

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONTROLE DO AMADURECIMENTO PÓS-COLHEITA DO  
TOMATE 'CARMEM' TRATADO COM ÁCIDO 2-CLOROETIL  
FOSFÔNICO**

**VIRGINIA ANDRÉA SIMÕES PELISSARI TEIXEIRA DE CASTRO**

CAMPINAS  
AGOSTO DE 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONTROLE DO AMADURECIMENTO PÓS-COLHEITA DO  
TOMATE 'CARMEM' TRATADO COM ÁCIDO 2-CLOROETIL  
FOSFÔNICO**

Tese submetida à banca examinadora para obtenção  
do título de Mestre em Engenharia Agrícola, na área  
de concentração em Tecnologia Pós-colheita.

**VIRGINIA ANDRÉA SIMÕES PELISSARI TEIXEIRA DE CASTRO**

Orientador: Prof. Dr. Sylvio Luis Honório

CAMPINAS  
AGOSTO DE 2003

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

C279e

Castro, Virginia Andréa Simões Pelissari Teixeira de  
Controle do amadurecimento pós – colheita do  
tomate ‘Carmem` tratado com ácido 2- cloroetil fosfônico  
/ Virginia Andréa Simões Pelissari Teixeira de Castro.--  
Campinas, SP: [s.n.], 2003.

Orientador: Sylvio Luis Honório.

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

1. Tomate. 2. Etileno. 3. Vitamina C. 4. Cor. 5.  
Temperatura. 6. Íon hidrogênio – Concentração. I.  
Honório, Sylvio Luis. II. Universidade Estadual de  
Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.  
Título.

**Dedico esta dissertação à minha mãe Eunice e ao meu pai Victório (em memória).**

## **Agradecimentos**

Agradeço a todos que contribuíram para que esse importante trabalho fosse realizado e concluído, apesar de todas as dificuldades encontradas.

Ao meu marido por toda paciência que teve comigo durante o período do mestrado, pela ajuda em situações nas quais ele foi imprescindível pela minha falta de tempo e por não me deixar desanimar nunca, enfim por todo amor.

A todos amigos e familiares que sempre me ajudaram, principalmente por motivos de saúde, que foram muitos, e por todo carinho e preocupação dedicados. Ao meu irmão Marcio Aurélio Simões Pelissari por ele existir como meu elo familiar mais próximo.

Ao meu orientador Sylvio Luis Honório, o meu agradecimento por acreditar que eu iria conseguir terminar a minha dissertação, pela orientação e disponibilidade sempre que solicitada para me ajudar.

Aos professores Antonio Carlos Oliveira Ferraz e Ignácio Dell Fabro e ao colega Renato Laurent, pela ajuda técnica na parte de propriedades mecânicas de materiais.

Ao professor Ademir, do IMEC, pelo auxílio fornecido na análise estatística dos dados.

Aos amigos e funcionários do Laboratório de tecnologia pós-colheita, pela ajuda na parte laboratorial, em especial a Rosália e Francisco.

A CAPES, pela bolsa de mestrado concedida.

A Empresa Irmãos Milani, em especial ao Sr. Ney Milani, pelo fornecimento de tomates utilizados no experimento.

A Deus por me dar saúde e coragem para continuar a viver.

