomate cultivar Débora, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

### 5.8.3.2. Cultivar Andréa

Ocorre diminuição da variável hue ao longo do amadurecimento, para todos os tratamentos, demonstrando evolução da coloração vermelha durante esse processo (Figura 27). Enquanto a cor verde ainda é predominante no fruto (estádios verde-maduro e pintando) não se observou diferença significativa entre os tratamentos, exceto para frutos controle armazenados a 20°C.

Para a cultivar Andréa os valores mais baixos de hue foram encontrados para frutos armazenados a 20°C, no estágio vermelho-maduro, sem diferença significativa entre frutos com e sem etileno. Para os tomates nessa temperatura de armazenamento, nesse estágio, hue foi igual a 29,09 para frutos com etileno e igual a 27,37 para frutos sem etileno.

Na Figura 27 observa-se que o maior valor de hue (41,36) foi atingido por frutos a 12,5°C com aplicação de etileno. Logo, para a cultivar Andréa, tomates com menor intensidade da cor vermelha foram os que permaneceram nesse tratamento.

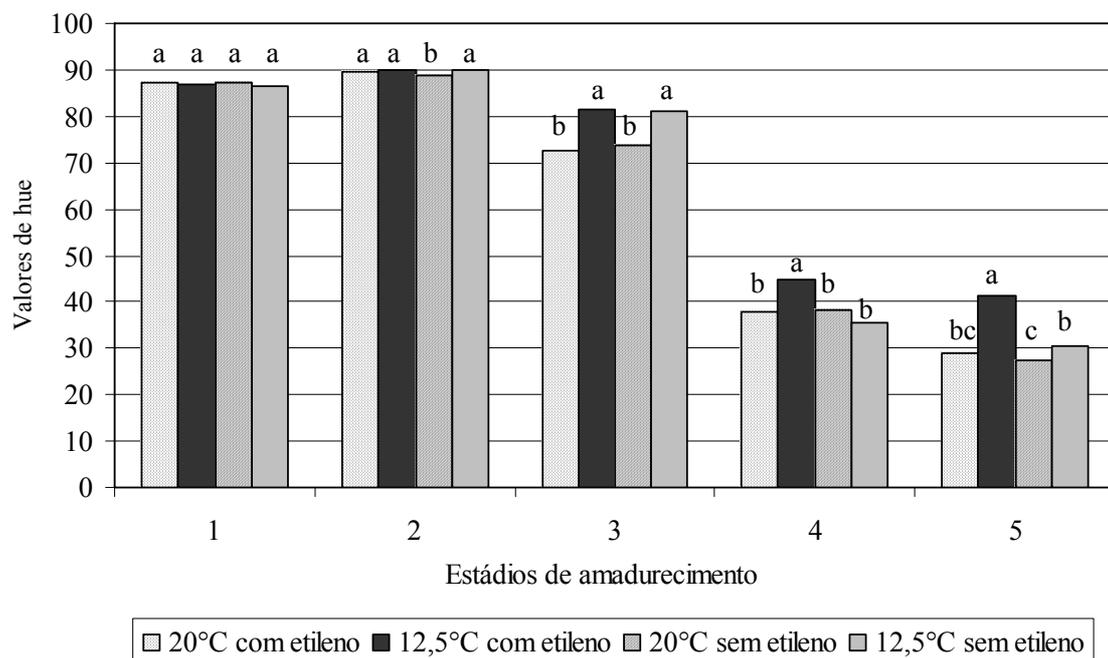


Figura 27 – Valores médios de hue, para tomate cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

Similarmente ao observado para a cultivar Débora, os resultados de hue para a cultivar Andréa foram inferiores aos apresentados por LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ (2004).

LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ (2004) relataram que os índices  $a^*/b^*$  e hue podem ser utilizados objetivamente para expressar os estádios de amadurecimento do tomate, sendo esses índices representativos da percepção de cor dada pelo consumidor.

#### 5.8.4. Valores de Croma

##### 5.8.4.1. Cultivar Débora

Na média, quando comparados os diferentes estádios de amadurecimento, frutos sob a mesma temperatura de armazenamento (com ou sem etileno) não apresentaram diferença significativa quanto a variável croma (Figura 28).

Para croma, que indica o grau de saturação da cor, o maior índice, no estágio vermelho foi encontrado em frutos armazenados a 12,5°C, atingindo 51,33 (frutos com etileno)

e 51,60 (frutos controle). Para frutos a 20°C, os valores de croma foram, no estágio vermelho, igual a 48,26 (frutos com etileno) e 47,66 (frutos controle). De acordo com os outros índices de coloração já expostos, para a cultivar Débora, os frutos com maior intensidade da cor vermelha, nesse caso, maior grau de saturação, foram os armazenados a 20°C.

Os valores de croma foram superiores, para os diferentes estádios de amadurecimento, aos apresentados por LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ (2004).

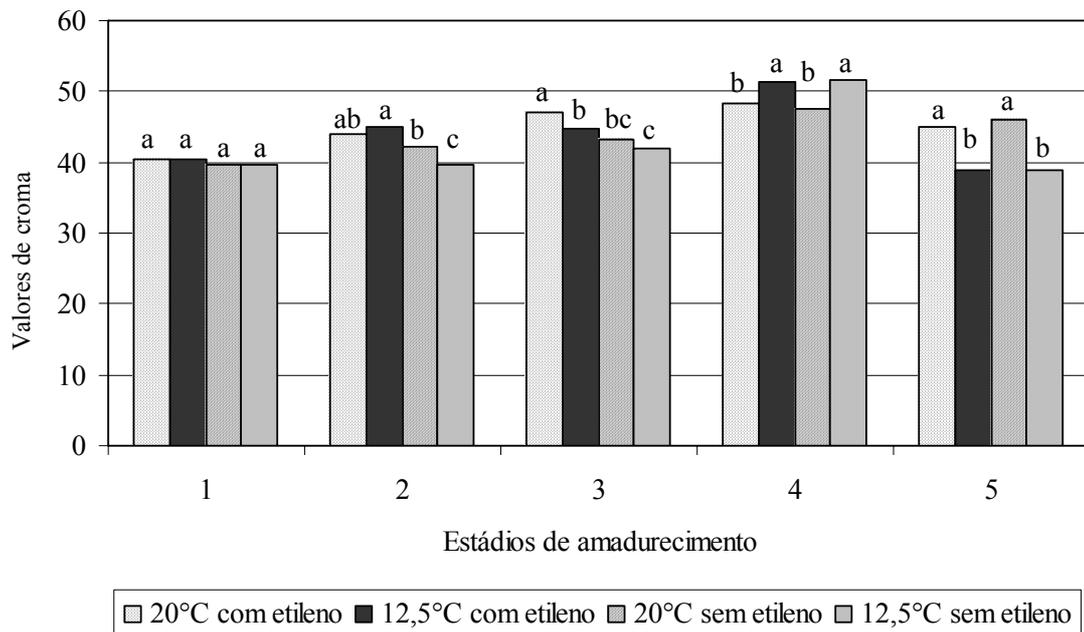


Figura 28 – Valores médios de croma, para tomate cultivar Débora, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho-maduro, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

#### 5.8.4.2. Cultivar Andréa

Enquanto a cor verde ainda é predominante no tomate, o grau de saturação, representado por croma, não apresenta alterações significativas entre os tratamentos (Figura 29). Tanto no estágio vermelho como no vermelho-maduro os frutos a 12,5°C com aplicação de etileno demonstraram maior valor de croma, com índice igual a 50,36 e 51,06, respectivamente. No estágio vermelho não há diferença significativa para os demais

tratamentos. Cromo foi igual 46,59 para tomates a 20°C com etileno, 44,86 para aqueles a 20°C sem etileno e 47,68 para os frutos controle a 12,5°C.

Os outros índices de coloração apresentados, para a cultivar Andréa, também demonstraram frutos com intensidade de cor vermelha mais acentuada para aqueles permanecidos a 12,5°C.

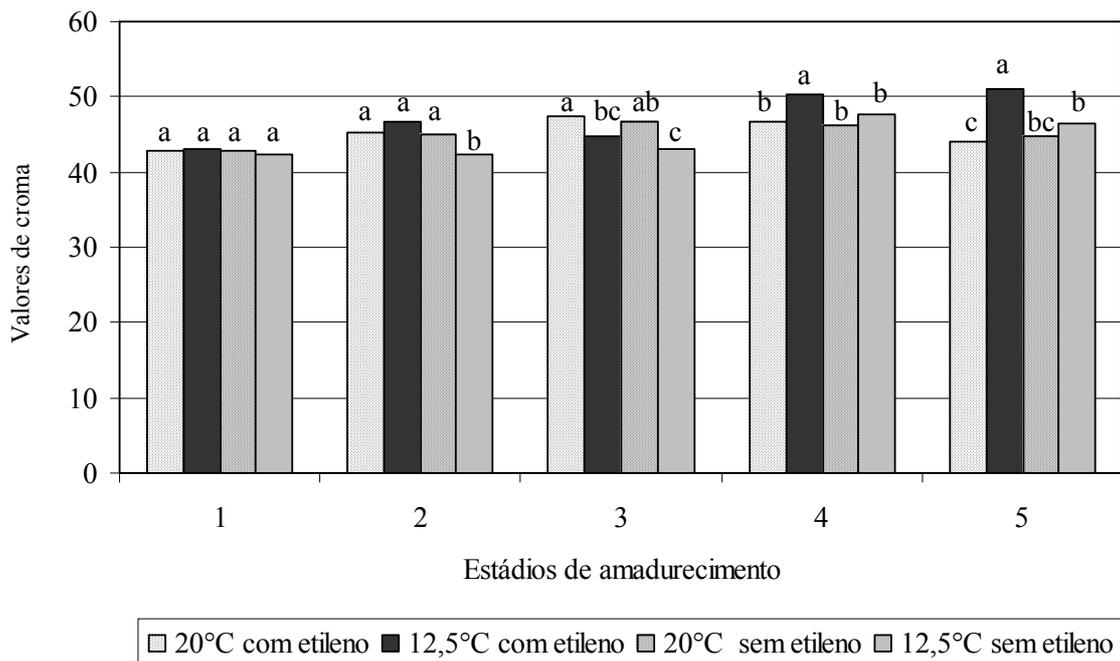


Figura 29 – Valores médio de croma, para tomate cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

Similarmente ao observado para a cultivar Débora, os resultados de croma foram superiores aos apresentados por LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ (2004).

O índice croma não se mostrou um bom indicador para expressar os diferentes estádios de amadurecimento, conforme observado por LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ (2004). Cromo representa a saturação de uma determinada cor, por isso pode ocorrer de cores diferentes apresentarem o mesmo valor. Isso pode ser observado nas Figuras 28 e 29, onde os valores de croma para os estádios verde-maduro e pintando (predominância da cor verde) muitas vezes não difere, significativamente, do valor mostrado nos últimos estádios

(predominância da cor vermelha). Porém, como o índice croma reflete a saturação de uma cor, LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ (2004) indicaram, através de relação com análise sensorial, a preferência de consumidores por tomates vermelhos.

## **5.2. PERDA DE MASSA**

### **5.2.1. Cultivar Débora**

Observa-se, pela Figura 30, o mesmo comportamento para todos os tratamentos considerados quanto a evolução da porcentagem de perda de massa ao longo do amadurecimento, concordando com os resultados encontrados por CASTRO (2003) para cultivar Carmem tratado com ácido 2-cloroetil fosfônico.

A porcentagem de perda de massa para tomates da cultivar Débora aumentou ao longo do amadurecimento, de forma mais expressiva para os frutos a 20°C sem etileno exógeno (Figura 30). Esses frutos alcançaram uma porcentagem de 7,05 de perda de massa no estágio vermelho-maduro, contra 4,08 para frutos com etileno a 20°C, 2,36 para frutos sem etileno a 12,5°C e, 2,03 para frutos com etileno a 12,5°C. Os tomates mantidos sob menor temperatura apresentaram menores porcentagens de perda de massa, isso porque, de acordo com KADER (2002) baixas temperaturas inibem o processo de transpiração dos frutos.

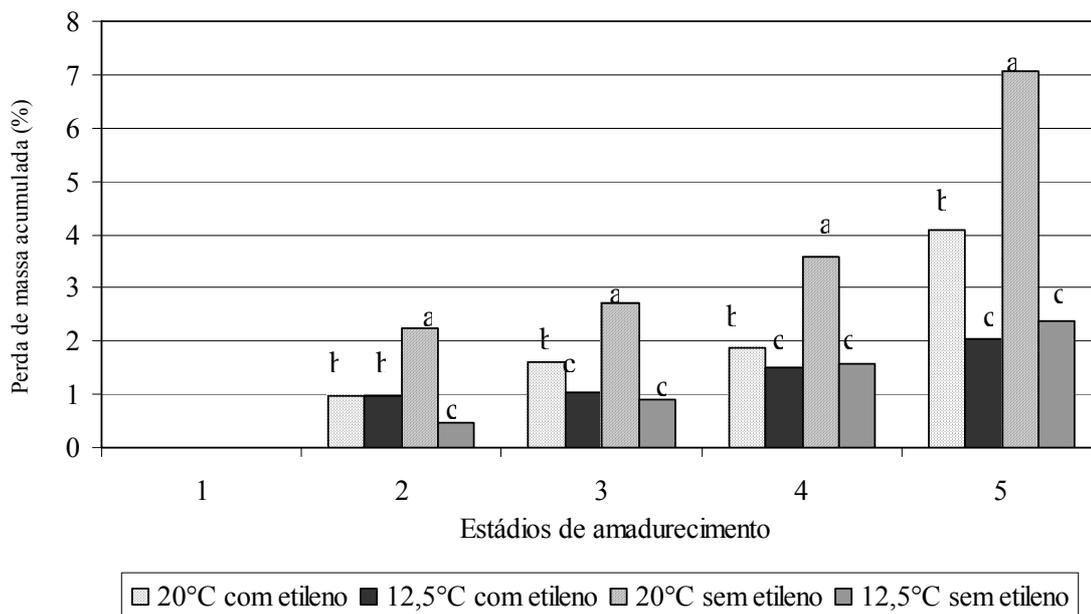


Figura 30 - Perda de massa acumulada (%) para tomates cultivar Débora ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

A aplicação de gás etileno, a temperatura de armazenamento e os estádios de amadurecimento influenciaram significativamente a 5% no índice analisado, ocorrendo interação entre eles. Contudo, CASTRO (2003) não encontrou diferença significativa para perda de massa entre as diferentes dosagens utilizadas de ácido 2-cloroetil fosfônico.

A perda de massa acumulada no estágio vermelho-maduro foi 4,71% em frutos sem aplicação de etileno, com diferença significativa em relação aos frutos que receberam etileno exógeno, 3,06% (Figura 31). Comparando frutos tratados com e sem etileno, constatou-se que durante os estádios pintando, rosado e vermelho, não houve diferença significativa nos valores de porcentagem de perda de massa.

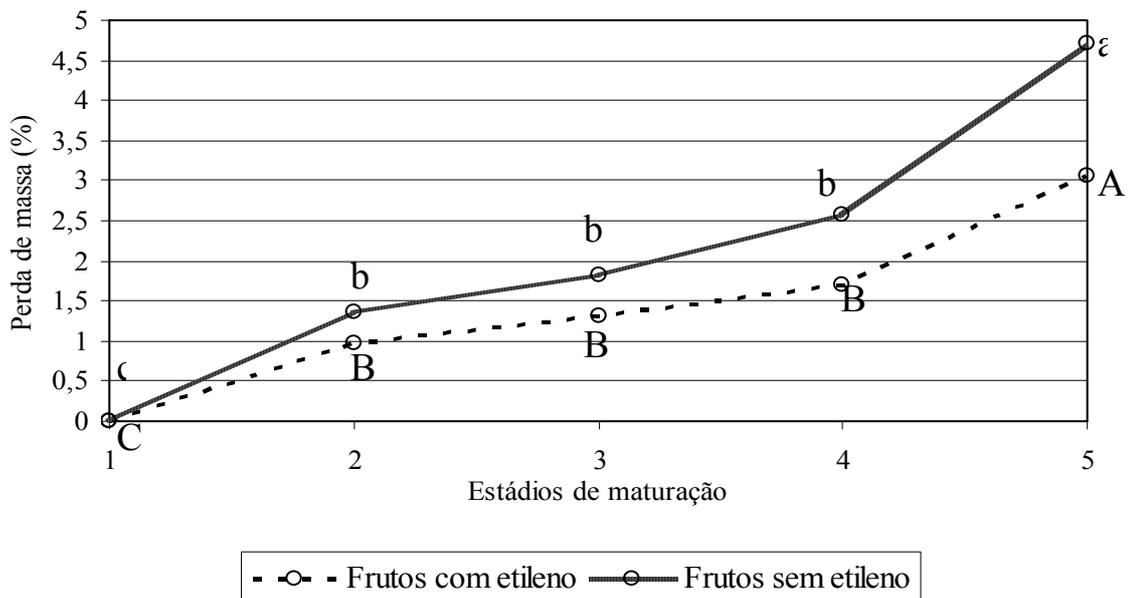


Figura 31 - Perda de massa acumulada (%), tomates cultivar Débora, devido à interação dos estádios de amadurecimento com aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

### 5.2.2. Cultivar Andréa

A perda de massa acumulada para a cultivar Andréa (Figura 32) apresentou comportamento semelhante para todos os tratamentos (similarmente ao observado para a cultivar Débora), com aumento de perda de massa com o amadurecimento.

Até atingir o estágio de amadurecimento rosado, frutos com e sem etileno a 12,5°C não apresentaram diferença significativa quanto a perda de massa. No estágio pintando, a 12,5°C os índices dessa variável alcançaram 0,57% para frutos com etileno e 0,52% para frutos sem etileno. No estágio rosado esses valores aumentam 0,08% e 0,10% para respectivamente, frutos com e sem aplicação de etileno. Esses frutos passam a apresentar no estágio vermelho-maduro, 1,75% e 2,51% para tomates a 12,5°C com etileno e tomates a 12,5°C sem etileno, respectivamente. Os frutos armazenados a 20°C alcançaram o estágio vermelho-maduro com perda de massa acumulada igual a 4,35% para aqueles com etileno e 3,86% para tomates sem etileno (Figura 32). Similarmente ao observado para a cultivar Débora, menores porcentagens de perda de massa foram para frutos permanecidos a 12,5°C.

Para o caso dessa cultivar a aplicação com gás etileno não influenciou na perda de massa, ao contrário do que aconteceu com a cultivar Débora. Embora a porcentagem de perda de massa tenha sido maior em frutos sem etileno exógeno.

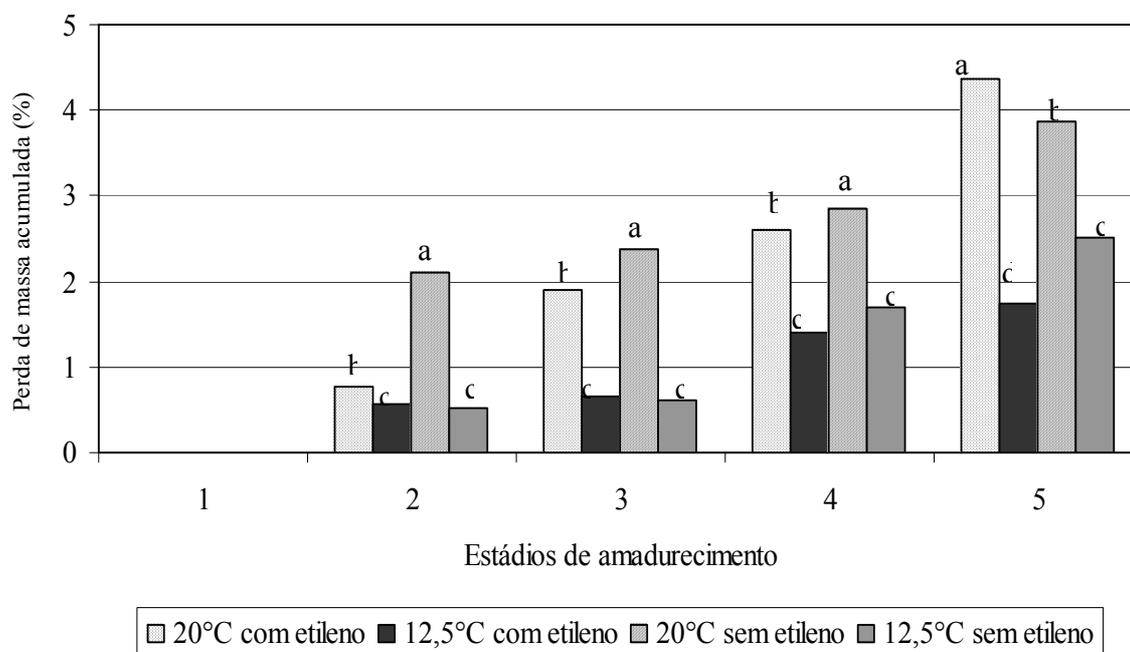


Figura 32 – Perda de massa acumulada (%) para tomates cultivar Andréa ao longo do amadurecimento. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo estágio de amadurecimento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

Os fatores que influenciaram na perda de massa, na cultivar Andréa, foram os diferentes estádios de amadurecimento e a temperatura de armazenamento, havendo interação entre eles. O maior índice de perda de massa, média de 4,11%, aconteceu em frutos armazenados a 20°C contra 2,13% para os frutos permanecidos a 12,5°C.

Quando analisado a influência da cultivar sobre a porcentagem de perda de massa, constatou-se que esse fator não influenciou nos resultados dessa variável. Não houve diferença significativa entre as cultivares Débora e Andréa para perda de massa, embora esse valor tenha se apresentado maior (média de 1,74%) para cultivar Débora, enquanto que na cultivar Andréa a média apresentada foi de 1,54%.

Na Tabela 10 observa-se os valores de porcentagem de perda de massa no estágio vermelho-maduro de amadurecimento para as duas cultivares pesquisadas. Observa-se que os tratamentos que resultaram em maior perda de massa, para ambas as cultivares, foram tomates a 20°C com etileno (para cultivar Andréa) e a 20°C sem etileno (para cultivar Débora).