## SUMÁRIO

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
Lista das Figuras.....	iii
Lista das Tabelas.....	iv
<b>I - Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>II - Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Aspectos gerais.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Atividade respiratória.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3. Amadurecimento .....</b>	<b>4</b>
2.3.1. Amadurecimento sob condições de ambiente controlado .....	5
2.3.2. Etileno.....	7
<b>2.4. Vitaminas.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5. Características físico-químicas.....</b>	<b>11</b>
2.5.1. Cor .....	11
2.5.2 Perda de Peso .....	12
2.5.3. Firmeza .....	12
2.5.4. Sólidos solúveis totais (°Brix).....	15
2.5.5. Acidez total titulável e pH .....	15
2.5.6. Densidade.....	16
<b>2.6. Qualidade .....</b>	<b>16</b>
<b>2.7. Classificação do tomate.....</b>	<b>16</b>
<b>III - Material e Métodos.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Experimento.....</b>	<b>18</b>
3.1.1. Material:.....	18
3.1.1.1. Matéria prima .....	18
3.1.1.2. Equipamentos e soluções .....	19
3.1.2. Métodos .....	19
3.1.2.1. Ácido 2-cloroetil fosfônico .....	19
3.1.2.2. Tratamentos.....	20
3.1.2.3. Cor.....	20
3.1.2.4. Sólidos solúveis totais (°Brix).....	21
3.1.2.5. Acidez total titulável e pH.....	22
3.1.2.6. Perda de peso.....	22
3.1.2.7. Sólidos totais (%) .....	23
3.1.2.8. Determinação da Densidade.....	23
3.1.2.9. Ácido ascórbico.....	23
3.1.2.10. Firmeza.....	23
<b>3.2. Delineamento experimental .....</b>	<b>23</b>
<b>IV - Resultados e Discussões.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1. Cor .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2. Sólidos solúveis totais – SST (°Brix).....</b>	<b>28</b>
<b>4.3. Acidez Total Titulável (ATT) .....</b>	<b>30</b>
<b>4.4. pH.....</b>	<b>33</b>
<b>4.5. Perda de peso .....</b>	<b>41</b>
<b>4.6. Sólidos totais (%).....</b>	<b>44</b>
<b>4.7. Densidade .....</b>	<b>46</b>
<b>4.8. Ácido ascórbico.....</b>	<b>50</b>
<b>4.9. Textura .....</b>	<b>52</b>

<b>VI – Sugestões para Trabalhos Futuros .....</b>	<b>58</b>
<b>VII - Referências Bibliográficas .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>67</b>

## Lista das Figuras

Figura 01 - Respiração e aumento da produção de etileno durante o amadurecimento. Fonte: <a href="http://www.dbs.ucdavis.edu/">http://www.dbs.ucdavis.edu/</a> .....	4
Figura 02 - Cor do tomate de acordo com a cor de maturação. Fonte CEAGESP (1998). .....	21
Figura 03 - Corte transversal do tomate. ....	21
Figura 04 - Variação da cor do tomate tratado com diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados em duas temperaturas.....	27
Figura 05 – Variação dos valores médios dos Sólidos solúveis totais - SST (°Brix) do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a diferentes temperaturas.....	29
Figura 06 - Variação dos valores médios da acidez titulável do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a diferentes temperaturas..	31
Figura 07 – Variação da acidez titulável do tomate, em função da época de colheita (setembro e janeiro). ....	32
Figura 08 - Variação média dos valores do pH do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a diferentes temperaturas. ....	34
Figura 09 – Variação do pH do tomate. Interação entre as épocas de colheita setembro e janeiro, cor 1 (salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho). ....	35
Figura 10 – Variação do pH do tomate. Interação entre as épocas setembro / janeiro e temperatura 20°C / 14°C. ....	36
Figura 11 – Variação do pH do tomate. Interação entre as épocas de colheita setembro/janeiro e dosagens de ácido 2-cloroetil fosfônico 500 mg.L <sup>-1</sup> , 1000 mg.L <sup>-1</sup> , 2000 mg.L <sup>-1</sup> e testemunha. ....	37
Figura 12 – Variação do pH do tomate. Interação entre as cores 1 (salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho) e temperaturas 20°C e 14°C. ....	38
Figura 13 – Variação do pH do tomate. Interação entre as cores 1 (salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho). Interação entre os testes 1 e 2, coloração e dosagens de ácido 2-cloroetil fosfônico 500mg.L <sup>-1</sup> , 1000mg.L <sup>-1</sup> , 2000mg.L <sup>-1</sup> e Testemunha . ....	39
Figura 14 – Variação do pH do tomate. Interação entre temperatura 20°C / 14°C e dosagens de ácido 2-cloroetil fosfônico 500mg.L <sup>-1</sup> , 1000mg.L <sup>-1</sup> , 2000mg.L <sup>-1</sup> e testemunha . ....	40
Figura 15 – Variação dos valores médios da perda de peso do tomate tratado com diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a temperaturas diferentes. .	42
Figura 16 – Variação da perda de peso do tomate. Interação entre as épocas setembro e janeiro em relação às cores 1 (salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho). ....	43
Figura 17 – Variação dos valores médios dos Sólidos totais (%) do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a diferentes temperaturas. ....	45
Figura 18 – Variação dos Sólidos totais (%) do tomate. Interação entre temperatura e Sólidos totais (%). ....	46
Figura 19 – Variação dos valores médios da densidade do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados à diferentes temperaturas. .	48
Figura 20– Variação da densidade do tomate. Interação entre cor e temperatura. Interação entre temperatura 20°C / 14°C e cores 1 (salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho). ....	49