Tabela 10 - Valores de perda de massa acumulada (%) para as cultivares Débora e Andréa no estágio vermelho-maduro de amadurecimento.

CULTIVARES	TRATAMENTOS			
	Frutos com aplicação de gás etileno		Frutos sem aplicação de gás etileno	
	20°C	12,5°C	20°C	12,5°C
<b>Débora</b>	4,08%	2,03%	7,05%	2,36%
<b>Andréa</b>	4,35%	1,75%	3,86%	2,51%

De acordo com ANDRADE-JUNIOR (1999) uma perda de massa equivalente de 3 a 6% já representa depreciação do produto. Nesse caso, os frutos mantidos a 20°C das duas cultivares, no último estágio de amadurecimento (vermelho-maduro), talvez já fossem considerados depreciados, uma vez que, os frutos com aplicação de gás etileno apresentaram médias de 4,08% (cultivar Débora) e 4,35% (cultivar Andréa). E os frutos testemunhas mantidos a 20°C apresentaram médias de 7,05% (cultivar Débora) e 3,86% (cultivar Andréa). Os dados concordam com CHOMCHALOW (1991) que observou menor porcentagem de perda de massa para frutos mantidos a 12,5°C.

## 5.4. Valores de pH

### 5.4.1. Cultivar Débora

Os maiores valores de pH, considerando os quatro tratamentos, para tomates da cultivar Débora, encontraram-se no estágio de amadurecimento verde-maduro (Figura 33). Quando os frutos atingiram o estágio pintando (quarto dia para tomates com etileno; sexto dia para tomates sem etileno) ocorreu uma diminuição desse valor. Os frutos com etileno a 20°C e a 12,5°C não apresentaram diferença significativa de pH até o estágio rosado (sexto dia). Observou-se comportamento semelhante quanto a evolução de pH para frutos armazenados a 12,5°C (com ou sem aplicação de gás etileno). O valor de pH aumentou do estágio rosado para o estágio vermelho (passando de 3,99 para 4,07, no caso de frutos com etileno; e passando de

3,89 para 3,98, no caso de frutos controle). Quando os frutos atingiram o estágio vermelho-maduro o valor de pH diminui, alcançando o índice de 3,89 para frutos com etileno e 3,91 para frutos sem etileno.

Os valores de pH variaram, ao longo do amadurecimento, de 4,00-4,28 para frutos a 20°C com etileno; 3,90-4,26 para frutos a 12,5°C com etileno; 4,26-3,93 para frutos a 20°C controle e 3,90-4,30 para frutos a 12,5°C controle. Níveis mais baixos de pH, para a cultivar Débora, foram atingidos pelos frutos que permaneceram a temperatura de 12,5°C, sendo 3,90 para frutos com etileno (no estágio de amadurecimento vermelho-maduro) e 3,90 para frutos sem aplicação de etileno (estádio rosado).

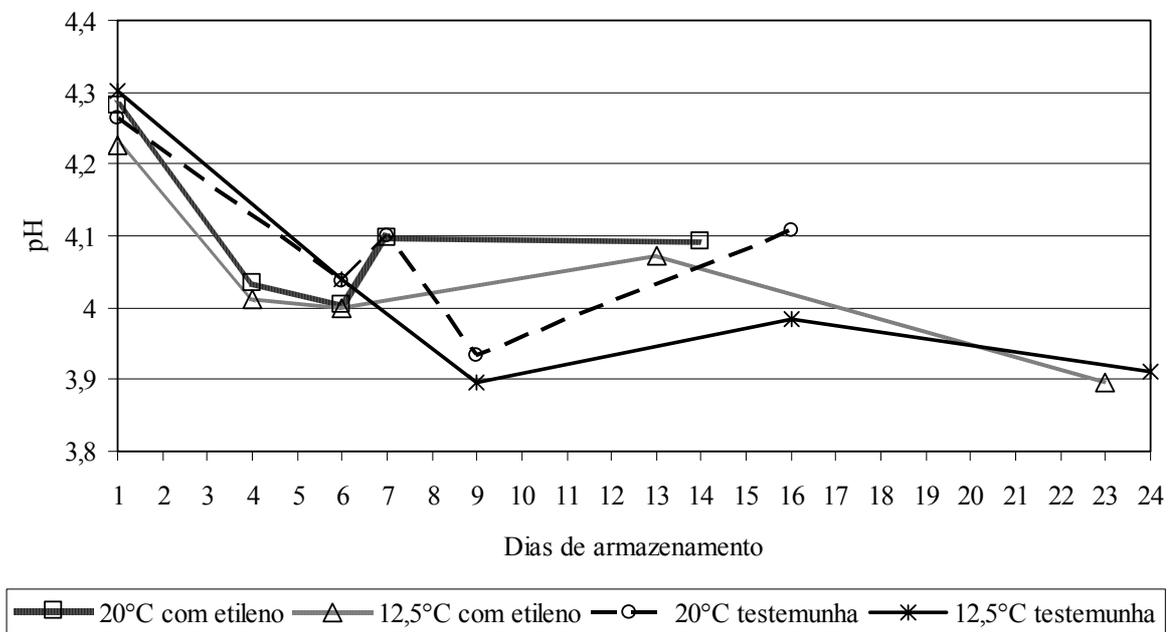


Figura 33 – Valores médios de pH, para tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento.

Os resultados de pH não foram influenciados pela aplicação de gás etileno. No entanto houve interação desse fator com o estágio de amadurecimento. A interação representa a combinação dos fatores e esses não têm a mesma resposta que teriam se fossem analisados isoladamente. GARCIA et al. (1977) e KADER et al. (1978) também não encontraram diferença de pH entre frutos tratados e não tratados com gás etileno. Observou-se que para frutos com aplicação de etileno (Figura 34), o pH diminui até o estágio rosado de amadurecimento (de 4,25 passa a 4,00), apresentando elevação desse estágio para o seguinte

(vermelho, com 4,08), diminuindo novamente o valor de pH até alcançar o estágio vermelho-maduro, com 3,99. Os tomates não tratados com etileno apresentam diminuição do valor de pH ao longo do amadurecimento, atingindo no estágio vermelho 3,96, passando a aumentar, porém sem diferença significativa, no estágio vermelho-maduro, atingindo pH igual a 4,01.

Apesar da média dos valores de pH ter sido maior no caso de frutos com aplicação de etileno, esses não apresentaram diferença significativa com os frutos testemunhas.

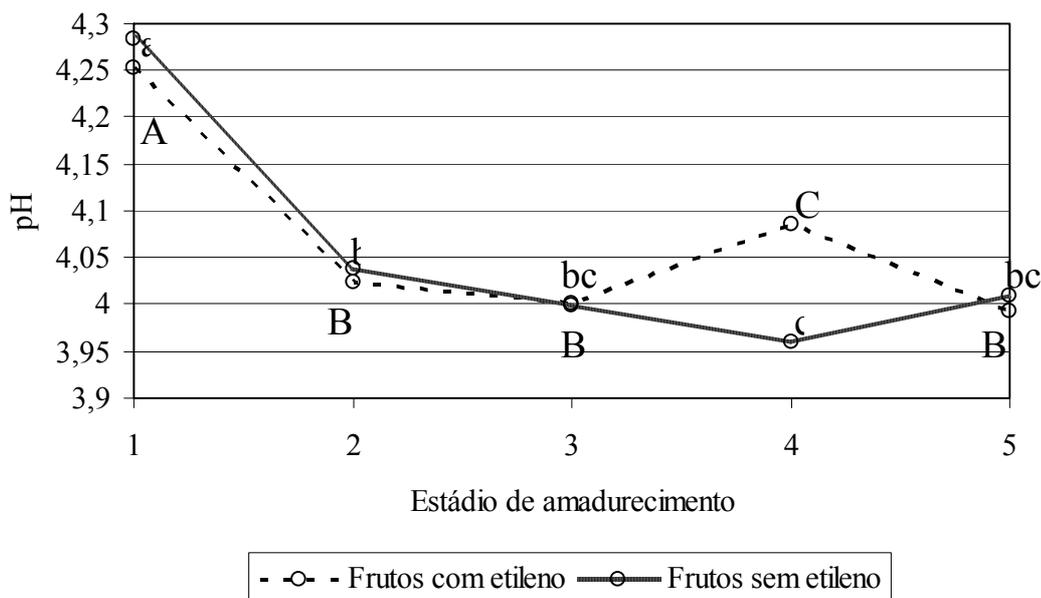


Figura 34 - Valores médios de pH, tomates cultivar Débora, devido à interação dos estádios de amadurecimento e aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

Houve interação entre os estádios de amadurecimento e a temperatura de armazenamento. Verificaram-se maiores valores de pH para frutos permanecidos a 20°C. Embora tomates com aplicação de etileno tenham apresentado maiores valores médios de pH, não foi encontrada diferença significativa entre frutos tratados e não tratados com etileno perante as duas temperaturas de armazenamento.

#### 5.4.2. Cultivar Andréa

Os resultados de pH para a cultivar Andréa (Figura 35) mostraram que os frutos que permaneceram sob a mesma temperatura de armazenamento (tendo recebido aplicação de gás

etileno ou não) apresentam o mesmo comportamento ao longo do amadurecimento. Os quatro tratamentos tiveram diminuição de pH até os frutos atingirem o estágio vermelho de amadurecimento, aumentando no último estágio (vermelho-maduro), sendo, essa condição, menos expressiva para frutos permanecidos a 12,5°C.

Os maiores valores de pH encontraram-se no estágio verde-maduro, tal como observado para a cultivar Débora. A variação encontrada para pH foi de 3,80-4,18 para frutos a 20°C com etileno, 3,76-4,19 para frutos a 12,5°C com etileno, 3,80-4,16 para frutos a 20°C sem etileno e 3,75-4,22 para frutos a 12,5°C sem etileno. Em todos os tratamentos, o menor pH foi atingido no estágio vermelho, sendo equivalente ao nono dia de armazenamento para frutos a 20°C (frutos com e sem etileno, pH igual a respectivamente, 3,89 e 3,87) e, décimo sexto dia para frutos a 12,5°C (frutos com e sem etileno, pH igual a respectivamente, 3,80 e 3,76).

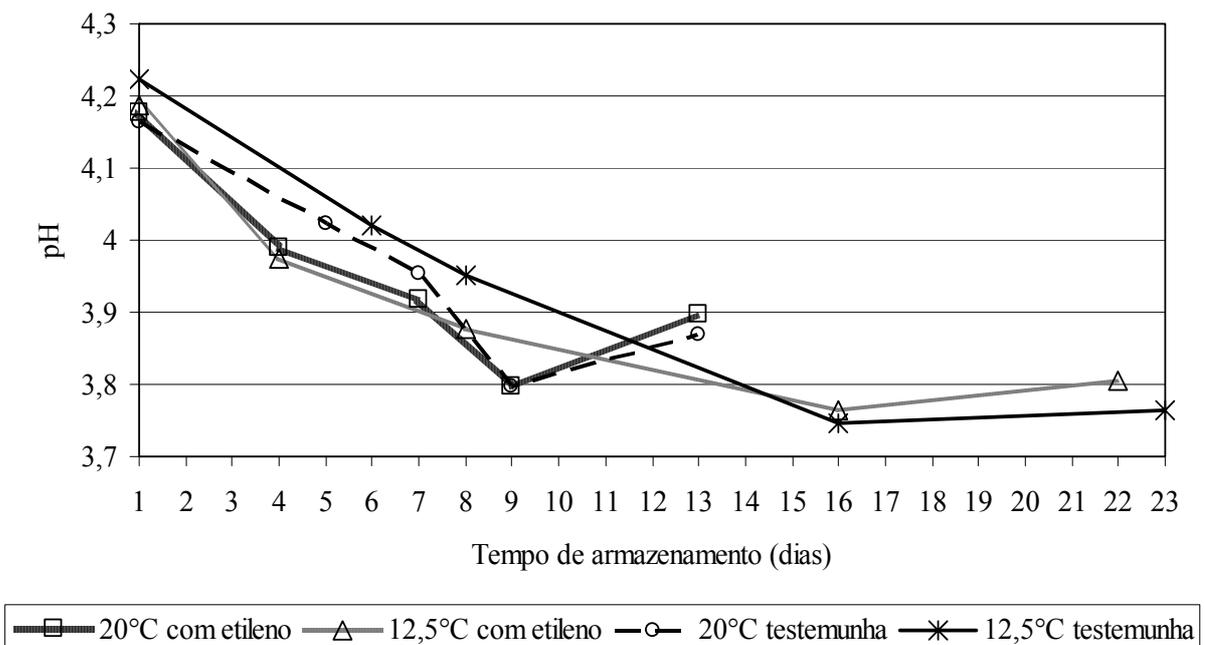


Figura 35 - Valores médios de pH, tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento.

Os fatores que influenciaram os resultados de pH, para a cultivar Andréa foram a temperatura de armazenamento e os estágios de amadurecimento, apresentando interação entre eles. No entanto CASTRO (2003) encontrou influencia nas dosagens de ácido 2-cloroetil

fosfônico na variável pH para a cultivar Carmem. A aplicação de gás etileno não mostrou efeito significativo no pH conforme descrito por GARCIA et al. (1977) e KADER et al. (1978).

Apesar da média de pH, ao longo do amadurecimento, para frutos tratados com gás etileno (3,94) e não tratados (3,95) não terem apresentado diferença significativa entre si, os maiores valores dessa variável deram-se para frutos testemunhas, ao contrário do que foi constatado para cultivar Débora.

Quando analisado a influência do fator temperatura, constatou-se que frutos armazenados a 20°C resultaram, ao longo do amadurecimento, em valores médios maiores de pH, com 3,96, enquanto que frutos a 12,5°C a média foi de 3,93.

Quando analisada a influência da cultivar perante o valor de pH, verificou-se que esse fator interferiu significativamente a 5%. As cultivares Débora e Andréa apresentaram média de pH de, respectivamente, 4,06 e 3,95. Logo a cultivar Andréa se mostrou mais ácida ao longo do amadurecimento, sendo o estágio pintado a única que não demonstrou diferença significativa entre as duas cultivares. GÓMEZ et al. (2004) relataram que frutos com pH menor ou igual a 4,45 são adequados para promover bom sabor ao tomate.

FILGUEIRAS (1996) relata que os valores de pH têm tendência em diminuir com o amadurecimento. Esse comportamento foi constatado para a cultivar Andréa, na qual houve redução do pH até o estágio vermelho e aumentando posteriormente de forma não expressiva. Para a cultivar Débora, esse desempenho somente foi verificado para os frutos armazenados a 12,5°C. CHOMCHALOW (1991) também descreve declínio nos níveis de pH para tomates ao longo do amadurecimento. Enquanto que, para os frutos a 20°C com etileno exógeno (pH aumentou após estágio rosado) e frutos a 20°C testemunhas (pH aumentou do estágio pintado para rosado e após estágio vermelho), concordando, nesse caso, com MATOO e SUTTLE (1991) e CASTRO (2003) que, observaram elevação nos níveis de pH durante o amadurecimento de tomates.

### 5.3. ACIDEZ TITULÁVEL

#### 5.3.1. Cultivar Débora

Os tomates que permaneceram sob a mesma temperatura de armazenamento, com ou sem aplicação de gás etileno, apresentaram comportamento semelhante, quanto à evolução da acidez titulável (AT), ao longo do amadurecimento (Figura 36). Os valores de AT variaram de 0,33 a 0,39g.100g<sup>-1</sup> para tomates a 20°C com etileno, 0,35 a 0,39g.100g<sup>-1</sup> para tomates a 12,5°C com etileno, 0,29 a 0,37g.100g<sup>-1</sup> para tomates a 20°C sem etileno e, 0,33 a 0,43g.100g<sup>-1</sup> para tomates a 12,5°C sem etileno. Ocorreu um pico no nível de acidez titulável, durante o estágio rosado de amadurecimento, nos frutos a 20°C, atingindo 0,39g.100g<sup>-1</sup> (sexto dia de armazenamento para frutos com etileno) e 0,37g.100g<sup>-1</sup> (sétimo dia para frutos sem etileno), diminuindo após esse estágio, conforme descrito por MATOO e SUTTLE (1991). Os frutos armazenados a 12,5°C demonstraram aumento da AT até o estágio vermelho, diminuindo ao atingir o último estágio, de forma mais expressiva para frutos testemunhas armazenados a 12,5°C (Figura 36).

Os resultados de AT não foram influenciados pela aplicação de etileno (KADER et al., 1978 e MANZANO-MENDEZ et al., 1984) e sim pela temperatura de armazenamento (MANZANO-MENDEZ et al., 1984), no entanto, houve interação entre esses dois fatores. Houve interação também entre os estádios de amadurecimento a temperatura e a aplicação de etileno. CASTRO (2003) não encontrou diferença para AT entre os diferentes tratamentos considerados, no entanto os estádios de amadurecimento tiveram efeito significativo sobre a acidez titulável, no caso da cultivar Carmem.

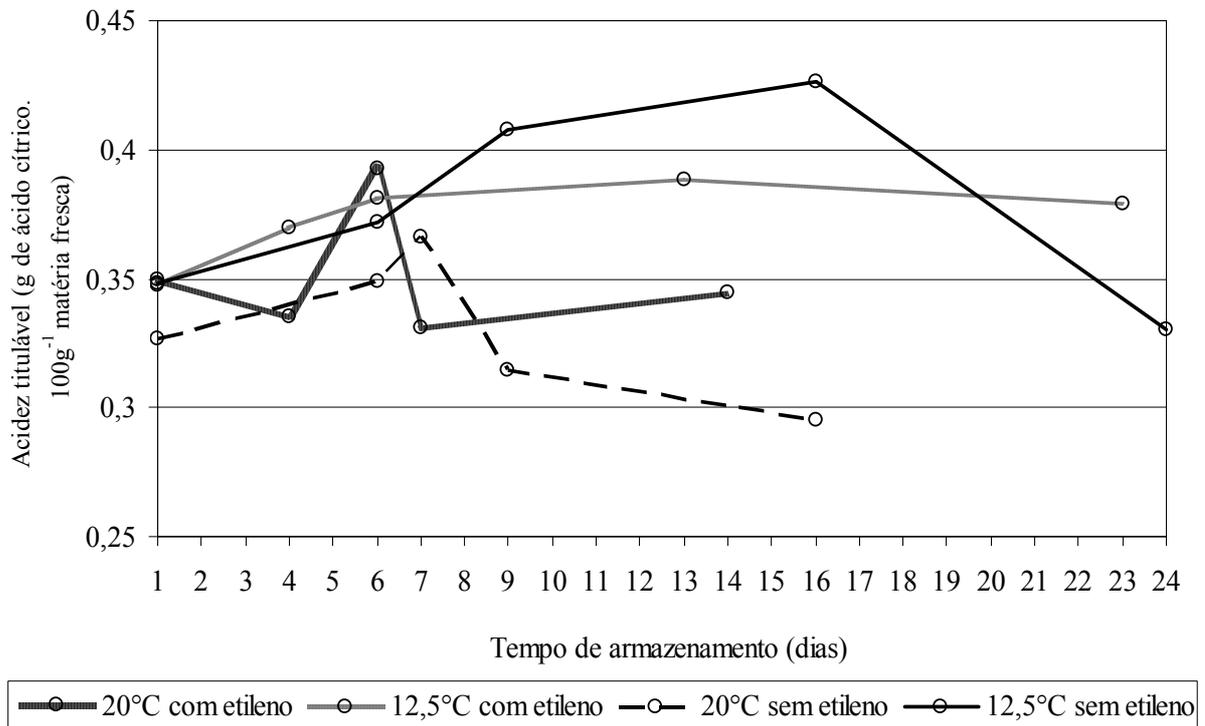


Figura 36 - Valores médios de acidez titulável, para tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento.

Frutos com e sem tratamento de etileno apresentaram aumento da acidez titulável até o estágio rosado, atingindo o valor máximo de  $0,39\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  nos dois casos (Figura 37). Após esse estágio o nível de AT diminui até o final do amadurecimento para frutos testemunhas, apresentando redução de aproximadamente 20% no nível da acidez. E os frutos com tratamento de gás etileno após apresentarem queda dessa variável do estágio rosado para o vermelho, mantêm constante seu nível de AT com média de  $0,36\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ .

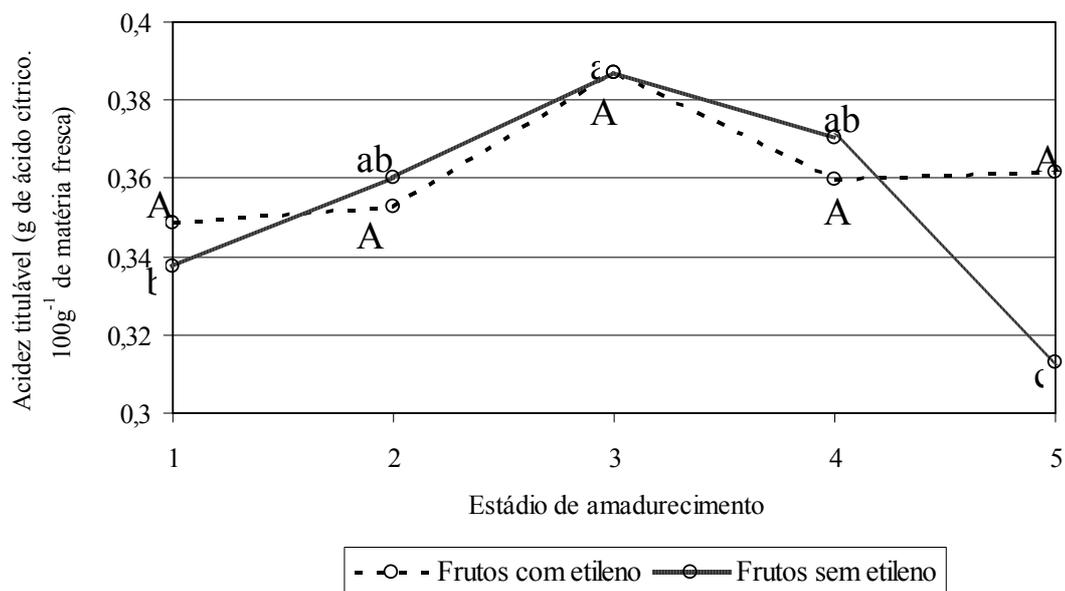


Figura 37 - Valores médios de acidez titulável, para tomates cultivar Débora, devido à interação dos estádios de amadurecimento com aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho-maduro, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

Os frutos armazenados a temperatura de 20°C mostraram índices de AT significativamente menor para aqueles a 12,5°C. As médias para tomates sem aplicação de gás etileno foram de 0,33g.100g<sup>-1</sup> a 20°C e 0,38g.100g<sup>-1</sup> a 12,5°C. Enquanto que os valores médios para frutos com etileno exógeno são de 0,35g.100g<sup>-1</sup> e 0,37g.100g<sup>-1</sup>, para as temperaturas de 20°C e 12,5°C, respectivamente (Figura 38).