Figura 21 - Variação do ácido ascórbico do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a temperaturas diferentes.....	51
Figura 22 – Variação da vitamina C do tomate. Interação entre cores 1(salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho) e as épocas setembro e janeiro. ....	52
Figura 23 - Variação dos valores médios da Força (N) aplicada sobre o tomate, em função da cor 1 (salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho) tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a diferentes temperaturas. ....	54

## **Lista das Tabelas e Quadros**

Tabela 1. Quantidade de frutos de tomate comercializados pela CEAGESP. Fonte CEAGESP (2001). .....	2
Quadro 1 – Valores médios dos Sólidos solúveis totais para os tomates em função da cor. ...	30

## Resumo

O tomate é cultivado em grande escala pelos agricultores brasileiros. No entanto, não havendo planejamento na produção, em determinadas épocas há excesso do fruto no mercado, conseqüentemente, o preço cai e grandes quantidades que seriam destinadas à mesa, são encaminhadas para a indústria.

Conhecendo a dificuldade do mercado, foi estudado uma maneira de acelerar a maturação do tomate 'Carmem' com o ácido 2-cloroetil fosfônico via imersão, nas dosagens: 500, 1000 e 2000 mg.L<sup>-1</sup>, incubados a 14 e 20°C. As avaliações foram feitas conforme os frutos mudavam de cor (salada, colorido, vermelho e molho).

Quanto às testemunhas e as diferentes dosagens de ácido 2-cloroetil fosfônico aplicada nos tomates, não houve interferência na mudança de cor. Frutos armazenados à temperatura de 20°C amadurecem mais rapidamente que a 14°C, em média dois dias.

Para a perda de peso, não houve diferença significativa entre as dosagens e quanto às temperaturas, apenas entre os tratamentos e observa-se na perda de peso a interação da cor entre as épocas dos experimentos (setembro e janeiro).

Houve diferença significativa entre os tratamentos e observa-se interação para a densidade do fruto quando se analisa a coloração em relação à temperatura.

Quanto aos Sólidos Solúveis Totais (SST) para o fator cor houve diferença significativa na cor vermelho, onde o tomate apresentou maior concentração de açúcares. Para acidez total titulável (ATT) existem efeitos significativos para cor e para a interação cor x blocos (que correspondem a épocas diferentes em que foram realizados os experimentos). O pH variou e existem efeitos significativos para fator cor, bloco (que correspondem a épocas diferentes em que foram realizados os experimentos) x cor, dosagem x cor e temperatura x cor, ou seja, houve interação do pH entre todos os fatores.

Para sólidos totais (%), há interação entre os sólidos totais (%) e os experimentos realizados em épocas diferentes. Para o ácido ascórbico houve diferença significativa entre os tratamentos e interação entre as duas épocas (setembro e janeiro). Para textura houve diferença significativa entre as dosagens e entre as cores.

## Abstract

The tomato is cultivated on a large-scale by Brazilian agriculturists. However, with no production tracking, at determined times there is an excess of fruit on the market and consequently the price falls and large amounts destined for direct consumption are sent to industry.

Due to this, studies were conducted aimed at speeding up the maturation of the tomato 'Carmem' by immersing in 2-chloroethyl phosphonic acid at the following dosages: 500, 1000 and 2000mg.L<sup>-1</sup>, and stored at 14 and 20°C. The evaluations were made as the fruits reached each color type (salad, colored, red and sauce).

With respect to the blank and those submitted for different dosages of 2-chloroethyl phosphonic acid, there was no interference in the color change. Fruits stored at the temperature of 20°C ripened more quickly than those at 14°C, by an average of two days.

For weight loss, there was no significant difference between the dosages, and for temperature, only between the treatments. For weight loss an interaction was observed between the color and the time of each experiment (september and january).

There was a significant difference between the treatments and an interaction was observed with the density of the fruit when the colour was analyzed in relation to the temperature.