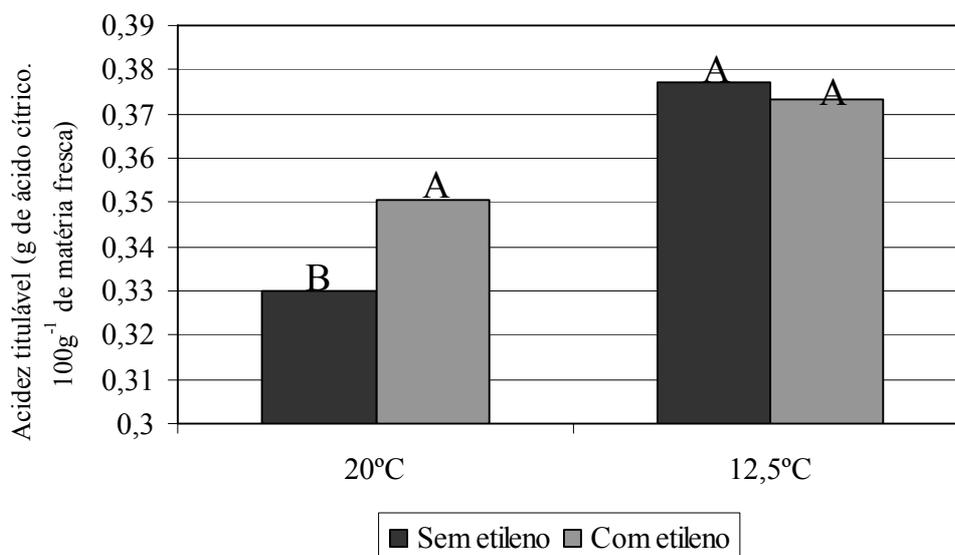


Figura 38 - Valores médios de acidez titulável, tomates cultivar Débora, devido à interação da aplicação de gás etileno com a temperatura de armazenamento. Valores com letras iguais (para uma mesma temperatura de armazenamento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

### 5.3.2. Cultivar Andréa

Na Figura 39 observam-se os valores de acidez titulável para a cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento. No estágio verde-maduro os maiores índices de acidez estão entre os frutos que receberam aplicação de etileno, sendo  $0,40\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  para frutos a  $20^{\circ}\text{C}$  com etileno e  $0,38\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  para aqueles a  $12,5^{\circ}\text{C}$  com etileno, contra  $0,35\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  e  $0,33\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , respectivamente, para frutos sem etileno a  $20^{\circ}\text{C}$  e a  $12,5^{\circ}\text{C}$ .

Observa-se que com o amadurecimento a acidez aumentou (Figura 39) até o estágio vermelho, tanto para frutos com tratamento com etileno (nono dia de armazenamento) e sem etileno (décimo sexto dia). Embora, no estágio rosado tenha ocorrido uma queda desse valor, de forma mais significativa para frutos a  $20^{\circ}\text{C}$  com etileno (sétimo dia), frutos a  $12,5^{\circ}\text{C}$  com etileno (oitavo dia) e frutos a  $12,5^{\circ}\text{C}$  sem etileno (oitavo dia). CASTRO (2000) e CASTRO (2003) observaram queda na acidez titulável durante o amadurecimento dos tomates para as cultivares pesquisadas.

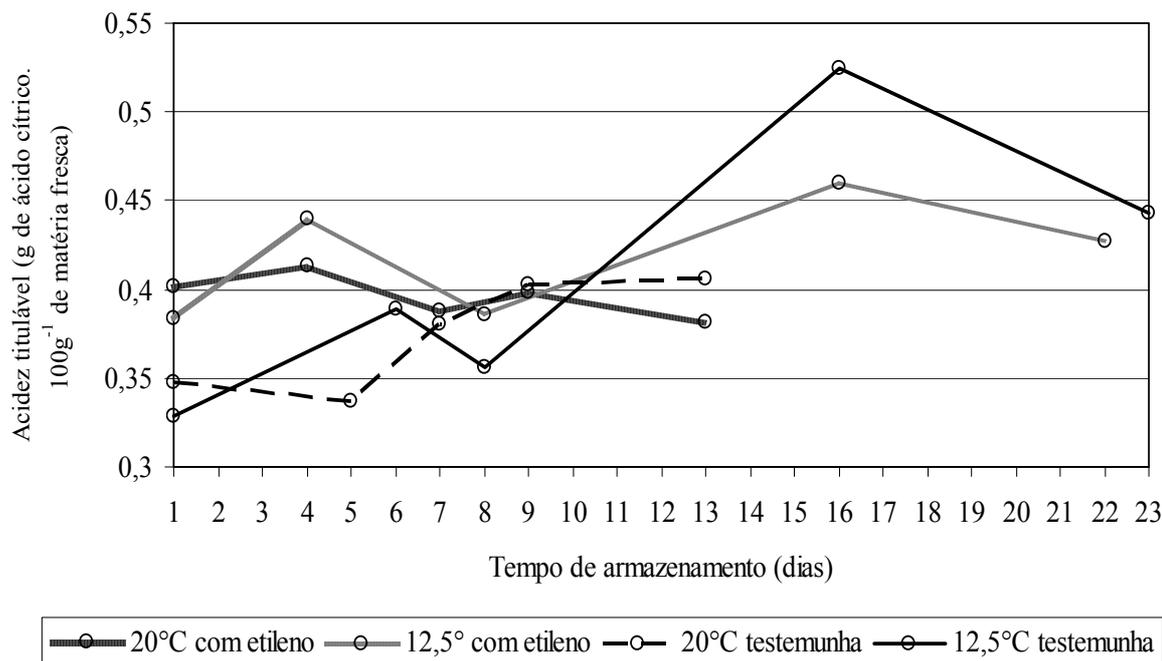


Figura 39 - Valores médios de acidez titulável, para tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento.

Dos fatores analisados – aplicação de gás etileno, temperatura de armazenamento e estágio de amadurecimento – constatou-se que somente os dois últimos influenciaram significativamente nos valores de acidez titulável para os frutos da cultivar Andréa. Houve interação entre aplicação de etileno e estágio de amadurecimento (Figura 40) e também entre temperatura de armazenamento e estágios de amadurecimento. CASTRO (2003) identificou a influência dos estágios de amadurecimento na acidez titulável de tomates da cultivar Carmem. KADER et al. (1978) e MANZANO-MENDEZ et al. (1984) também não encontraram diferença significativa para acidez titulável entre tomates com e sem aplicação de gás etileno, contudo MANZANO-MENDEZ et al. (1984) observaram que a acidez foi influenciada pela temperatura de armazenamento.

Tanto para frutos com e sem aplicação de gás etileno (Figura 40), os menores valores de acidez estão no estágio verde-maduro;  $0,39 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  (com etileno) e  $0,34 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  (sem etileno) e os maiores no estágio vermelho;  $0,43 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  (com etileno) e  $0,46 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  (sem etileno). Não existe diferença significativa a 5% para os estágios rosado, vermelho e vermelho-maduro, quanto aos valores de acidez, comparando-se frutos com e sem etileno.

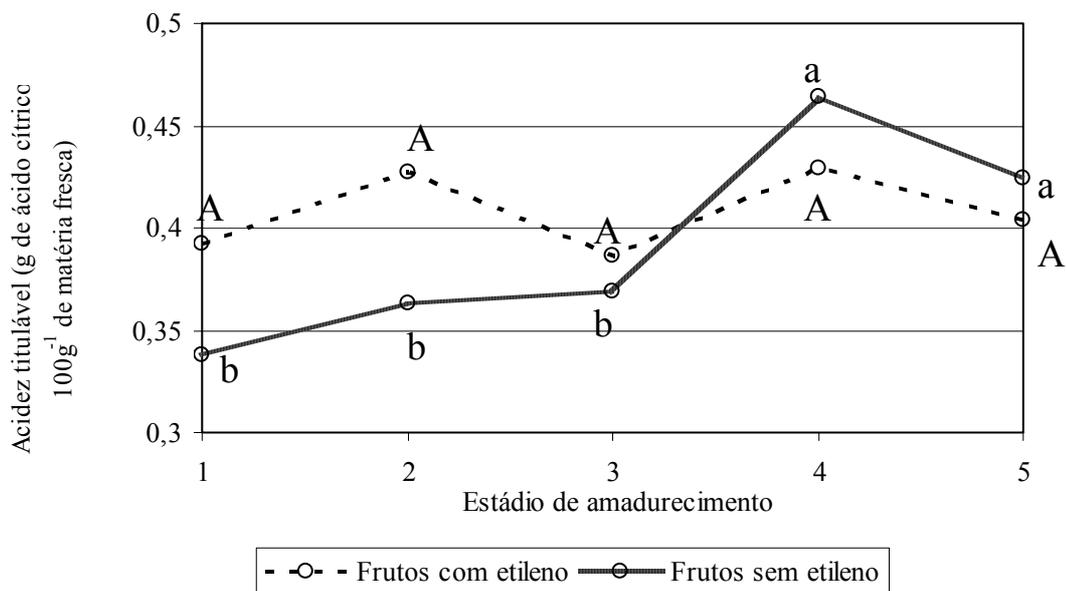


Figura 40 - Valores médios de acidez titulável, tomates cultivar Andréa, devido à interação dos estádios de amadurecimento com aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho-maduro, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

HOBSON (1982) descreve máxima acidez titulável nos primeiros sinais de pigmentação amarela, com queda progressiva até o final do amadurecimento. Tal comportamento não foi observado para as cultivares pesquisadas. A queda no nível de acidez titulável, representada em termos de ácido cítrico, é devido, segundo TUCKER (1993), à utilização de ácidos orgânicos no processo respiratório ao longo do amadurecimento.

Na análise de acidez titulável, verificou-se que a cultivar é um fator de interferência desse parâmetro, ocorrendo diferença significativa entre as cultivares Débora e Andréa. A cultivar Andréa apresentou maior índice de acidez titulável, atingindo média de  $0,40\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ . Segundo DAVIES e WINSOR (1969) as cultivares de tomates podem variar acentuadamente em acidez, e muito dessa variação é atribuída a diferenças nos teores dos ácidos málico e cítrico.

FILGUEIRAS (1996) encontrou maiores valores de acidez no final do amadurecimento que, comparando com os resultados da cultivar Débora, essa observação somente foi válida para os frutos armazenados a  $12,5^{\circ}\text{C}$  (com ou sem etileno), sendo os maiores índices de acidez atingidos no penúltimo estágio de amadurecimento (vermelho).

Enquanto que para a cultivar Andréa, essa afirmação foi válida para os frutos a 12,5°C (com ou sem etileno) e para aqueles a 20°C sem etileno.

## **5.5.SÓLIDOS SOLÚVEIS**

### **5.5.1. Cultivar Débora**

Na Figura 41 observam-se os resultados de sólidos solúveis (SS) para a cultivar Débora. Houve grande variabilidade no teor de sólidos solúveis ao longo do amadurecimento, no qual cada tratamento de comportou de maneira diferente. Os maiores índices de °Brix foram obtidos para os tomates no estágio verde-maduro. Os frutos tratados com etileno apresentaram, nesse estágio, 4,88°Brix (para aqueles a 20°C) e 4,86°Brix (a 12,5°C), os tomates controle a 20°C apresentaram teor de sólidos solúveis igual a 4,73°Brix e tomates controle a 12,5°C teor igual a 4,68°Brix.

Frutos com etileno a 20°C apresentaram variação de sólidos entre 4,30-4,89°Brix, sendo que o menor valor corresponde ao estágio pintando ocorrido no quarto dia de armazenamento. Após esse estágio houve aumento do conteúdo de SS até o último estágio de amadurecimento. Tomates a 12,5°C com etileno tiveram variação entre 3,98-4,87°Brix. O menor índice de SS ocorreu no estágio vermelho-maduro, durante o vigésimo terceiro dia de armazenamento. Também, para esse tratamento, ocorre diminuição do conteúdo de SS no estágio pintando, mantendo-se estável até atingir o estágio vermelho, mostrando queda dessa variável até o final do armazenamento.

Frutos testemunhas a 20°C mostraram variação entre 3,70-4,73°Brix. Após apresentar queda de SS no estágio pintando (de 4,73°Brix, no estágio verde-maduro, passa para 4,05°Brix), esse valor aumenta até o fruto atingir o estágio vermelho (4,32°Brix), diminuindo novamente até alcançar o estágio vermelho-maduro (3,70°Brix). Para tomates a 12,5°C sem etileno ocorreu variação de 3,87-4,70°Brix. No estágio vermelho foi obtido o menor resultado de SS (décimo sexto dia de armazenamento). Nesse caso observou-se diminuição do conteúdo de sólidos até o estágio vermelho, e posteriormente aumentando o valor dessa variável até o final da armazenagem.

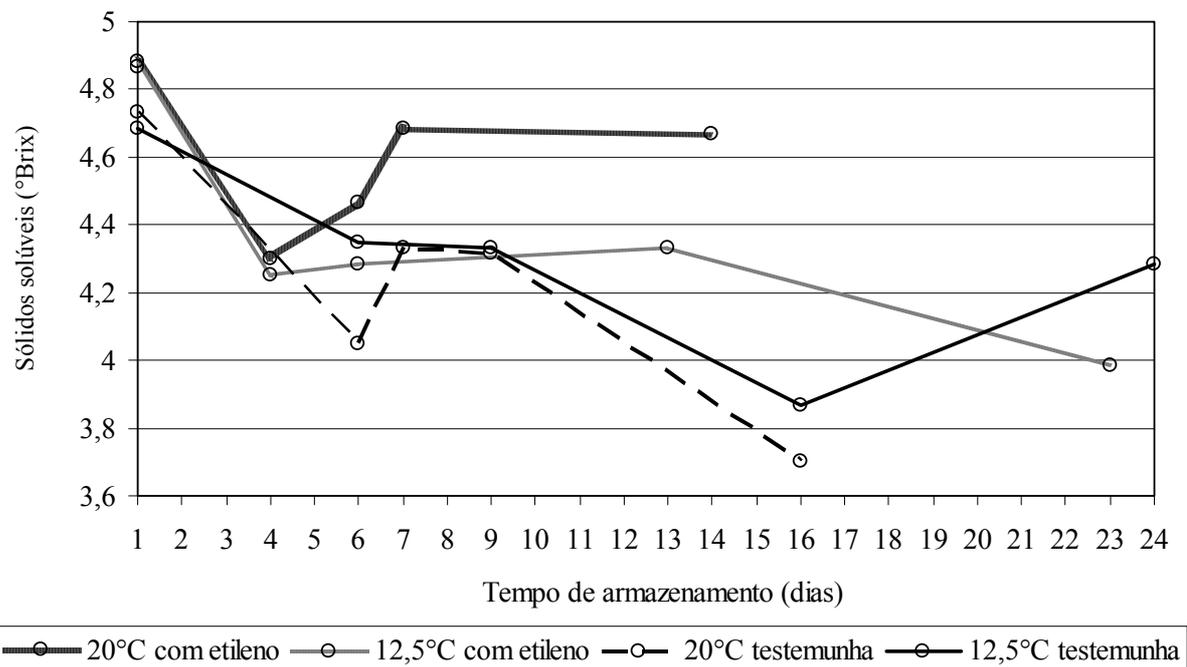


Figura 41 - Valores médios de sólidos solúveis, tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento.

Os resultados de sólidos solúveis foram influenciados de forma significativa pela aplicação de gás etileno, discordando de GARCIA et al. (1977) e KADER et al. (1978), e pelos diferentes estádios de amadurecimento. Ocorreu interação entre a temperatura de armazenamento e aplicação de etileno (Figura 42) e temperatura com os estádios de amadurecimento.

Pela interação do gás etileno e temperatura de armazenamento (Figura 42) nota-se que nos tomates mantidos a 20°C existe diferença significativa entre os frutos testemunhas e aqueles tratados com etileno. Frutos com etileno apresentaram maiores valores de SS, 4,6°Brix (20°C). Já a 12,5°C essa diferença não existe, embora frutos com etileno tenham apresentado maior conteúdo de sólidos (média de 4,34°Brix). CHOMCHALOW (1991) também observou que frutos com etileno resultaram valores mais elevados de sólidos solúveis, devido ao encurtamento do período de amadurecimento.

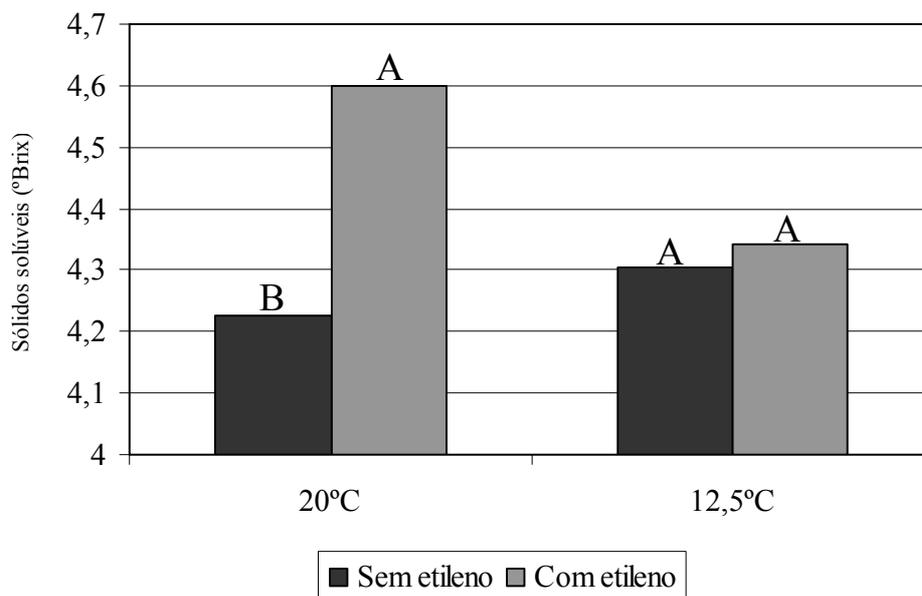


Figura 42 - Valores médios de sólidos solúveis, tomates cultivar Débora, devido à interação da aplicação de gás etileno e temperatura de armazenamento. Valores com letras iguais (para uma mesma temperatura de armazenamento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

### 5.5.2. Cultivar Andréa

Na cultivar Andréa os níveis de SS apresentaram queda nos primeiros dias de armazenamento, com tendência de aumento até o final do amadurecimento dos frutos (Figura 43). No caso da cultivar Débora o conteúdo de SS diminui com o amadurecimento. A diminuição no conteúdo de SS foi relatada por YOUNG et al. (1993) citado por FILGUEIRAS (1996), atribuindo essa redução ao consumo respiratório.

Os frutos mantidos a 12,5°C apresentaram variação de 4,10-5,57°Brix para tomates sem etileno e de 4,15-5,32°Brix para tomates com etileno. Nos dois tratamentos citados, o menor valor de SS corresponde ao estágio rosado (oitavo dia de armazenamento), posteriormente aumentando o nível de SS até atingir os estágios finais de amadurecimento, com 5,53°Brix para tomates a 12,5°C sem etileno (vigésimo terceiro dia) e 5,57°Brix para tomates a mesma temperatura sem etileno (décimo sexto dia corresponde ao maior índice de sólidos alcançado entre os tratamentos). Os frutos armazenados a 20°C sem etileno mostraram constante aumento de SS ao longo do amadurecimento, com variação de 4,50-5,07°Brix, sendo o maior valor atingido no décimo terceiro dia (estádio vermelho-maduro). Os tomates a 20°C

com etileno resultaram numa variação de 4,52°Brix (estádio pintando, quarto dia de armazenamento) a 5,08°Brix (verde-maduro). Após a diminuição demonstrada do primeiro estágio para o segundo, os níveis de SS aumentam até alcançar o estágio vermelho-maduro, com 5,02°Brix, no décimo terceiro dia.

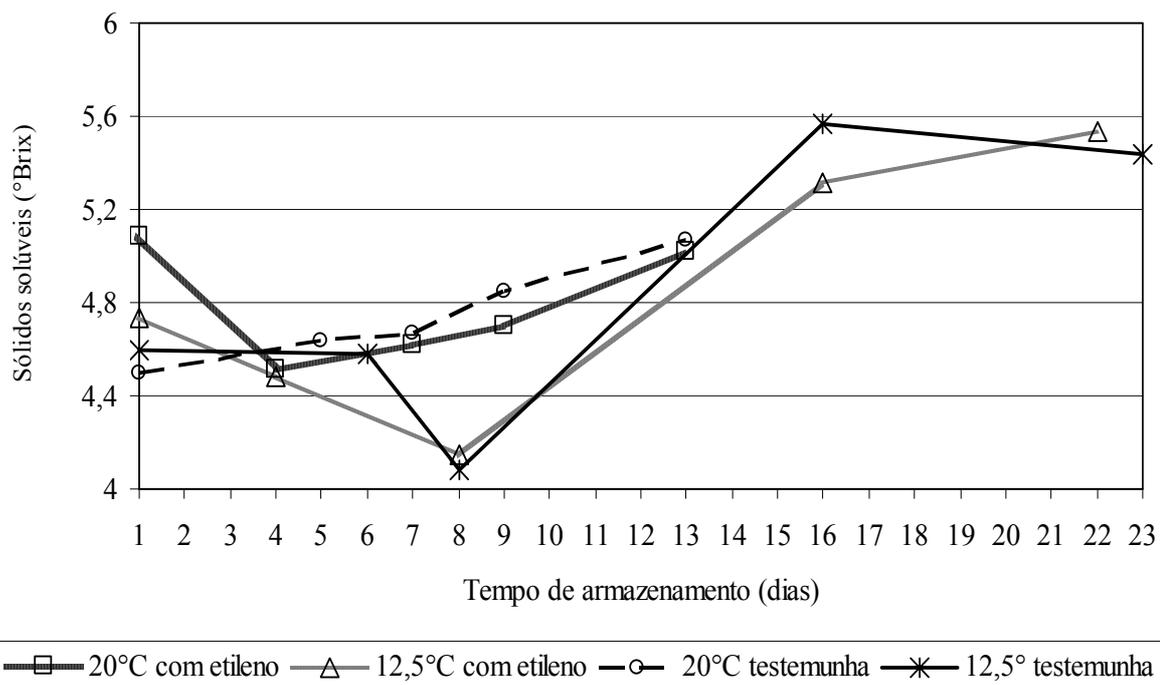


Figura 43 - Valores médios de sólidos solúveis, tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento.

A aplicação de gás etileno e a temperatura de armazenamento não interferiram no conteúdo de sólidos solúveis para a cultivar Andréa. Entretanto, houve interação entre os estádios de amadurecimento e a temperatura de armazenamento. GARCIA et al. (1977) e KADER et al. (1978) não verificaram influência da aplicação de etileno quanto aos níveis de sólidos solúveis.

As duas cultivares pesquisadas apresentaram diferença significativa quanto aos níveis de sólidos solúveis. A cultivar Débora resultou em média de 4,37°Brix e a cultivar Andréa, média de 4,81°Brix.

Os teores de sólidos solúveis em tomates, segundo FILGUEIRAS (1996), tendem a aumentar na mudança entre os estádios verde-maduro e o vermelho. Essa observação foi feita

somente para a cultivar Andréa. Esse mesmo autor, não encontrou diferença entre as cultivares estudadas. Segundo HOBSON e DAVIES (1971) o aparecimento da pigmentação amarela é acompanhado por elevação no teor de sólidos solúveis.

De acordo com GALVIS-VANEGAS (1987), CASTRO (2000) e CASTRO (2003) houve aumento de sólidos solúveis com o amadurecimento de tomates. Essa observação foi feita principalmente para a cultivar Andréa na qual após ultrapassar o estágio rosado, os frutos apresentaram aumento no °Brix. Enquanto que na cultivar Débora a tendência foi diminuir o conteúdo de sólidos solúveis. A diminuição no teor de sólidos solúveis também foi verificada por YOUNG et al. (1993) e CARVALHO et al. (1984) e justificada pelo consumo respiratório.

## **5.6. RELAÇÃO SÓLIDOS SOLÚVEIS / ACIDEZ TITULÁVEL**

### **5.6.1. Cultivar Débora**

Os frutos mantidos a mesma temperatura mostram comportamento semelhante quanto à evolução da relação de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT). Observa-se (Figura 44) que frutos a 20°C com ou sem etileno reduzem o valor da relação SS/AT do estágio verde-maduro aos estádios, respectivamente, rosado e pintando. Essa relação passa a aumentar até os frutos atingirem o estágio vermelho, com pico de 14,25 (no sétimo dia, para frutos armazenados a 20°C com aplicação de gás etileno) e 13,86 (nono dia, para frutos a 20°C testemunha). Os resultados de SS/AT, para tomates a 12,5°C com etileno, mantém-se praticamente constante após ultrapassar o estágio pintando de amadurecimento, permanecendo com média de 11,26, nesse período. Os frutos testemunhas mantidos a 12,5°C demonstraram um pico quando os frutos alcançaram o estágio vermelho-maduro, passando de 9,22 no estágio vermelho para 12,14 no último estágio de amadurecimento.

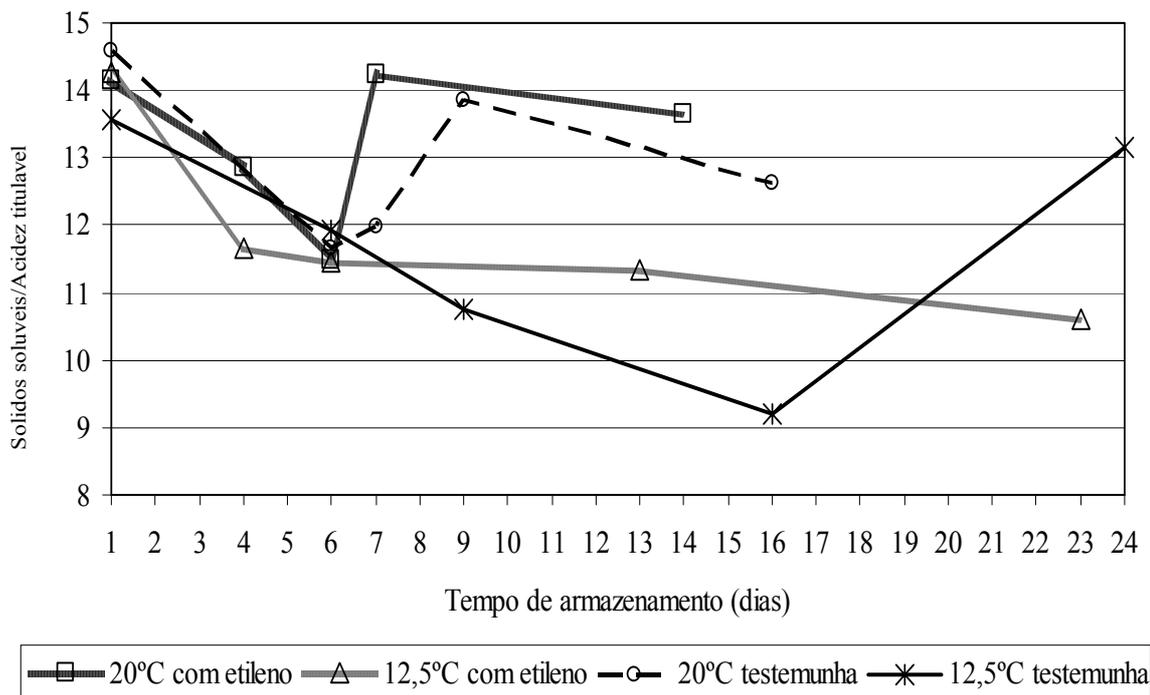


Figura 44 - Valores médios da relação sólidos solúveis e acidez titulável, tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento.

### 5.6.7. Cultivar Andréa

Os tratamentos, conforme pode ser observado na Figura 45, apresentaram aumento na relação SS/AT do estágio vermelho para o último estágio de amadurecimento. Frutos que receberam aplicação de etileno (a 20°C e a 12,5°C) resultaram, no quarto dia de armazenamento (estágio pintando), uma redução de 12,45% para tomates a 20°C e 17,62% para aqueles a 12,5°C com relação ao início do armazenamento. Após esse comportamento ocorre elevação da relação SS/AT até o final do amadurecimento, alcançando no décimo terceiro dia, 13,39 para frutos a 20°C com etileno e, no vigésimo terceiro dia, 13,18 para frutos a 12,5°C com etileno. Os frutos testemunhas a 20°C apresentaram pequena variação a partir do estágio rosado ( sétimo dia de armazenamento), com média de 12,53. Enquanto que nos frutos testemunhas a 12,5°C pode-se observar comportamento semelhante ao verificado na cultivar Débora, quanto à evolução da relação de SS/AT. Há queda dessa variável até o estágio vermelho, atingindo valor de 10,80 e aumentando posteriormente resultando, no último estágio, valor de SS/AT igual a 12,40.

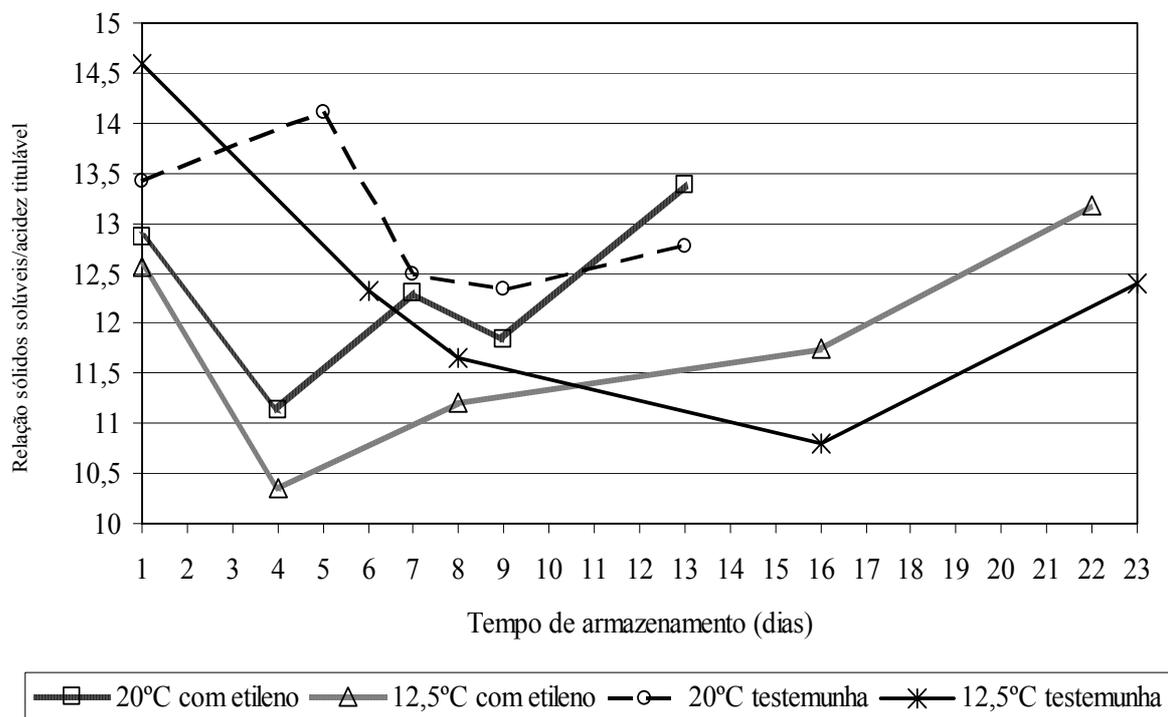


Figura 45 - Valores médios da relação sólidos solúveis e acidez titulável, tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento.

Tanto a quantidade de SS como a relação dessa variável com acidez titulável podem variar de acordo com a cultivar, local e época de colheita, segundo DAVIES e HOBSON (1981). Embora as duas cultivares pesquisadas tenham sido colhidas em épocas diferentes (Débora no mês de abril e Andréa no mês de maio) não foi constatado diferença significativa entre as médias da relação de sólidos com acidez. A cultivar Débora apresentou média de 12,45 e a cultivar Andréa média de 12,37. STEVENS et al. (1977) e KADER et al. (1978) indicaram frutos de alta qualidade como sendo aqueles com relação sólidos solúveis e acidez titulável maior que 10.

## 5.7. ÁCIDO ASCÓRBICO

### 5.7.1. Cultivar Débora

Os resultados de ácido ascórbico (Figura 46) para tomates da cultivar Débora mostraram maior variação para aqueles frutos armazenados a 20°C (com ou sem etileno), apresentando comportamento semelhante ao longo do amadurecimento. Esses tratamentos apresentaram elevação de ácido ascórbico (AA) no estágio pintando, diminuindo no estágio subsequente atingindo 9,64mg.100g<sup>-1</sup> (frutos a 20°C com etileno) e 11,85mg.100g<sup>-1</sup> (a 20°C sem etileno), aumentando o conteúdo de AA no estágio vermelho. Para tomates armazenados a 12,5°C com aplicação de etileno houve queda no estágio rosado (passou de 14,52mg.100g<sup>-1</sup> para 12,73mg.100g<sup>-1</sup>), aumentando o nível de AA até o final do armazenamento (16,27mg.100g<sup>-1</sup>). Os frutos a 12,5°C sem etileno apresentaram aumento no nível de AA atingindo o estágio rosado com 14,38mg.100g<sup>-1</sup>, mantendo o conteúdo dessa variável, sem diferença significativa, até alcançar o estágio vermelho-maduro.

Os menores valores de AA foram encontrados no estágio verde-maduro para todos os tratamentos considerados. A variação, durante o amadurecimento quanto ao conteúdo de AA, foi de 8,75 a 15,56mg.100g<sup>-1</sup> (sendo o maior valor correspondente ao estágio vermelho, sétimo dia) para frutos a 20°C com etileno; 7,63 a 16,30mg.100g<sup>-1</sup> (maior valor obtido no estágio vermelho-maduro, vigésimo terceiro dia) para tomates a 12,5°C com etileno; 9,15 a 16,20mg.100g<sup>-1</sup> (estádio vermelho, nono dia) para tomates a 20°C sem etileno e; 8,58 a 14,51mg.100g<sup>-1</sup> (vermelho-maduro, vigésimo quarto dia de armazenamento) para tomates a 12,5°C sem etileno.

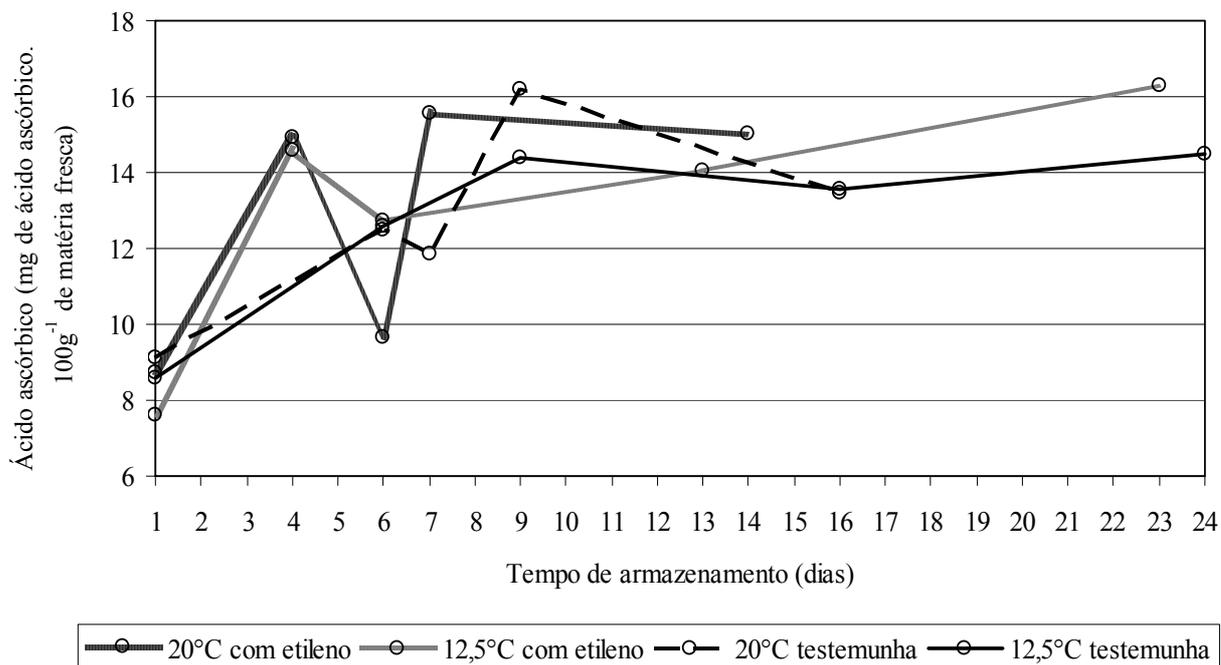


Figura 46 - Valores médios de ácido ascórbico, tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento.

A aplicação de gás etileno e a temperatura de armazenamento não influenciaram nos níveis de ácido ascórbico. Porém houve interação desses fatores com os estádios de amadurecimento do tomate. Embora sem diferença significativa o conteúdo de AA foi maior em frutos com aplicação de etileno e maior em frutos armazenados a 12,5°C. GARCIA et al. (1977) e CASTRO (2003) não encontraram influencia da aplicação de gás etileno nos níveis de ácido ascórbico em tomates.

Os frutos com etileno apresentaram maior variação nos níveis de AA ao longo do amadurecimento, atingindo seu valor máximo no estágio pintando com 14,74mg.100g<sup>-1</sup>. Enquanto que frutos testemunhas mostraram aumento progressivo de AA durante o armazenamento, atingindo seu valor máximo no estágio vermelho com 14,87mg.100g<sup>-1</sup> (Figura 47), com redução não significativa de AA quando os frutos atingiram o estágio vermelho-maduro.

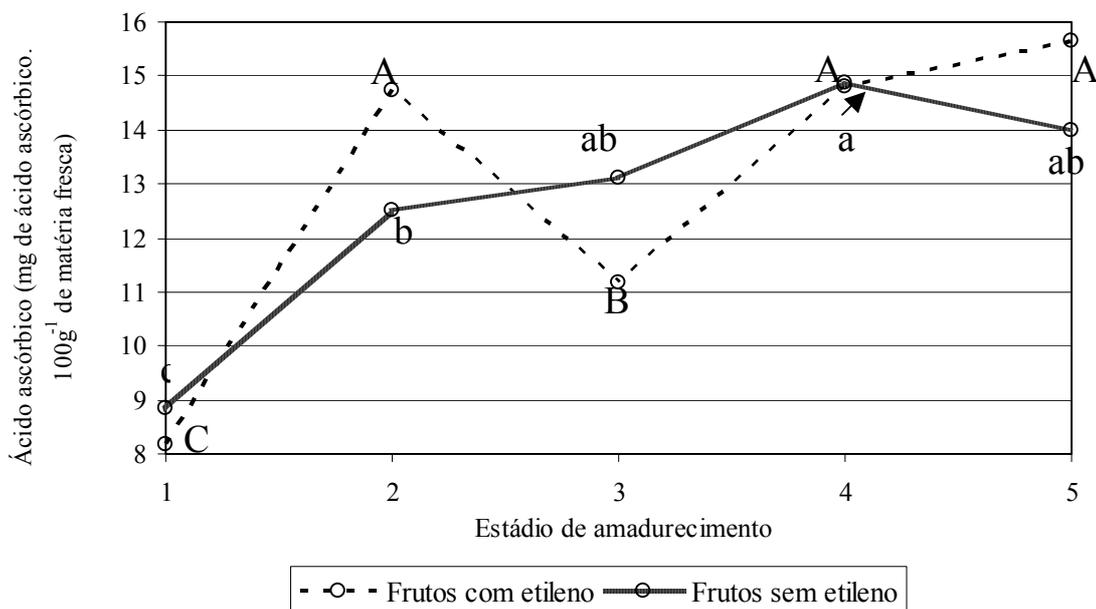


Figura 47 - Valores médios de ácido ascórbico, tomates cultivar Débora, devido à interação dos estádios de amadurecimento e aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

### 5.7.2. Cultivar Andréa

Na Figura 48 observa-se que os níveis de AA para tomates da cultivar Andréa têm o mesmo desempenho para os quatro tratamentos considerados. Todos apresentam queda dessa variável no estágio de amadurecimento rosado, passando a aumentar até o final do armazenamento, de forma mais acentuada isso pode ser verificado para frutos com aplicação de gás etileno a 20°C.

Os menores valores de AA foram obtidos, para todos os tratamentos ao longo do amadurecimento, no estágio verde-maduro, sendo 11,87mg.100g<sup>-1</sup> (tomates a 20°C com etileno); 11,60mg.100g<sup>-1</sup> (tomates a 12,5°C com etileno); 12,31mg.100g<sup>-1</sup> (tomates a 20°C controle) e 10,34mg.100g<sup>-1</sup> (tomates a 12,5°C controle). E observou-se que os maiores valores de AA foram encontrados no estágio final (vermelho-maduro), exceto para frutos a 12,5°C sem aplicação de etileno, no qual o maior índice de AA ocorreu durante o estágio vermelho. Os frutos atingiram 21,56mg.100g<sup>-1</sup> (frutos com etileno a 20°C, décimo terceiro dia); 17,78mg.100g<sup>-1</sup> (frutos com etileno a 12,5°C, vigésimo segundo dia); 18,68mg.100g<sup>-1</sup> (frutos

testemunhas a 20°C, décimo terceiro dia) e; 19,39mg.100g<sup>-1</sup> (frutos testemunhas a 12,5°C, décimo sexto dia).

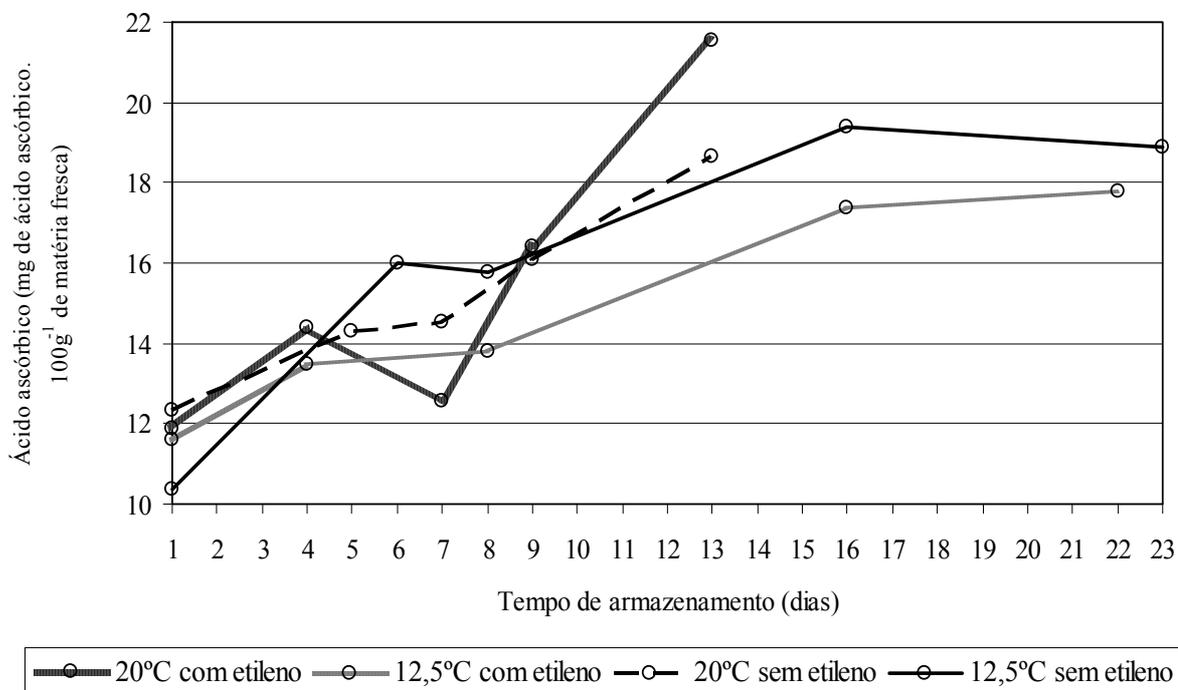


Figura 48 - Valores médios de ácido ascórbico, tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento.

Similarmente ao observado na cultivar Débora, a aplicação de gás etileno e a temperatura de armazenamento não interferiram nos resultados de ácido ascórbico para tomates da cultivar Andréa. Essa observação também foi feita por GARCIA et al. (1977) e CASTRO (2003). Houve interação entre a aplicação de gás etileno e os estádios de amadurecimento (Figura 49), temperatura com estágio de amadurecimento e etileno com temperatura de armazenamento (Figura 50).

A média dos valores de AA (Figura 49) indicam que os frutos testemunhas (15,63mg.100g<sup>-1</sup>) resultaram em maior conteúdo dessa variável, embora não tenha apresentado diferença significativa em relação aos frutos com aplicação de gás etileno (15,09mg.100g<sup>-1</sup>). Esse resultado discorda daquele apresentado por SALTVEIT (1999) e GULL (1981a), que observaram maior nível de ácido ascórbico para frutos com etileno.

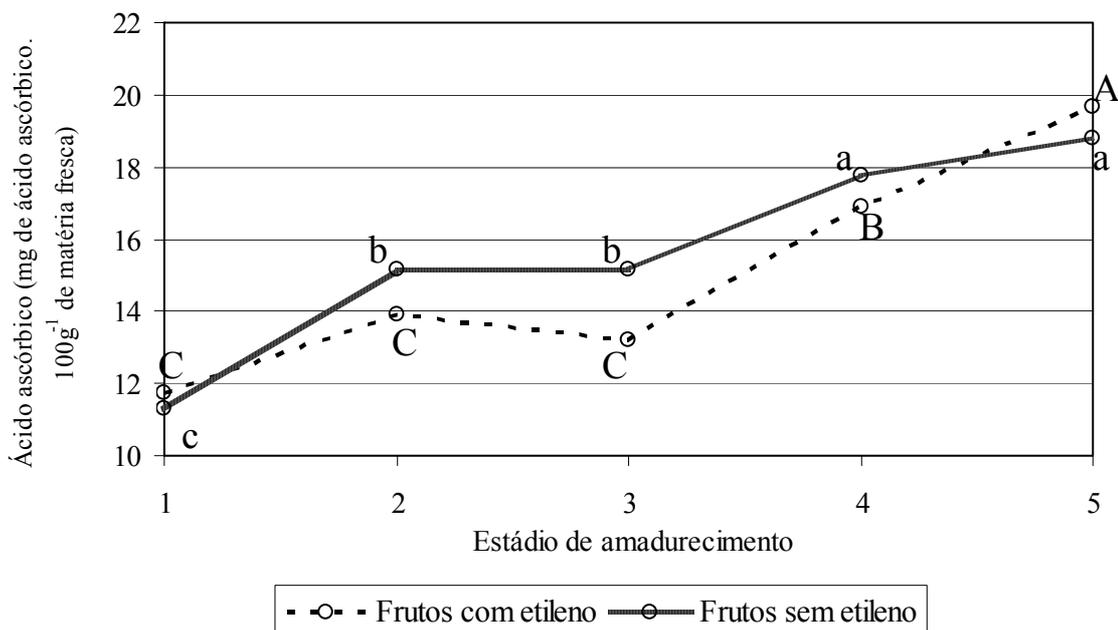


Figura 49 - Valores médios de ácido ascórbico, tomates cultivar Andréa, devido à interação dos estádios de amadurecimento com aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

Pela Figura 50 verifica-se que os frutos permanecidos a 12,5°C sem etileno resultaram nos maiores índices de ácido ascórbico, alcançando a média de 16,07mg.100g<sup>-1</sup>. Frutos a 12,5°C com aplicação de etileno apresentaram o menor índice, entre os tratamentos considerados, com valor médio de 14,81mg.100g<sup>-1</sup>. Enquanto que os tomates com aplicação de etileno a 20°C (15,36mg.100g<sup>-1</sup>) e frutos testemunhas a mesma temperatura (15,20mg.100g<sup>-1</sup>) não apresentaram diferença significativa.

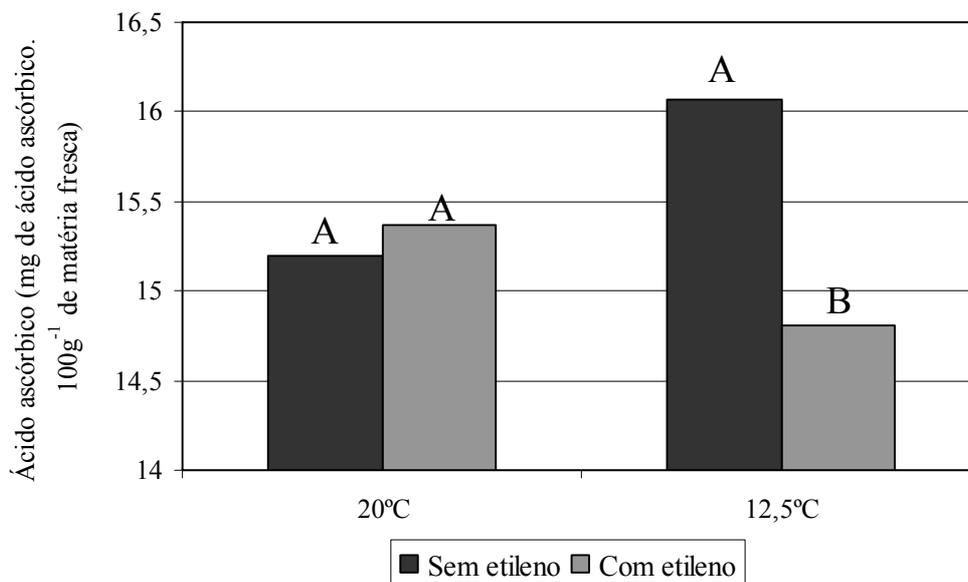


Figura 50 - Valores médios de ácido ascórbico, tomates cultivar Andréa, devido à interação da aplicação de gás etileno e temperatura de armazenamento. Valores com letras iguais (para uma mesma temperatura de armazenamento) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

KADER et al. (1978) encontraram diferença nos níveis de ácido ascórbico para frutos com e sem aplicação de gás etileno. Porém, não souberam dizer se essa diferença deveu-se às perdas reduzidas do ácido ascórbico dado ao amadurecimento mais rápido dos frutos. CHOMCHALOW (1991) encontrou valores mais elevados de ácido ascórbico em frutos tratados com gás etileno.

As cultivares apresentaram diferença significativa quanto aos níveis de ácido ascórbico, sendo a cultivar Andréa aquela com maior teor dessa substância, com média de 15,36mg.100g<sup>-1</sup>, enquanto a cultivar Débora apresentou média de 12,79mg.100g<sup>-1</sup>. CASTRO (2003) encontrou para cultivar Carmem quantidade máxima de ácido ascórbico igual a 22mg.100g<sup>-1</sup> para fruto armazenado a temperatura mais baixa e no estágio vermelho-maduro.

No geral, ambas cultivares, demonstraram aumento de ácido ascórbico com o amadurecimento, de forma mais expressiva para cultivar Andréa e comparando-se os diferentes estádios de amadurecimento, somente o segundo estágio (pintando) não apresenta diferença significativa entre as cultivares.

## 5.8. FIRMEZA

### 5.7.1. Cultivar Débora

Houve comportamento semelhante entre os tratamentos quanto à evolução do índice de firmeza para tomates cultivar Débora (Figura 51), com diminuição desse valor ao longo do amadurecimento. Reduções mais acentuadas de firmeza aconteceram nos frutos permanecidos a 20°C com etileno e frutos a 20°C controle, principalmente nos estádios pintando ao vermelho. Entre esses estádios de amadurecimento ocorreu variação, para tomates a 20°C com etileno, de  $0,63\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  (quarto dia) a  $0,41\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  (sétimo dia) e para tomates a 20°C sem etileno, de  $0,67\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  (sexto dia) a  $0,43\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  (nono dia de armazenamento).

No final do amadurecimento (estádios vermelho e vermelho-maduro), os frutos armazenados a 12,5°C com e sem etileno não apresentaram alteração significativa quanto ao índice de firmeza, com média de  $0,44\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  para frutos com etileno e  $0,47\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  para frutos sem etileno.

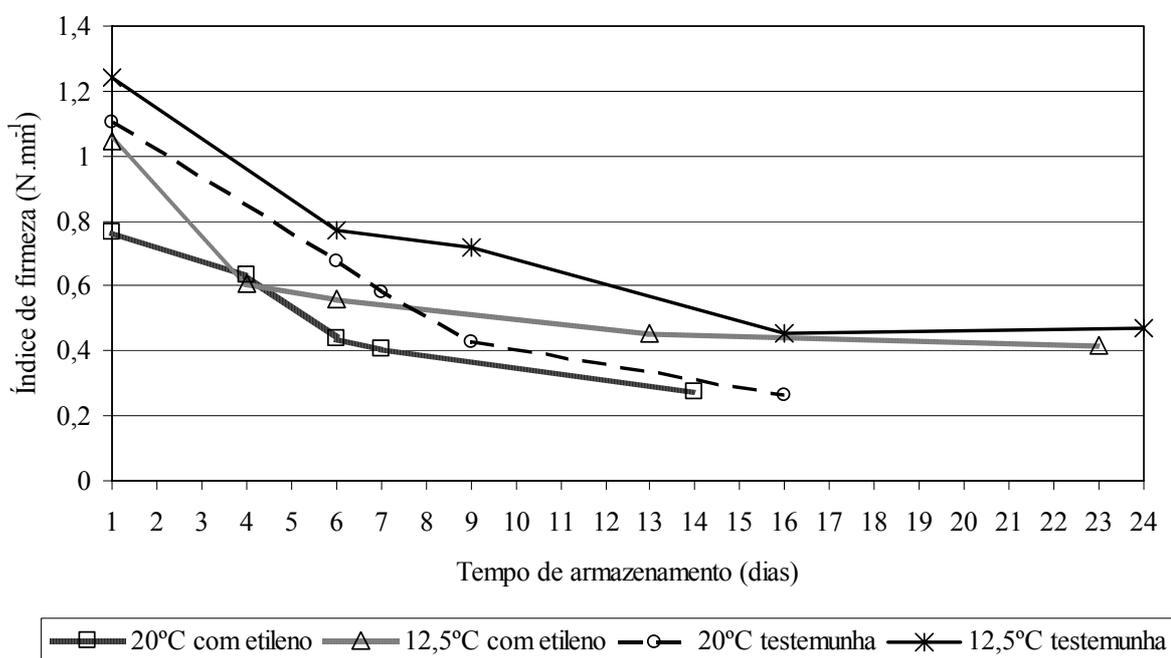


Figura 51 - Valores médios de firmeza, tomates cultivar Débora, ao longo do amadurecimento.

A porcentagem de perda na firmeza, durante o processo de amadurecimento dos frutos, correspondeu a 64,5% para frutos a 20°C com etileno, 60,0% para frutos a 12,5°C com etileno, 76,6% para frutos a 20°C controle e 62,1% para frutos a 12,5°C controle.

Os resultados de firmeza, para a cultivar Débora, foram influenciados pela aplicação de gás etileno, temperatura de armazenamento e estádios de amadurecimento, havendo interação entre esse último fator com os dois primeiros. Frutos sem aplicação de gás etileno mostraram maiores índices de firmeza (frutos mais firmes), com média de  $0,67\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ , que os frutos com etileno, média de  $0,56\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  (Figura 52). Pode-se observar que no final do amadurecimento (estádios vermelho e vermelho-maduro) os resultados não demonstraram diferença significativa em relação aos frutos com e sem gás etileno.

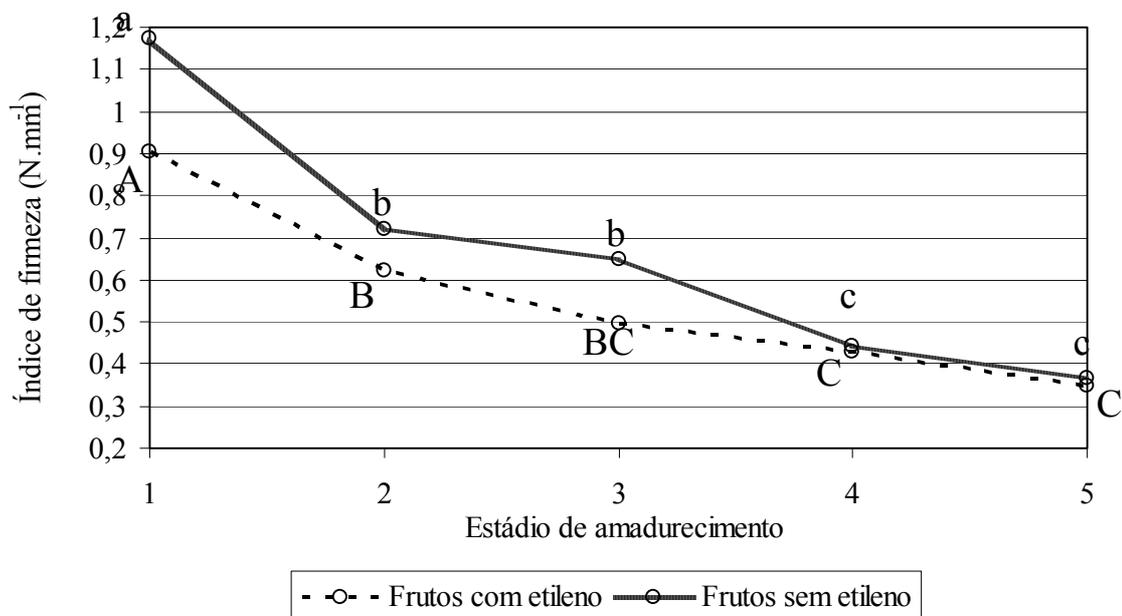


Figura 52 - Valores de médios de firmeza, tomates cultivar Débora, devido à interação dos estádios de amadurecimento com aplicação de gás etileno. Estádios de amadurecimento: (1) verde-maduro, (2) pintando, (3) rosado, (4) vermelho, (5) vermelho-maduro. Valores com letras iguais (para um mesmo tipo de linha) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

### 5.7.1. Cultivar Andréa

Apresentam-se os dados de firmeza para a cultivar Andréa nos estádios rosado, vermelho e vermelho-maduro. Os dados de firmeza correspondentes aos estádios verde-maduro e pintando não foram transferidos para o sistema de aquisição, por isso não foram considerados.

Dos estádios de amadurecimento analisados, constatou-se comportamento semelhante ao observado para cultivar Débora, com a mesma tendência de redução, ao longo do amadurecimento, dos valores de firmeza (Figura 53). Verificou-se que frutos mais firmes (índices de firmeza maiores) resultaram dos frutos a 12,5°C com e sem etileno. Esses frutos alcançaram no estágio vermelho-maduro  $0,50\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  (para tomates a 12,5°C com etileno, vigésimo segundo dia) e  $0,44\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  (para aqueles mantidos a 12,5°C sem etileno, vigésimo terceiro dia). Enquanto que os frutos armazenados a 20°C com e sem etileno apresentaram, respectivamente,  $0,36\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  e  $0,38\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ , ambos no décimo terceiro dia de armazenamento. A média do índice de firmeza para frutos a 12,5°C foi igual a  $0,56\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$  significativamente maior que a média apresentada para os frutos armazenados a 20°C, sendo essa igual a  $0,46\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ .

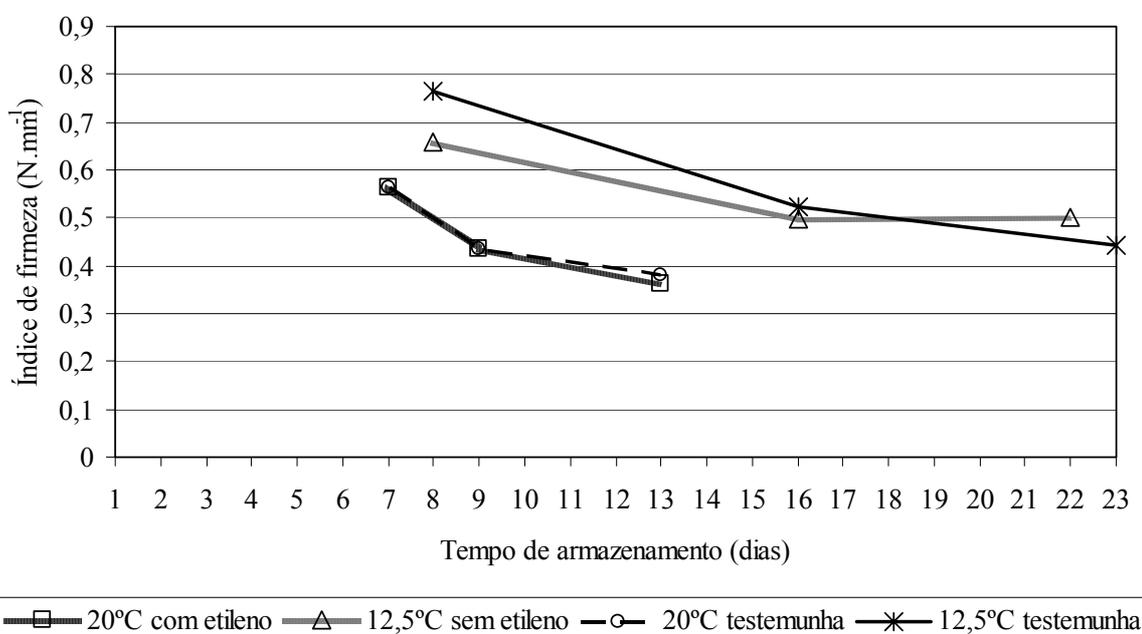


Figura 53 - Valores médios de índice de firmeza, tomates cultivar Andréa, ao longo do amadurecimento.

A temperatura de armazenamento e os estádios de amadurecimento foram fatores de influência para a cultivar Andréa quanto aos resultados de firmeza. As análises não mostraram nenhuma interação entre os fatores considerados.

Quanto maior a porcentagem de perda de massa nos frutos de tomate menos firme ele se tornará durante o seu amadurecimento. Os frutos que demonstraram maior perda de massa, com o armazenamento, foram os mantidos à temperatura de 20°C (menores índices de firmeza), para ambas as cultivares. Enquanto que frutos a 12,5°C resultaram em menor porcentagem de perda de massa, com maior firmeza durante o processo de amadurecimento.

As cultivares mostraram-se como um fator de influência nos resultados de firmeza para os tomates. O maior índice de firmeza foi encontrado para a cultivar Andréa com média de 0,51N.mm<sup>-1</sup> enquanto a cultivar Débora apresentou média de 0,46N.mm<sup>-1</sup>. Observou-se que a maior perda de massa aconteceu em tomates da cultivar Débora (média de 3,12% ao longo do amadurecimento, considerando todos os tratamentos), provavelmente esse fator pode ter contribuído para que os frutos dessa cultivar resultassem em frutos menos firmes.

Frutos que receberam aplicação de gás etileno, segundo MANZANO-MENDEZ et al. (1984) apresentaram menor firmeza para frutos mantidos a 20°C. Essa observação também foi verificada de maneira significativa para cultivar Débora e não significativa para cultivar Andréa.

A redução progressiva da firmeza verificada nas duas cultivares concorda com os resultados encontrados por HALL (1987), AHRENS e HUBER (1990), JACKMAN et al. (1990), CHOMCHALOW (1991) e BATU (2004). A queda do índice de firmeza foi apresentada principalmente após o aparecimento da pigmentação vermelha nos frutos de tomate. JACKMAN et al. (1990) armazenaram tomates a 22°C por 10 dias e a 6°C por 15 dias e constataram que a temperatura de armazenamento não influenciou nos resultados de firmeza, porém para o caso das cultivares Débora e Andréa pesquisadas nesse trabalho, a temperatura de armazenamento se mostrou um fator de influência sobre o índice de firmeza.

CHOMCHALOW (1991) descreveu que tomates considerados menos maduros tratados com etileno antes de serem armazenados, apresentaram menor firmeza que aqueles em estágio mais avançado de amadurecimento. Porém, quando a aplicação de etileno fez-se posterior ao início do armazenamento essa condição foi invertida. Isso, provavelmente deve-se à formação precoce dos lóculos (BRECHT, 1987; ANHRENS e HUBER, 1990).

## **5.9. ANÁLISE SENSORIAL**

A análise sensorial, para as duas cultivares foi realizada somente quando os frutos atingiram o estágio vermelho de amadurecimento.

### **5.9.1. Cultivar Débora**

Segundo os resultados da análise de variância os provadores não tiveram a percepção na distinção de frutos com e sem aplicação de etileno. Por meio de uma escala hedônica não estruturada de 9cm entre as âncoras, apresentada para o nível de acidez (zero, pouco ácido; nove, muito ácido), frutos com etileno receberam para acidez nível 3,15 e frutos testemunhas receberam 2,98, sem diferença significativa entre os níveis. Porém, os provadores notaram a diferença entre frutos armazenados a diferentes temperaturas. Os níveis de acidez apresentados, nesse caso, foram 3,54 para frutos a 12,5°C e 2,60 para frutos a 20°C, com diferença significativa entre eles (Figura 54).

Logo, de acordo com os resultados da análise sensorial, para a cultivar Débora, os frutos mais ácidos foram considerados aqueles sob a temperatura de 12,5°C, sem distinção entre frutos com e sem etileno. Correlacionando com a análise de pH, essa também mostrou influência do fator temperatura de armazenamento no nível de acidez. A média revelou que os frutos mais ácidos estavam nos tratamentos que permaneceram a temperatura inferior, conforme identificado pelos julgadores.

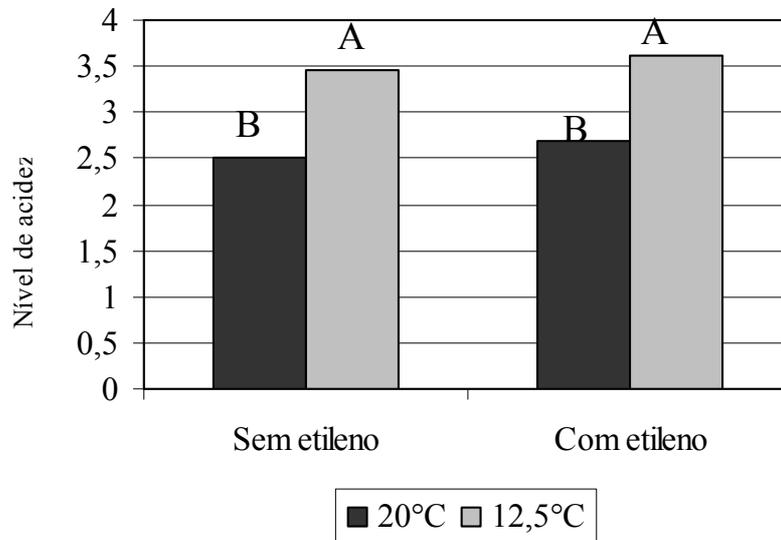


Figura 54 - Valores médios de níveis de acidez (escala de 0 a 9), cultivar Débora. Valores com letras iguais (para um mesmo tratamento – com ou sem etileno) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

O teste de aceitabilidade demonstrou que a temperatura de armazenamento e a aplicação de gás etileno não interferiram no julgamento dos provadores no momento de estabelecer uma nota para o tomate. No geral, as amostras apresentadas foram aprovadas conforme pode ser observado na Tabela 11. A escala hedônica considerada foi: 1 = gostei muitíssimo, 2 = gostei, 3 = não gostei/nem desgostei, 4 = desgostei e 5 = desgostei muitíssimo.

A maioria dos provadores estabeleceu nota 2 (Tabela 11), correspondendo a aceitação do produto exposto, com maior índice de aceitabilidade (50%) para frutos com aplicação de gás etileno e armazenados a 20°C. O caso de demonstração de rejeição (notas 4 e 5) foram obtidos de forma destacada para os frutos mantidos a 12,5°C, resultando em 19,9% para frutos a 12,5°C com etileno e 16,7% para frutos a 12,5°C sem etileno, quando somadas as porcentagens recebidas pelas notas 4 e 5.

Tabela 11 - Porcentagem de aceitação dos frutos apresentados, tomates cultivar Débora, no estágio vermelho de amadurecimento.

TRATAMENTOS	NOTAS <sup>1</sup>				
	1	2	3	4	5
20°C com etileno	20,0%	50,0%	20,0%	10,0%	0,0%
12,5°C com etileno	16,7%	46,7%	16,7%	16,7%	3,2%
20°C sem etileno	36,7%	26,7%	23,3%	13,3%	0,0%
12,5°C sem etileno	16,7%	43,3%	23,3%	6,7%	10,0%

<sup>1</sup> Notas: 1 = gostei muitíssimo, 2 = gostei, 3 = não gostei/nem desgostei, 4 = desgostei e 5 = desgostei muitíssimo.

### 5.9.1. Cultivar Andréa

A aplicação de gás etileno e a temperatura de armazenamento não influenciaram no julgamento dos provadores quanto a acidez e aceitabilidade dos tomates amostrados. Isso significa, que para a cultivar Andréa, os tratamentos realizados não interferiram no sabor do tomate. Os valores de acidez apresentados foram 2,82 e 2,28 para, respectivamente, frutos sem e com etileno. Diante do fator temperatura de armazenamento os valores apresentados foram 2,65 para frutos a 20°C e 2,45 para frutos a 12,5°C (Figura 55).

Embora sem apresentar diferença significativa, as amostras mais ácidas foram consideradas aquelas cujos frutos não receberam aplicação de gás etileno e permaneceram armazenados a 12,5°C.

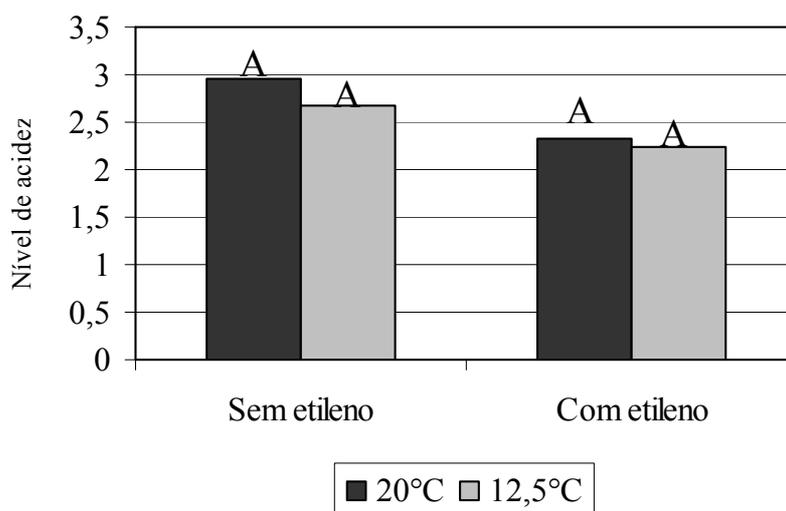


Figura 55 - Valores médios de níveis de acidez (escala de 0 a 9), cultivar Andréa. Valores com letras iguais (para um mesmo tratamento – com ou sem etileno) não apresentam diferença significativa, Tukey 5% de probabilidade.

O índice de aceitação para a cultivar Andréa também foi elevado (Tabela 12), no qual a maior porcentagem das amostras receberam nota 2. Os frutos que apresentaram maior rejeição pelos provadores (nota 4 e 5) foram os mantidos a 20°C sem etileno, alcançando 16,7% de não aceitação.

Tabela 12 - Porcentagem de aceitação dos frutos apresentados, tomates cultivar Andréa, no estágio vermelho de amadurecimento.

TRATAMENTOS	NOTAS <sup>1</sup>				
	1	2	3	4	5
<i>20°C com etileno</i>	23,3%	56,7%	10,0%	10,0%	0,0%
<i>12,5°C com etileno</i>	26,7%	60%	3,3%	10%	0,0%
<i>20°C sem etileno</i>	33,3%	36,7%	13,3%	10,0%	6,7%
<i>12,5°C sem etileno</i>	30,0%	50,0%	10,0%	10,0%	0,0%

<sup>1</sup> Notas: 1 = gostei muitíssimo, 2 = gostei, 3 = não gostei/nem desgostei, 4 = desgostei e 5 = desgostei muitíssimo.

Comparando-se as cultivares pesquisadas, não foi encontrada diferença significativa entre os níveis de acidez estabelecidos pelos julgadores, embora a cultivar Débora (média de 3,07) tenha sido identificada mais ácida que a cultivar Andréa (média de 2,55). O teste de aceitabilidade mostrou que a cultivar Andréa apresentou maior índice de aceitação (notas 1 e 2), alcançando 86,7% de aceitação para frutos mantidos a 12,5°C com aplicação de gás etileno, porém esse resultado deve considerar as características próprias de cada cultivar (teor de sólidos solúveis e relação SS/AT).

## 6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados experimentais apresentados, chegaram-se as seguintes conclusões:

- A aplicação de gás etileno e a temperatura de armazenamento tiveram efeito tanto na velocidade quanto na extensão das modificações da cor dos tomates;

- Tomates que receberam aplicação de gás etileno apresentaram maior uniformidade na coloração e resultaram em menor tempo de amadurecimento;

- Mudanças na coloração durante o amadurecimento do tomate foram resultado de alterações nos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , com maior importância para o valor de  $a^*$ , que relata a degradação da clorofila e síntese de licopeno;

- Os valores de croma e  $(a^*/b^*)^2$ , isoladamente, não se mostraram adequados para informar a evolução na cor dos frutos de tomate, uma vez que seus cálculos envolvem o quadrado do índice  $a^*$ , tornando positivo (representado pela cor vermelha) os valores negativos (cor verde), mascarando dessa forma os resultados;

- Para cultivar Débora, a aplicação de gás etileno interferiu de forma significativa nas seguintes variáveis:  $a^*$  e porcentagem de perda de massa (diminuiu em frutos tratados com etileno), sólidos solúveis e índice de firmeza (aumentou em frutos tratados com etileno). Para cultivar Andréa o etileno somente influenciou significativamente nos valores de  $b^*$ ;

- A temperatura de armazenamento influenciou significativamente as mesmas variáveis nas duas cultivares, sendo eles:  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ , porcentagem de perda de massa, pH, acidez titulável, índice de firmeza;

- Os diferentes estádios de amadurecimento influenciaram de forma significativa as mesmas variáveis nas duas cultivares, sendo:  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ , porcentagem de perda de massa, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, ácido ascórbico e índice de firmeza;

- As cultivares demonstraram diferenças entre valores de qualidade: acidez titulável, pH, sólidos solúveis, ácido ascórbico e índice de firmeza;

- Na análise sensorial, para as cultivares Débora e Andréa, o tratamento com gás etileno não influenciou os julgamentos dos provadores. Os tomates amostrados tiveram boa aceitabilidade dos provadores;

- Constata-se potencial de uso do gás etileno para a cultivar Débora, uma vez que apresentou maior resposta ao tratamento com etileno em termos de índices de coloração e variáveis de qualidade analisadas. A cultivar Andréa, pelas próprias características do fruto, é amplamente utilizado na confecção de molhos e tomate seco; baseando-se nos resultados encontrados a aplicação de gás etileno em frutos dessa cultivar pode não ser viável.

## **7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Estudo da viabilidade econômica do sistema de aplicação de gás etileno, considerando diferentes condições experimentais, tal como: variação no tempo de exposição dos frutos ao gás.

- Viabilidade de uso em outras cultivares de tomate.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B. **Ethylene in plant biology**. New York: Academic Press Inc., 1973. 302p.

AHRENS, M. J.; HUBER, D. J. Physiology and firmness determination of ripening tomato fruit. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.78, p.8-14, 1990.

ALEXANDER, L.; GRIERSON, D. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. **Journal of Experimental Botany**. Lancaster, v.53, n.377, p.2039-2055, 2002.

ANDRADE JÚNIOR, V. C. **Avaliação do potencial produtivo e da firmeza pós-colheita de frutos em híbridos de tomateiro**. 52p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

ANDREUCETTI, C.; FERREIRA, M. D.; GUITIERREZ, A. S. D.; TAVARES, M. Caracterização da comercialização de tomate de mesa na CEAGESP: perfil dos atacadistas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.328-333, abril-junho 2005.

AOAC. **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., 1984. p. 1058-1059.

ARPIA, M. L. Degreening citrus fruits. In: UC Davis, Postharvest technology: research an information center. **Management of Fruit Ripening**. Postharvest Horticulture, series n. 9, p. 94. abril, 2003.

ASAE STANDARS: ASAE S368.1. Compression test of food materials of convex shape. **ASAE STANDARS**. St Joseph, MI, 36, p. 368-371, 1989.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Livraria Novel, 1993. 114p.

BARRET, D. M.; GARCIA, E.; WAYNE, J. E. Textural modification of processing tomatoes. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.38, n.3, p.173-258, 1998.

BATU, A. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v.61, p.471-475, 2004.

BOURNE, M. C. A classification of objective methods of measuring texture and consistency of foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v.31, n.6, p.1011-1015, novembro-dezembro 1966.

BOURNE, M. C. Texture evaluation of horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v.15, n.1, p.51-56, fevereiro 1980.

BRECHT, J. K. Locular gel formation in developing tomato fruit and the initiation of ethylene production. **HortScience**, Alexandria, v.22, n.3, p.476-479, 1987.

BRECHT, P. E.; KENG, L.; BISOGNI, C. A.; MUNGER, H. M. Effect of fruit portion, stage of ripeness and growth habit on chemical composition of fresh tomatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v.41, n.4, p.945-948, julho-agosto 1976.

BROWN, J. W. Ethylene and tomato ripening. **Perishables Handling Newsletter**. n.81, 1995.

CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p.14-18, maio 1995.

CANTWELL, M. Optimum procedures for ripening tomatoes. In: UC Davis, Postharvest technology: research and information center. **Management of fruit ripening**. Postharvest Horticulture, series n. 9, p. 85-93, abril, 2003.

CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. **Análises Químicas de Alimentos** (Manual Técnico). Campinas: Biblioteca do ITAL, 1990.

CARVALHO, V. D.; SOUZA, S. M. C.; CHITARRA, M. I. F.; CARDOSO, D. A. M.; CHITARRA, A. B. Qualidade de tomates da cultivar Gigante Kada amadurecidos na planta e fora da planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.4, p.489-493, abril 1984.

CASTRO, L. R. **Influência de aspectos de classificação, embalagem e refrigeração na conservação pós-colheita de tomate “Santa Clara” e “Carmem”**. 159p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

CASTRO, V. A. S. P. T. **Controle do amadurecimento pós-colheita do tomate ‘Carmem’ tratado com ácido 2-cloroetil fosfônico**. 76p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CHOMCHALOW, S. **Storage conditions and timing of ethylene treatment affect ripening uniformity and marketability of tomato fruits**. 137p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – University of Florida, Florida, 1991.

CHOMCHALOW, S.; ASSI, N. M.; SARGENT, S. A.; BRECHT, J. K. Fruit maturity and timing of ethylene treatment affect storage performance of green tomatoes at chilling and nonchilling temperatures. **HortTechnology**, v.12, n.1, p.104-114, janeiro – março, 2002.

DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit – The influence of environment, nutrition and genotype. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.15, n.3, p.205-208, novembro 1981.

DAVIES, J. N.; WINSOR, G. W. Some effects of variety on the composition and quality of tomato fruit. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.44, n.3, p.331, julho 1969.

DODDS, G. T.; BROWN, J. W.; LUDFORD, P. M. Surface colour changes of tomato and other solaceous fruit during chilling. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.116, p.482-490, 1991.

D'SOUZA, M. C.; SINGHA, S.; INGLE, M. Lycopene concentration of tomato fruit can be estimated from chromaticity values. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.5, p.465-466, 1992.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Databases**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture>>. Acesso em 15 de junho de 2005.

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A.; PETTINELLI, M. L. C.; SILVA, M. A. A. P.; CHAVES, J. B. BARBOSA, E. M. M. **Análise sensorial: Testes Discriminativos e Afetivos**. Campinas, SP: SBCTA, 2000. 127p. (Manual: Série Qualidade).

FILGUEIRA, F. A. R. Tomate: a hortaliça cosmopolita. In: FILGUEIRA, F. A. R. (Ed.). **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. p.189-234.

FILGUEIRAS, H. A. C. **Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco 'alcobaça'**. 118p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 1996.

GALVIS-VANEGAS, J. A. **Fisiologia pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) cultivar Ângela**. 123p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Pós-Colheita) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas 1987.

GARCIA, J. L. M.; BERNHART, L. W.; SHIROSE, I. **Influência do ácido 2-cloroetilfosfônico (ETHREL) na maturação do tomate**. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, ITAL, n.53, p.141-157, setembro-outubro 1977.

GÓMEZ, R.; COSTA, J. AMO, M.; ALVARRUIZ, A.; PICAZO, M.; PARDO, J. E. Physicochemical and colorimetric evaluation of local varieties of tomato grow in SE Spain. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, p.1101-1105, 2004.

GOULD, W. A. Total acidity and pH. In: GOULD, W. A. **Tomato production, processing and quality evaluation**. Westport, Connecticut: Avi Publishing Company, Inc. 1974. p.268-276.

GULL, D. D. Ripening tomatoes with ethylene. **Vegetable crops fact sheet. VC-29**. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 4p. 1981a.

GULL, D. D. Utilization of the flow-through system for ripening initiation of tomatoes. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Florida, v.94, p.289-291, 1981b.

HALL, C. B. Firmness of tomato fruit tissues according to cultivar and ripeness. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.112, n.4, p.663-665, julho 1987.

HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C. Y. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. **USDA Handbook n.66**, 1986.

HOBSON, G. E. The short-term storage of tomato fruit. **Journal of Horticultural Science**, v.56, n.4, p.363-368, 1981.

HOBSON, G. E. Controlling the ripening of tomato fruit. **Span**, Foston, v.25, p.21-23, 1982.

HOBSON, G. E.; DAVIES, J. N. The tomato. In: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. Vol. 2. London: Academic Press Inc. Ltda., 1971. p.437-482.

HOBSON, G. E.; ADAMS, P.; DIXON, T. J. Assessing the color of tomato fruit during the ripening. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.34, p.286-292, 1983.

HOBSON, G. E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Eds.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p.405-442.

HONORIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. (Eds.) **Resfriamento de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 60-81.

IEA, Instituto de Economia Agrícola. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.iaea.sp.gov.br/out/ibcoiea.php>>. Acesso em 14 de junho de 2005.

JACKMAN, R. L.; MARANGONI, A. G.; STANLEY, D. W. Measurement of tomato fruit. **HortScience**, Alexandria, v.25, n.7, p.781-783. 1990.

KADER, A. A.; STEVENS, M. A.; ALBRIGHT-HOLTON, M.; MORRIS, L. L.; ALGAZI, M. Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.102, n.6, p.724-731, 1977.

KADER, A. A.; MORRIS, L. L.; STEVENS, M. A.; ALBRIGHT-HORTON, M. Composition and *flavor* quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.103, n.1, p.6-13, janeiro 1978.

KADER, A. A. Methods of gas mixing, sampling, and analysis. In: KADER, A. A. (Ed.) **Postharvest technology of horticultural crops**. Third Edition, University of California. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311, 2002. p. 145-148.

KADER, A. A.; MITCHAM, B.; HESS-PIERCE, B. Optimum procedures for ripening bananas. In: UC Davis, Postharvest technology: research and information center. **Management of Fruit Ripening**. Postharvest Horticulture, series n. 9, p. 32-35. abril, 2003.

KADER, A. A. Fruit Maturity, Ripening & Quality Relationships. In: UC Davis, **Management of Fruit Ripening**. Postharvest Horticulture, series n° 9. p. 3-7. April, 2003.

KAYS, S. J. Movement of gases, solvents, and solutes within harvested products and their exchange between the product and its external environment. In: KAYS, S. J. (Ed.). **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. p.409-455.

KIEBER, J. Etileno: o hormônio gasoso. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Eds.). **Fisiologia vegetal**. 3ªed. Porto Alegre: ARTMED Ed., 2004. p.541-559.

LANCASTER, J. E.; LISTER, C. E.; READY, P. F.; TRIGGS, C. M. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.122, n.4, p.594-598, 1997.

LÓPEZ CAMELO, A. F.; GÓMEZ, P. A. Comparison of color indexes for tomato ripening. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.534-537, julho-setembro 2004.

LUDFORD, P. M. Postharvest hormone changes in vegetables and fruit. In: DAVIES, P. J.(Ed.). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1987. p.574-592.

MALEWSKI, W.; MARKAKIS, P. Ascorbic acid content of the developing tomato fruit. **Journal of Food Science**, Chicago, v.36, p.537, 1971.

MANZANO-MENDES, J.; HICKS, J. R.; MASTER, J. F. Influence of storage temperature and ethylene on firmness, acids, and sugars of chilling-sensitive and chilling-tolerant tomato. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.109, n.2, p.273-277, 1984.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anexo XVII – Regulamento técnico de identificação e qualidade para a classificação do tomate, 2000. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/agrolegis/Imagem?codArquivo=2472>>. Acesso em 27 de janeiro de 2005.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas**. Disponível em: <[www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS)>. Acesso em 27 de janeiro de 2005.

MAPSON, L. W. Vitamins in fruits. In: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. Vol. 1. London: Academic Press Inc. Ltda., 1970. p.369-384.

MARCOS, S. K. **Desenvolvimento de tomate de mesa, com o uso do método QFD (Quality Function Deployment), comercializado em um supermercado**. 200p. Tese (Doutorado em Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

MASARIRAMBI, M. T.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; SIMS, C. A. Tomato color development following exposure to ethylene at high temperatures. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Florida, v.108, p.268-272, 1995.

MATTOO, A. K.; SUTTLE, J. C. **The plant hormone ethylene**. Florida: CRC Press Boca Raton, 1991. 337p.

MAUL, F.; SARGENTE, S. A.; SIMS, C.A.; BALDWIN, E. A.; BALADAN, M. O.; HUBER, D. J. Tomato flavor and aroma quality as affected by storage temperature. **Journal of Food Science**, Chicago, v.65, n.7, p.1228-1237, 2000.

McGLASSON, W. B. The ethylene factor. In.: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. Vol. 1. London: Academic Press Inc. Ltda., 1970. p.475-519.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.2, p. 254-1255, 1992.

McKEON, T. A.; YANG, S. F. Biosynthesis and metabolism of ethylene. In: DAVIES, P. J.(Ed.). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1987. p.94-112.

MEDINA, P. V. L.; MEDINA, R. M. T. Descrição bioquímica e fisiológica da maturação dos frutos do tomateiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.28, n.155, p.1-7, janeiro-fevereiro 1981.

MELO, P. C. T. Desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do tomate para consumo *in natura* no Brasil e os desafios do melhoramento genético. In: 43º Congresso Brasileiro de Olericultura, Mesa Redonda 4: Melhoramento genético de hortaliças e segurança alimentar. Recife, PE, 2003. Disponível em: <[www.tcagro.com.br/arquivos/TCA\\_Palestra.tomate.pdf](http://www.tcagro.com.br/arquivos/TCA_Palestra.tomate.pdf)>. Acesso em 01 de abril de 2005.

MENCARELLI, F.; SALTVEIT Jr., M. E. Ripening of mature green tomato fruit slices. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.113, n.5, p.742-7457, setembro 1988.

MILLER, A. R. Physiology, biochemistry and detection of bruising (mechanical stress) in fruits and vegetables. **Postharvest News and Information**, v.3, n.3, p.53-58, 1992.

MINAMI, K. **O tomateiro**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, 1988. 352p.

MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. 4ªed. Canada: Gordon and Breach Science Publishers Inc., 1996. 891p.

NELSON, G. O. **Controlled test atmospheres. Principles and techniques**. Livermore: University of California, Lawrence Radiation Laboratory, 1976. 247p.

NITSCH, J. P. Hormonal factors in growth and development. In: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. Vol. 1. London: Academic Press Inc. Ltda., 1970. p.427-472.

OLIVEIRA, J.B., CAMARGO, M.N., ROSSI, M., CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. IAC / Embrapa, 1999.

REID, M. S. Ethylene in plant growth, development and senescence. In: DAVIES, P. J.(Ed.). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1987. p.257-279.

REID, M. S. Biology of ethylene production and action. **Perishables Handling Newsletter**. Issue n.80, novembro, 1994.

REID, M. S. Ethylene in postharvest technology. In: KADER, A. A. (Ed). **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Third Edition, University of California. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311, 2002. p. 149-162.

REID, M. S. Biology of ethylene production and action. In: UC Davis, Postharvest technology: research an information center. **Management of Fruit Ripening**. Postharvest Horticulture, series n.9. p. 8-9, abril, 2003.

RESENDE, J. M.; CHITARRA, M. I.; MALUF, W. R.; CHITARRA, A. B.; SAGGIN Jr., O. J. Atividade de enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase durante o amadurecimento de tomates do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.206-201, abril-junho 2004.

SADLER, G. D.; MURPHY, P. A. pH and titratable acidity. In: NIELSEN, S. S. **Food analysis**. 2<sup>nd</sup> ed.. New York: Aspen Publishers, Inc.1998. p.99-117.

SALUNKHE, D. K.; BOLIN, H. R.; REDDY, N. R. **Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables**. 2ed. Boca Raton: CRC Press, Florida, v.1, 1991. 315p.

SALTVEIT, M. E. Jr.; DILLEY, D. R. Simple procedure for preparing dilute concentrations of ethylene in air or oxygen in high pressure cylinders. **HortScience**, Alexandria, v.12, n.3, p.252-253. 1977.

SALTVEIT, M. E. Jr. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.279-292, 1999.

SALTVEIT, M. E. Jr.; YANG, S. F. Ethylene. In: RIVIER, L.; CROZIER, A. (Eds.). **Principles and practice of plant hormone analysis**. London: Academic Press Inc., Biological Techniques Series, 1987. vol.2, p.367-401.

SAMS, C. E. Preharvest factors affecting postharvest texture. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.249-254, 1999.

SANTOS, A. M. Jr.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; LIMA, L. C. O.; CAMPOS, K. P.; LIMA, H. C.; ARAÚJO, F. M. M. Comportamento pós-colheita das características químicas, bioquímicas e físicas de frutos de tomateiros heterozigotos nos locos *alcobaça* e *ripening inhibitor*. **Ciência Agrotecnica.**, Lavras, v.27, n.4, p.749-757, julho-agosto 2003.

SAPERS, G. M.; PHILLIPS, J. G.; PANASIUK, O.; CARRE, J.; STONER, A. K. BARKSDALE, T. Factors affecting the acidity of tomatoes. **HortScience**, Virginia, v.13, n.2, p.187-189, 1978.

SHACKEL, K. A.; GREVE, L. C.; LABAVITCH, J. M.; AHMAD, H. Cell turgor changes associated with ripening in tomato pericarp tissue. **Plant Physiology**, Baltimore, v.97, n.2, p.814-816, outubro 1991.

SHERMAN, M. Control of ethylene in the postharvest environment. In: **Ethylene in postharvest biology and technology of horticultural crops**, **HortScience**, Alexandria, v.20, n.1, p.57-60, fevereiro 1985.

SHEWFELT, R. L.; BRUCKNER, B. (Eds.). **Fruit and vegetable quality. An integrated view**. Lancaster: Technomic Publishing Co., Inc. 2000. 330p.

SHEWFELT, R. L.; THAI, C. N.; DAVIS, J. W. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. **Journal of Food Science**, Chicago, v.53, n.5, p.1433-1437, 1988.

SILVA, R. C.; PINTO, M. M. Tomate: Oferta aumenta em fevereiro. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, CEPEA, p.6-7, janeiro-fevereiro 2005.

STEVENS, M. A. Tomato flavor: effects of genotype, cultural practises, and maturity at picking. In: PATEE, H. E. (Ed.). **Evaluation of quality of fruits and vegetables**. Westport: AVI Publ., 1985, 410p.

STEVENS, M. A; KADER, A. A.; ALBRIGHT-HOLTON, M.; ALGAZI, M. Genotypic variation for *flavor* and composition in fresh market tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.102, n.5, p.680-689, setembro 1977.

SUSLOW, T. V.; CANTWELL, M. Produce Facts Tomato: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. In: UC Davis, Postharvest technology: research an information center. **Management of Fruit Ripening**. Postharvest Horticulture, series n.9. p. 91-93, abril, 2003.

THOMPSON, J. F. Ripening Facilities. In: UC Davis, Postharvest technology: research an information center. **Management of Fruit Ripening**. Postharvest Horticulture, series n.9. p. 10-13, abril, 2003.

THOMPSON, J. F.; CRISOSTO, C. H. Handling at destination markets. In: KADER, A. A. (Ed). **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. Third Edition, University of California. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311, 2002. p. 271-277.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Eds.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p.01-51.

YOUNG, T. E.; JUVIK, J. A.; SULLIVAN, J. G. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.118, n.2, p.286-292, março 1993.

YOUNG, R. E.; BIALE, J. B. Carbon dioxide effects on fruits respiration. I: Measurement of oxygen uptake in continuous gas flow. **Plant Physiology**. California, L.A. p. 409-415, 1962.

# ANEXOS

---

## **ANEXO 01. NORMAS – CLASSIFICAÇÃO TOMATE**

Extraído do Anexo VXII – Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade para a Classificação do Tomate

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2000).

A classificação do tomate destinado ao consumo ao natural é feita atribuindo-se (1) grupos, (2) subgrupos, (3) classes ou calibres, (4) tipos ou graus de seleção ou categoria.

Neste trabalho foram consideradas as classificações 1, 2 e 3.

### **(1) GRUPOS**

De acordo com o formato do fruto, podem ser: oblongo ou redondo.

- Oblongo: quando o diâmetro longitudinal é maior que o diâmetro transversal,
- Redondo: quando o diâmetro longitudinal é menor ou igual ao diâmetro transversal.

### **(2) SUBGRUPOS**

De acordo com a coloração do fruto, em função do seu estágio de amadurecimento: verde-maduro, pintando, rosado, vermelho e vermelho maduro.

- Verde-maduro: quando evidencia-se o início de amarelecimento na região apical do fruto,
- Pintando (de vez): quando as cores amarelo, rosa ou vermelho encontram-se entre 10 e 30% da superfície do fruto,
- Rosado: quando 30 a 60% do fruto encontra-se com a coloração vermelha,
- Vermelho: quando o fruto apresenta entre 60 a 90% da sua superfície vermelha,
- Vermelho-maduro: quando mais de 90% da superfície do fruto encontra-se vermelha.



### (3) CLASSES OU CALIBRES

De acordo com o maior diâmetro transversal do fruto.

Para tomates oblongos: possuem três classes

- Grande: diâmetro maior que 60mm,
- Médio: diâmetro entre 50 e 60mm,
- Pequeno: diâmetro entre 40 e 50mm.

Para tomates redondos: possuem quatro classes

- Gigante: diâmetro maior que 100mm,
- Grande: diâmetro entre 80 e 100mm,
- Médio: diâmetro entre 65 e 80mm,
- Pequeno: diâmetro entre 50 e 65mm.

## ANEXO 02. RESUMO DOS RESULTADOS

Tabela 13 - Valores médios, desvios padrões e coeficientes de variação dos tratamentos, tomates cv. Débora, para as variáveis analisadas.

VARIÁVEL	TRATAMENTOS				
	<i>Com etileno</i>		<i>Sem etileno</i>		
	20°C	12,5°C	20°C	12,5°C	
<b>TA<sup>1</sup></b>	14	23	16	24	
<b>L*</b>	<b>Média</b>	53,96 a <sup>2</sup>	52,66 a	53,82 a	51,89 a
	<b>DP</b>	2,01	1,94	2,10	1,91
	<b>CV %</b>	3,72	3,69	3,90	3,68
<b>a*</b>	<b>Média</b>	19,89 a	17,32 a	18,54 a	16,57 a
	<b>DP</b>	2,49	2,41	2,51	2,52
	<b>CV %</b>	12,51	13,93	13,56	15,19
<b>b*</b>	<b>Média</b>	36,19 a	36,23 a	34,95 a	33,46 a
	<b>DP</b>	2,00	1,38	2,00	1,45
	<b>CV %</b>	5,52	3,80	5,71	4,34
<b>a*/b*</b>	<b>Média</b>	0,63 a	0,63 a	0,63 a	0,68 a
	<b>DP</b>	0,08	0,07	0,10	0,09
	<b>CV %</b>	13,12	11,62	15,56	13,42
<b>(a*/b*)<sup>2</sup></b>	<b>Média</b>	0,73 a	0,90 a	0,80 a	1,15 a
	<b>DP</b>	0,12	0,10	0,14	0,15
	<b>CV %</b>	16,65	11,64	17,30	12,83
<b>Hue</b>	<b>Média</b>	62,21 a	64,24 a	61,52 a	61,27 a
	<b>DP</b>	3,89	2,92	3,68	2,94
	<b>CV %</b>	6,26	4,54	5,99	4,80

Tabela 14 - Valores médios, desvios padrões e coeficientes de variação dos tratamentos, tomates cv. Andréa, para as variáveis analisadas.

VARIÁVEL	TRATAMENTOS				
	<i>Com etileno</i>		<i>Sem etileno</i>		
	20°C	12,5°C	20°C	12,5°C	
<b>TA</b>	13	22	13	23	
<b>L*</b>	<b>Média</b>	52,27 a	52,58 a	53,35 a	52,26 a
	<b>DP</b>	2,15	1,81	1,98	2,16
	<b>CV %</b>	4,11	3,44	3,71	4,13
<b>a*</b>	<b>Média</b>	17,20 a	15,99 a	17,84 a	15,85 a
	<b>DP</b>	1,89	1,80	2,24	1,95
	<b>CV %</b>	10,98	11,23	12,53	12,29
<b>b*</b>	<b>Média</b>	37,08 a	40,10 b	36,91 a	36,51 a
	<b>DP</b>	2,29	1,73	2,05	2,35
	<b>CV %</b>	6,17	4,31	5,55	6,44
<b>a*/b*</b>	<b>Média</b>	0,65 a	0,45 a	0,59 a	0,53 a
	<b>DP</b>	0,07	0,05	0,08	0,07
	<b>CV %</b>	10,54	12,14	12,89	13,81
<b>(a*/b*)<sup>2</sup></b>	<b>Média</b>	0,70 a	0,48 a	0,72 a	0,67 a
	<b>DP</b>	0,10	0,07	0,12	0,10
	<b>CV %</b>	14,69	14,49	16,23	15,30
<b>Hue</b>	<b>Média</b>	63,31 a	68,84 a	63,16 a	64,70 a
	<b>DP</b>	2,47	2,18	2,88	2,56
	<b>CV %</b>	3,90	3,17	4,56	3,96

VARIÁVEL	TRATAMENTOS				
	<i>Com etileno</i>		<i>Sem etileno</i>		
	20°C	12,5°C	20°C	12,5°C	
<b>Croma</b>	<b>Média</b>	44,91 a	44,09 a	43,76 ab	42,27 b
	<b>DP</b>	1,96	1,47	1,46	1,48
	<b>CV %</b>	4,37	3,33	3,34	3,50
<b>%PM</b>	<b>Média</b>	2,14 a	1,38 a	3,90 b	1,33 a
	<b>DP</b>	0,36	0,88	1,52	0,30
	<b>CV %</b>	16,85	63,88	38,89	22,20
<b>pH</b>	<b>Média</b>	4,10 a	4,04 bc	4,09 ac	4,03 b
	<b>DP</b>	0,07	0,06	0,06	0,07
	<b>CV %</b>	1,66	1,42	1,46	1,65
<b>AT</b>	<b>Média</b>	0,35 a	0,37 b	0,33 a	0,38 b
	<b>DP</b>	0,04	0,05	0,03	0,05
	<b>CV %</b>	10,25	14,51	10,42	13,25
<b>SS</b>	<b>Média</b>	4,60 a	4,34 b	4,23 b	4,30 b
	<b>DP</b>	0,42	0,49	0,40	0,41
	<b>CV %</b>	9,09	11,31	9,54	9,64
<b>SS/AT</b>	<b>Média</b>	13,27 a	11,86 b	12,94 a	11,72 b
	<b>DP</b>	1,67	1,89	1,58	1,72
	<b>CV %</b>	12,61	15,93	12,22	14,68
<b>AA</b>	<b>Média</b>	12,78 a	13,05 a	12,62 a	12,72 a
	<b>DP</b>	2,49	2,43	2,69	2,47
	<b>CV %</b>	19,46	18,62	21,29	19,42
<b>FIRM</b>	<b>Média</b>	0,50 a	0,62 ab	0,61 a	0,73 b
	<b>DP</b>	0,09	0,14	0,13	0,15
	<b>CV %</b>	18,46	22,09	21,39	20,35

VARIÁVEL	TRATAMENTOS				
	<i>Com etileno</i>		<i>Sem etileno</i>		
	20°C	12,5°C	20°C	12,5°C	
<b>Croma</b>	<b>Média</b>	45,21 a	47,15 b	45,14 a	44,38 a
	<b>DP</b>	2,20	1,73	2,02	2,16
	<b>CV %</b>	4,86	3,67	4,48	4,86
<b>%PM</b>	<b>Média</b>	2,41 a	1,09 b	2,80 a	1,33 b
	<b>DP</b>	1,30	0,42	2,61	1,10
	<b>CV %</b>	53,91	38,30	93,10	82,68
<b>pH</b>	<b>Média</b>	3,96 a	3,92 a	3,96 a	3,94 a
	<b>DP</b>	0,09	0,09	0,11	0,10
	<b>CV %</b>	2,32	2,20	2,68	2,61
<b>AT</b>	<b>Média</b>	0,40 ab	0,42 b	0,38 a	0,41 b
	<b>DP</b>	0,06	0,07	0,07	0,08
	<b>CV %</b>	15,00	16,08	17,75	18,37
<b>SS</b>	<b>Média</b>	4,79 a	4,84 a	4,74 a	4,85 a
	<b>DP</b>	0,51	0,51	0,55	0,58
	<b>CV %</b>	10,75	10,58	11,70	12,05
<b>SS/AT</b>	<b>Média</b>	12,31 ab	11,81 a	13,02 b	12,36 ab
	<b>DP</b>	1,97	2,02	2,47	2,32
	<b>CV %</b>	15,97	17,08	18,93	18,79
<b>AA</b>	<b>Média</b>	15,36 a	14,81 a	15,19 a	16,07 a
	<b>DP</b>	2,92	2,29	2,79	2,82
	<b>CV %</b>	19,01	15,46	18,33	17,53
<b>FIRM</b>	<b>Média</b>	0,45 a	0,55 b	0,46 a	0,58 b
	<b>DP</b>	0,07	0,08	0,10	0,11
	<b>CV %</b>	15,77	14,05	22,36	18,25

<sup>1</sup> TA = Tempo de armazenamento em dias,  
%PM = Porcentagem de perda de massa,  
AT = Acidez titulável em g.100g<sup>-1</sup>,  
SS = Sólidos solúveis em °Brix,  
SS/AT = relação sólidos solúveis e acidez titulável,

AA = Ácido ascórbico em mg.100g<sup>-1</sup> e,  
FIRM = Índice de firmeza em N.mm<sup>-1</sup>.  
<sup>2</sup> Valores com letras iguais (na mesma linha) não apresentam  
diferença significativa para os tratamentos, Tukey 5% de  
probabilidade.

### ANEXO 03. ANÁLISES ESTATÍSTICAS DÉBORA

Análise de um experimento fatorial 2 X 5 X 2

FATOR A = Aplicação de gás etileno

FATOR B = Estádios de amadurecimento

FATOR C = Temperatura de armazenamento

Tabela 15 - Análise de variância para % de perda de massa, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	31,3048	31,3048	22,77
FATOR B	4	467,477	116,869	85,00
FATOR C	1	114,729	114,729	83,44
FATOR A X B	4	18,7006	4,6751	4,80
FATOR A X C	1	34,6411	34,5411	35,55
FATOR B X C	4	72,8096	18,2024	18,68
RESÍDUO	284	276,708	0,9743	

Tabela 16 - Teste de Tukey para as médias, % perda de massa, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	2,0590 a	Verde-maduro	0,0
Com etileno	1,4129 b	Pintando	1,1684 a
FATOR C	MÉDIA	Rosado	1,5615 a
Frutos a 12,5°C	1,1176 a	Vermelho	2,1519 b
Frutos a 20°C	2,3544 b	Vermelho-maduro	3,7980 c

Tabela 17 - Análise de variância para acidez titulável, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,0053	0,0053	2,27
FATOR B	4	0,0935	0,0234	10,08
FATOR C	1	0,0900	0,0900	38,83
FATOR A X B	4	0,0349	0,0087	4,31
FATOR A X C	1	0,0111	0,0111	5,48
FATOR B X C	4	0,0527	0,0132	6,51
RESÍDUO	280	0,5672	0,0020	

Tabela 18 - Teste de Tukey para as médias, acidez titulável, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	0,3536 a	Verde-maduro	0,3432 ab
Com etileno	0,36199 a	Pintando	0,3563 ab
FATOR C	MÉDIA	Rosado	0,3872 c
Frutos a 12,5°C	0,3751 a	Vermelho	0,3652 bc
Frutos a 20°C	0,3405 b	Vermelho-maduro	0,3372 a

Tabela 19 - Análise de variância para pH, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,0140	0,0140	1,92
FATOR B	4	3,1490	0,7873	108,18
FATOR C	1	0,2815	0,2815	38,68
FATOR A X B	4	0,2476	0,0619	14,30
FATOR A X C	1	0,00004	0,00004	0,01
FATOR B X C	4	0,4681	0,1170	27,03
RESÍDUO	280	1,2123	0,0043	

Tabela 20 - Teste de Tukey para as médias, pH, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	4,06 a	Verde-maduro	4,27 a
Com etileno	4,07 a	Pintando	4,03 b
FATOR C	MÉDIA	Rosado	4,00 b
Frutos a 12,5°C	4,03 a	Vermelho	4,02 b
Frutos a 20°C	4,09 b	Vermelho-maduro	4,00 b

Tabela 21 - Análise de variância para sólidos solúveis, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	3,2033	3,2033	14,30
FATOR B	4	14,7179	3,6795	16,42
FATOR C	1	0,6075	0,6075	2,71
FATOR A X B	4	1,5946	0,3986	2,02
FATOR A X C	1	2,0833	2,0833	10,57
FATOR B X C	4	2,2071	0,5518	2,80
RESÍDUO	280	55,2	0,1971	

Tabela 22 - Teste de Tukey para as médias, sólidos solúveis, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	4,26 a	Verde-maduro	4,79 a
Com etileno	4,47 b	Pintando	4,24 b
FATOR C	MÉDIA	Rosado	4,35 b
Frutos a 12,5°C	4,32 a	Vermelho	4,30 b
Frutos a 20°C	4,41 a	Vermelho-maduro	4,16 b

Tabela 23 - Análise de variância para a relação SS/AT, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	4,2264	4,2264	1,16
FATOR B	4	250,445	62,6114	17,18
FATOR C	1	129,907	129,907	35,64
FATOR A X B	4	31,6037	7,9009	2,45
FATOR A X C	1	0,6805	0,6805	0,21
FATOR B X C	4	120,024	30,0051	9,31
RESÍDUO	293	915,649	3,2241	

Tabela 24 - Teste de Tukey para as médias, relação SS/AT, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	12,33 a	Verde-maduro	14,14 a
Com etileno	12,57 a	Pintando	12,03 bc
FATOR C	MÉDIA	Rosado	11,42 b
Frutos a 12,5°C	11,79 a	Vermelho	12,17 bc
Frutos a 20°C	13,11 b	Vermelho-maduro	12,50 c

Tabela 25 - Análise de variância para ácido ascórbico, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	4,4145	4,4145	0,57
FATOR B	4	1653,67	413,419	53,19
FATOR C	1	2,5214	2,5214	0,32
FATOR A X B	4	173,93	43,4825	6,47
FATOR A X C	1	0,5521	0,5521	0,08
FATOR B X C	4	212,685	53,1713	7,91
RESÍDUO	280	1882,72	6,7241	

Tabela 26 - Teste de Tukey para as médias, ácido ascórbico, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	12,67 a	Verde-maduro	8,53 a
Com etileno	12,91 a	Pintando	13,63 b
FATOR C	MÉDIA	Rosado	12,15 c
Frutos a 12,5°C	12,88 a	Vermelho	14,81 b
Frutos a 20°C	12,70 a	Vermelho-maduro	14,83 b

Tabela 27 - Análise de variância para índice de firmeza, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,9239	0,9239	39,12
FATOR B	4	16,9991	4,2498	179,96
FATOR C	1	1,0365	1,0365	43,89
FATOR A X B	4	0,6670	0,1667	8,05
FATOR A X C	1	0,0008	0,0008	0,04
FATOR B X C	4	0,3720	0,0930	4,49
RESÍDUO	284	5,8794	0,0207	

Tabela 28 - Teste de Tukey para as médias, firmeza, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	0,67 a	Verde-maduro	1,04 a
Com etileno	0,56 b	Pintando	0,67 b
FATOR C	MÉDIA	Rosado	0,57 c
Frutos a 12,5°C	0,67 a	Vermelho	0,44 d
Frutos a 20°C	0,56 b	Vermelho-maduro	0,36 e

Tabela 29 - Análise de variância para a\*/b\*, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,0517	0,0517	1,73
FATOR B	4	135,301	33,8252	1128,50
FATOR C	1	0,0605	0,0605	2,02
FATOR A X B	4	1,1939	0,2985	33,58
FATOR A X C	1	0,0623	0,0623	7,00
FATOR B X C	4	4,8465	1,2112	136,30
RESÍDUO	280	2,4890	0,0089	

Tabela 30 - Teste de Tukey para as médias, a\*/b\*, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	0,65 a	Verde-maduro	-0,25 a
Com etileno	0,63 a	Pintando	0,24 b
FATOR C	MÉDIA	Rosado	0,46 c
Frutos a 12,5°C	0,66 a	Vermelho	1,08 d
Frutos a 20°C	0,63 b	Vermelho-maduro	1,68 e

Tabela 31 - Análise de variância para (a\*/b\*)<sup>2</sup>, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	1,9489	1,9489	9,72
FATOR B	4	355,182	88,7954	442,73
FATOR C	1	5,0545	5,0545	25,20
FATOR A X B	4	4,1125	1,0281	31,13
FATOR A X C	1	0,6573	0,6573	19,90
FATOR B X C	4	44,6155	11,1539	337,71
RESÍDUO	284	9,3799	0,0330	

Tabela 32 - Teste de Tukey para as médias,  $(a^*/b^*)^2$ , cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	0,97 a	Verde-maduro	0,06 a
Com etileno	0,81 b	Pintando	0,08 a
FATOR C	MÉDIA	Rosado	0,23 b
Frutos a 12,5°C	1,02 a	Vermelho	1,20 c
Frutos a 20°C	0,76 b	Vermelho-maduro	2,89 d

Tabela 33 - Análise de variância para hue, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	248,972	248,972	7,14
FATOR B	4	210941,0	52735,2	1511,86
FATOR C	1	60,6475	60,6475	1,74
FATOR A X B	4	2224,69	556,172	36,33
FATOR A X C	1	96,8191	96,8191	6,32
FATOR B X C	4	3521,12	880,281	57,51
RESÍDUO	280	4286,19	15,3078	

Tabela 34 - Teste de Tukey para as médias, hue, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	61,40 a	Verde-maduro	86,49 a

Com etileno	63,22 b	Pintando	85,53 a
FATOR C	MÉDIA	Rosado	77,43 b
Frutos a 12,5°C	62,76 a	Vermelho	41,26 c
Frutos a 20°C	61,86 a	Vermelho-maduro	20,84 d

Tabela 35 - Análise de variância para croma, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	158,173	158,173	25,17
FATOR B	4	3136,0	790,749	125,82
FATOR C	1	105,64	105,64	16,81
FATOR A X B	4	204,744	51,1861	18,44
FATOR A X C	1	9,8535	9,8535	3,55
FATOR B X C	4	792,785	198,196	71,40
RESÍDUO	280	777,284	2,7760	

Tabela 36 - Teste de Tukey para as médias, croma, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	43,05 a	Verde-maduro	40,09 a
Com etileno	44,50 b	Pintando	42,69 b
FATOR C	MÉDIA	Rosado	44,19 c
Frutos a 12,5°C	43,18 a	Vermelho	49,71 d
Frutos a 20°C	44,37 b	Vermelho-maduro	42,18 b

#### ANEXO 04. ANÁLISES ESTATÍSTICAS ANDREA

Análise de um experimento fatorial 2 X 5 X 2

FATOR A = Aplicação de gás etileno

FATOR B = Estádios de amadurecimento

FATOR C = Temperatura de armazenamento

Tabela 37 - Análise de variância para % de perda de massa, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	4,3785	4,3785	1,95
FATOR B	4	339,181	84,7952	37,69
FATOR C	1	90,2712	90,2712	40,12
FATOR A X B	4	3,2582	0,8145	0,37
FATOR A X C	1	0,4212	0,4212	0,19
FATOR B X C	4	31,9308	7,9827	3,64
RESÍDUO	284	623,652	2,1960	

Tabela 38 - Teste de Tukey para as médias, % perda de massa, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	1,65 a	Verde-maduro	0,00
Com etileno	1,41 a	Pintando	1,01 a
FATOR C	MÉDIA	Rosado	1,37 a
Frutos a 12,5°C	0,99 a	Vermelho	2,14 b
Frutos a 20°C	2,08 b	Vermelho-maduro	3,16 c

Tabela 39 - Análise de variância para acidez titulável, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,0197	0,0197	3,74
FATOR B	4	0,2452	0,0613	11,64
FATOR C	1	0,0582	0,0582	11,06
FATOR A X B	4	0,1148	0,0287	6,24
FATOR A X C	1	0,0022	0,0022	0,48
FATOR B X C	4	0,1223	0,0307	6,68
RESÍDUO	280	1,2878	0,0046	

Tabela 40 - Teste de Tukey para as médias, acidez titulável, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	0,39 a	Verde-maduro	0,37 a
Com etileno	0,41 a	Pintando	0,39 ab
FATOR C	MÉDIA	Rosado	0,38 a
Frutos a 12,5°C	0,41 a	Vermelho	0,45 c
Frutos a 20°C	0,38 b	Vermelho-maduro	0,41 bc

Tabela 41 - Análise de variância para pH, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,0111	0,0111	1,03
FATOR B	4	6,1954	1,5488	143,35
FATOR C	1	0,0568	0,0568	5,26
FATOR A X B	4	0,0760	0,0190	1,82
FATOR A X C	1	0,0035	0,0035	0,34
FATOR B X C	4	0,1420	0,0355	3,39
RESÍDUO	280	2,9306	0,0104	

Tabela 42 - Teste de Tukey para as médias, pH, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	3,94 a	Verde-maduro	4,19 a
Com etileno	3,94 a	Pintando	4,00 b
FATOR C	MÉDIA		
Frutos a 12,5°C	3,93 a	Vermelho	3,78 d
Frutos a 20°C	3,96 b	Vermelho-maduro	3,83 e

Tabela 43 - Análise de variância para sólidos solúveis, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,0208	0,0208	0,06
FATOR B	4	33,0783	8,2696	23,72
FATOR C	1	0,5208	0,5208	1,49
FATOR A X B	4	2,6917	0,6729	2,21
FATOR A X C	1	0,0533	0,0533	0,18
FATOR B X C	4	13,4667	3,3667	11,08
RESÍDUO	280	85,075	0,3038	

Tabela 44 - Teste de Tukey para as médias, sólidos solúveis, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	4,80 a	Verde-maduro	4,73 a
Com etileno	4,81 a	Pintando	4,55 ab
FATOR C	MÉDIA		
Frutos a 12,5°C	4,85 a	Vermelho	5,11 c
Frutos a 20°C	4,77 a	Vermelho-maduro	5,26 c

Tabela 45 - Análise de variância para a relação SS/AT, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	29,7274	29,7274	5,43
FATOR B	4	128,635	32,1585	5,87
FATOR C	1	25,3981	25,3981	4,64
FATOR A X B	4	96,7675	24,1919	4,64
FATOR A X C	1	0,5689	0,5689	0,11
FATOR B X C	4	27,1499	6,7875	1,30
RESÍDUO	284	1479,36	5,2090	

Tabela 46 - Teste de Tykey para as médias, relação SS/AT, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	12,69 a	Verde-maduro	13,36 a
Com etileno	12,06 b	Pintando	11,98 bc
FATOR C	MÉDIA		
Frutos a 12,5°C	12,08 a	Vermelho	11,68 c
Frutos a 20°C	12,66 b	Vermelho-maduro	12,93 ab

Tabela 47 - Análise de variância para ácido ascórbico, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	22,5024	22,5024	2,64
FATOR B	4	2130,52	532,63	62,60
FATOR C	1	1,9653	1,9653	0,23
FATOR A X B	4	82,953	20,7383	2,72
FATOR A X C	1	38,6923	38,6923	5,07
FATOR B X C	4	157,738	39,4345	5,17
RESÍDUO	280	2136,83	7,6315	

Tabela 48 - Teste de Tukey para as médias, ácido ascórbico, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	15,63 a	Verde-maduro	11,53 a
Com etileno	15,06 a	Pintando	14,54 b
FATOR C	MÉDIA	Rosado	14,18 b
Frutos a 12,5°C	15,44 a	Vermelho	17,33 c
Frutos a 20°C	15,28 a	Vermelho-maduro	19,22 d

Tabela 49 - Análise de variância para índice de firmeza, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,0095	0,0095	1,05
FATOR B	4	1,5169	0,7585	84,56
FATOR C	1	0,5208	0,5208	58,06
FATOR A X B	4	0,0389	0,0194	2,22
FATOR A X C	1	0,0042	0,0042	0,48
FATOR B X C	4	0,0397	0,0198	2,27
RESÍDUO	170	1,4868	0,0087	

Tabela 50 - Teste de Tukey para as médias, firmeza, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	0,52 a	Verde-maduro	-
Com etileno	0,50 a	Pintando	-
FATOR C	MÉDIA	Rosado	0,54 a
Frutos a 12,5°C	0,56 a	Vermelho	0,47 b
Frutos a 20°C	0,46 b	Vermelho-maduro	0,42 c

Tabela 51 - Análise de variância para a\*/b\*, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,1987	0,1987	25,21
FATOR B	4	102,73	25,6825	3257,46
FATOR C	1	0,6415	0,6415	81,36
FATOR A X B	4	0,2567	0,0642	12,63
FATOR A X C	1	0,0752	0,0752	14,79
FATOR B X C	4	0,3244	0,0811	15,96
RESÍDUO	280	1,4231	0,0051	

Tabela 52 - Teste de Tukey para as médias, a\*/b\*, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	0,56 a	Verde-maduro	-0,23 a
Com etileno	0,51 b	Pintando	0,05 b
FATOR C	MÉDIA	Rosado	0,46 c
Frutos a 12,5°C	0,49 a	Vermelho	1,12 d
Frutos a 20°C	0,58 b	Vermelho-maduro	1,28 e

Tabela 53 - Análise de variância para (a\*/b\*)<sup>2</sup>, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,9089	0,9089	26,77
FATOR B	4	139,497	34,8744	1027,10
FATOR C	1	1,3692	1,3692	40,32
FATOR A X B	4	1,5574	0,3894	19,61
FATOR A X C	1	0,5843	0,5843	29,43
FATOR B X C	4	2,1685	0,5421	27,31
RESÍDUO	284	5,6384	0,0198	

Tabela 54 - Teste de Tukey para as médias,  $(a^*/b^*)^2$ , cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	0,69 a	Verde-maduro	0,05 a
Com etileno	0,58 b	Pintando	0,08 a
FATOR C	MÉDIA	Rosado	0,23 b
Frutos a 12,5°C	0,57 a	Vermelho	1,25 c
Frutos a 20°C	0,71 b	Vermelho-maduro	1,66 d

Tabela 55 - Análise de variância para hue, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIACÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	344,237	344,237	21,15
FATOR B	4	179090,0	44772,4	2750,86
FATOR C	1	937,954	937,954	57,63
FATOR A X B	4	560,496	140,124	15,51
FATOR A X C	1	298,608	298,608	33,05
FATOR B X C	4	981,269	245,317	27,15
RESÍDUO	280	2530,15	9,0362	

Tabela 56 - Teste de Tukey para as médias, hue, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	63,93 a	Verde-maduro	86,96 a

Com etileno	66,08 b	Pintando	89,55 b
FATOR C	MÉDIA	Rosado	77,24 c
Frutos a 12,5°C	66,77 a	Vermelho	39,19 d
Frutos a 20°C	63,24 b	Vermelho-maduro	32,07 e

Tabela 57 - Análise de variância para croma, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIACÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	149,797	149,797	22,51
FATOR B	4	871,917	217,979	32,75
FATOR C	1	25,9315	25,9315	3,90
FATOR A X B	4	31,5652	7,8913	1,82
FATOR A X C	1	136,463	136,463	31,50
FATOR B X C	4	510,41	127,603	29,46
RESÍDUO	280	1212,9	4,3318	

Tabela 58 - Teste de Tukey para as médias, croma, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	44,76 a	Verde-maduro	42,70 a
Com etileno	46,18 b	Pintando	44,84 b
FATOR C	MÉDIA	Rosado	45,46 b
Frutos a 12,5°C	45,76 a	Vermelho	47,73 c
Frutos a 20°C	45,18 b	Vermelho-maduro	46,63 d

## ANEXO 05. CORRELAÇÃO ENTRE AS CULTIVARES

FATOR A = Aplicação de gás etileno

FATOR B = Estádios de amadurecimento

FATOR C = Temperatura de armazenamento

FATOR D = Cultivar

Tabela 59 - Análise de variância para % perda de massa, correlação entre cultivares.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR D	1	6,0786	6,0786	3,75
FATOR A X D	1	6,1341	6,1341	3,78
FATOR B X D	4	8,1681	2,0420	1,26
FATOR C X D	1	0,7321	0,7321	0,45
RESÍDUO	577	935,908	1,6220	

Tabela 60 - Teste de Tukey para as médias, % perda de massa, correlação entre cultivares.

FATOR A	MÉDIA
Cv. Débora	1,74 a
Cv. Andrea	1,53 a

Tabela 61 - Análise de variância para acidez titulável, correlação entre cultivares.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR D	1	0,2643	0,2643	76,60
FATOR A X D	1	0,0023	0,0023	0,67
FATOR B X D	4	0,1752	0,0438	12,69
FATOR C X D	1	0,0017	0,0017	0,50
RESÍDUO	577	1,9907	0,0034	

Tabela 62 - Teste de Tukey para as médias, acidez titulável, correlação entre cultivares.

FATOR A	MÉDIA
Cv. Débora	0,36 a
Cv. Andrea	0,40 b

Tabela 63 - Análise de variância para pH, correlação entre cultivares.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR D	1	2,1456	2,1456	268,58
FATOR A X D	1	0,0251	0,0251	3,14
FATOR B X D	4	0,9012	0,2253	28,20
FATOR C X D	1	0,0427	0,0427	5,34
RESÍDUO	577	4,6094	0,0080	

Tabela 64 - Teste de Tukey para as médias, pH, correlação entre cultivares.

FATOR A	MÉDIA
Cv. Débora	4,06 a
Cv. Andrea	3,94 b

Tabela 65 - Análise de variância para sólidos solúveis, correlação entre cultivares.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR D	1	28,8204	28,8204	103,87
FATOR A X D	1	1,3537	1,3537	4,88
FATOR B X D	4	30,5015	7,6254	27,48
FATOR C X D	1	1,1268	1,1268	4,06
RESÍDUO	577	160,097	0,2775	

Tabela 66 - Teste de Tukey para as médias, sólidos solúveis, correlação entre cultivares.

FATOR A	MÉDIA
Cv. Débora	4,37 a
Cv. Andrea	4,81 b

Tabela 67 - Análise de variância para a relação SS/AT, correlação entre cultivares.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR D	1	0,8625	0,8625	0,19
FATOR A X D	1	28,1858	28,1858	6,41
FATOR B X D	4	37,2441	9,3110	2,12
FATOR C X D	1	20,2123	20,2123	4,60
RESÍDUO	577	2537,44	4,3976	

Tabela 68 - Teste de Tukey para as médias, relação SS/AT, correlação entre cultivares.

FATOR A	MÉDIA
Cv. Débora	12,45 a
Cv. Andrea	12,37 a

Tabela 69 - Análise de variância para ácido ascórbico, correlação entre cultivares.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR D	1	988,862	988,862	128,77
FATOR A X D	1	23,4253	23,4253	3,05
FATOR B X D	4	199,025	49,7564	6,48
FATOR C X D	1	0,0173	0,0173	0,00
RESÍDUO	577	4430,98	7,6793	

Tabela 70 - Teste de Tukey para as médias, ácido ascórbico, correlação entre cultivares.

FATOR A	MÉDIA
Cv. Débora	12,79 a
Cv. Andrea	15,36 b

Tabela 71 - Análise de variância para índice de firmeza, correlação entre cultivares.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR D	1	0,2733	0,2733	28,47
FATOR A X D	1	0,0503	0,0503	5,77
FATOR B X D	4	0,0164	0,0082	0,94
FATOR C X D	1	0,0012	0,0012	0,13
RESÍDUO	345	3,0095	0,0087	

Tabela 72 - Teste de Tukey para as médias, firmeza, correlação entre cultivares.

FATOR A	MÉDIA
Cv. Débora	0,45 a
Cv. Andrea	0,51 b

Tabela 73 - Análise de variância para a\*/b\*, correlação entre cultivares.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR D	1	1,6969	1,6969	121,11
FATOR A X D	1	0,0238	0,0238	1,70
FATOR B X D	4	4,2180	1,0545	75,26
FATOR C X D	1	0,5482	0,5482	39,12
RESÍDUO	577	8,0844	0,0140	

Tabela 74 - Teste de Tukey para as médias, a\*/b\*, correlação entre cultivares.

FATOR A	MÉDIA
Cv. Débora	0,64 a
Cv. Andrea	0,54 b

Tabela 75 - Análise de variância para (a\*/b\*)<sup>2</sup>, correlação entre cultivares.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR D	1	9,6060	9,6060	50,94
FATOR A X D	1	0,0979	0,0979	1,18
FATOR B X D	4	36,9892	9,2473	111,03
FATOR C X D	1	5,8425	5,8425	70,15
RESÍDUO	577	48,0546	0,0833	

Tabela 76 - Teste de Tukey para as médias, (a\*/b\*)<sup>2</sup>, correlação entre cultivares.

FATOR A	MÉDIA
Cv. Débora	0,89 a
Cv. Andrea	0,64 b

Tabela 77 - Análise de variância para hue, correlação entre cultivares.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR D	1	1087,59	1087,59	57,20
FATOR A X D	1	3,8496	3,8496	0,20
FATOR B X D	4	3315,43	828,857	43,59
FATOR C X D	1	260,796	260,796	13,72
RESÍDUO	577	10971,2	19,0142	

Tabela 78 - Teste de Tukey para as médias, hue, correlação entre cultivares.

FATOR A	MÉDIA
Cv. Débora	62,31 a
Cv. Andrea	65,01 b

Tabela 79 - Análise de variância para croma, correlação entre cultivares.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR D	1	432,389	432,389	82,10
FATOR A X D	1	0,0569	0,0569	0,01
FATOR B X D	4	670,161	167,54	31,81
FATOR C X D	1	118,125	118,125	22,43
RESÍDUO	577	3038,9	5,2667	

Tabela 80 - Teste de Tukey para as médias, croma, correlação entre cultivares.

FATOR A	MÉDIA
Cv. Débora	43,77 a
Cv. Andrea	45,47 b

## ANEXO 06. ANÁLISE SENSORIAL – DÉBORA

### TESTE AFETIVO NÍVEL DE ACIDEZ (escala de 0 a 9)

Tabela 81 - Análise de variância, teste afetivo, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,867	0,867	0,13
FATOR B	1	26,508	26,508	4,12
FATOR A X B	1	0,0013	0,0013	0,00
RESÍDUO	116	752,463	6,4867	

Tabela 82 - Teste de Tukey para as médias, teste afetivo, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	2,98 a	Frutos a 12,5°C	3,54 a
Com etileno	3,15 a	Frutos a 20°C	2,60 a

### TESTE DE ACEITABILIDADE

#### **ESCALA HEDÔNICA (1-gostei muito a 5-desgostei muito)**

Tabela 83 - Análise de variância, teste de aceitabilidade, cv. Débora.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,00	0,00	0,00
FATOR B	1	2,70	2,70	2,44
FATOR A X B	1	0,13	0,13	0,12
RESÍDUO	116	129,13	1,11	

Tabela 84 - Teste de Tukey para as médias, teste de aceitabilidade, cv. Débora.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	2,32 a	Frutos a 12,5°C	2,47 a
Com etileno	2,32 a	Frutos a 20°C	2,17 a

## ANEXO 07. ANÁLISE SENSORIAL – ANDREA

### TESTE AFETIVO NÍVEL DE ACIDEZ (escala de 0 a 9)

Tabela 85 - Análise de variância, teste afetivo, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	8,5333	8,5333	1,42
FATOR B	1	1,1213	1,1213	0,19
FATOR A X B	1	0,3413	0,3413	0,06
RESÍDUO	116	701,904	6,0509	

Tabela 86 - Teste de Tukey para as médias, teste afetivo, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	2,82 a	Frutos a 12,5°C	2,45 a
Com etileno	2,28 a	Frutos a 20°C	2,65 a

### TESTE DE ACEITABILIDADE

#### **ESCALA HEDÔNICA (1-gostei muito a 5-desgostei muito)**

Tabela 87 - Análise de variância, teste de aceitabilidade, cv. Andréa.

CAUSA DE VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
FATOR A	1	0,8333	0,8333	0,49
FATOR B	1	4,80	4,80	2,80
FATOR A X B	1	1,20	1,20	0,70
RESÍDUO	116	199,133	1,7167	

Tabela 88 - Teste de Tukey para as médias, teste de aceitabilidade, cv. Andréa.

FATOR A	MÉDIA	FATOR B	MÉDIA
Sem etileno	2,10 a	Frutos a 12,5°C	1,98 a
Com etileno	2,27 a	Frutos a 20°C	2,38 a