The total soluble solids (SST) for the factor color had a significant difference with the red color, where the tomato presented a greater concentration of sugars. Concerning the total titratable acidity (TTA), it had a significant effect on color and on the interaction between color x blocks (which correspond to the different times when the experiments were carried out). The pH varied and a significant effect existed for the color factor, the blocks (which correspond to the different times when the experiments were carried out) x color, dosage x color and temperature x color, that is, there was an interaction between the pH and all the factors.

For moisture content there was an interaction between the moisture content and the times the experiments were carried out. For ascorbic acid, there was a significant difference between the treatments and an interaction between the two times (september and january). For firmness, there were significant differences between the dosages and the colors.

## I - Introdução

Dentre as olerícolas mais importantes em todo o mundo destaca-se o tomate que pode ser consumido "in natura". Ao natural é consumido em saladas e industrializado em molhos e temperos. O fruto possui teores elevados de caroteno, tiamina e vitamina C.

A valorização dos conceitos de qualidade de produtos hortícolas faz com que a pesquisa se preocupe cada vez mais com os processos após a colheita, tentando encontrar maneiras para que a vida útil desses produtos se prolongue e se preserve ao máximo a qualidade, evitando desperdícios.

O fruto normalmente é colhido ainda com a pigmentação verde, embora já esteja fisiologicamente desenvolvido, isso porque, além de favorecer a planta, a colheita do tomate ainda verde facilita o manuseio, diminui o risco de perdas na produção e permite que este produto não chegue ao mercado além do ponto de amadurecimento desejado pelo consumidor. A velocidade com que o fruto muda sua cor do verde para o vermelho, depende do estágio de desenvolvimento fisiológico deste e das condições de armazenamento (Makishima, 1980). Essa mudança deve coincidir com o aumento da atividade respiratória, mudanças na textura (amolecimento) e aumento na concentração do gás etileno endógeno, características de um fruto climatérico. É nesse período que são desenvolvidas as substâncias que dão o sabor e o aroma característico do fruto (Medina & Medina, 1981).

O tratamento com etileno interfere na velocidade do amadurecimento do fruto e também assegura um lote mais homogêneo de frutos amadurecidos (Kashimire & Kader, 1978 apud Chomchalow, 1991). A dificuldade na classificação de frutos verdes, baseado na aparência externa, faz com que muitos frutos sejam colhidos em estágio de desenvolvimento diversos, porém fisiologicamente maduros, apresentando taxa de amadurecimento distinta, resultando em falta de uniformidade de cor e necessitando que seja organizado e reencaixotado quando chega no mercado de destino. As manipulações adicionais aumentam os danos mecânicos, custos de trabalho e provocam preços de varejo mais altos.

Acredita-se que o maior comércio de tomate de mesa no Estado de São Paulo, passe pela Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo - CEAGESP. O volume de entrada de tomates no ano de 2001, na Seção de Economia e Desenvolvimento da CEAGESP é descrito na Tabela 1.

**Tabela 1. Quantidade de frutos de tomate comercializados pela CEAGESP. Fonte CEAGESP (2001).**

<b>Classificação do fruto quanto à fase de maturação</b>	<b>Quantidade (caixas)</b>	<b>Tipo de caixa</b>
SALADA	9.403.482	K (22 kg)
MADURO	989.320	K (22 kg)
<b>Classificação do fruto quanto ao tipo</b>		
CAQUI	22.001	K (22 kg)
CAQUI	776.061	K (3 kg)

Na comercialização, existem dois caminhos para o produto percorrer: o varejo ou a indústria. Para o varejo são destinados os tomates produzidos no sistema de cultivo envarado (que representam cerca de 40% da área total e 50% da produção total de tomate no Estado de São Paulo). Já à indústria são destinados os tomates de cultivo rasteiro, que apresentam produtividade maior e custo menor que os envarados (Carvalho, 1984) e também os envarados de qualidade inferior que não são aceitos pelo mercado. A estrutura de comercialização mais comum do tomate de mesa é a que passa por quatro agentes (produtor, intermediário, atacadista e varejista) antes de chegar ao consumidor.

Um dos problemas na comercialização dos tomates é que muitas vezes, na safra, a oferta é muito maior que a procura, ocasionando perdas, que por causa da demora na comercialização, acabam se estragando devido ao amadurecimento, conseqüentemente há um decréscimo no valor do produto. Com a utilização de determinadas técnicas, pode-se refrigerar, acelerar o amadurecimento, uniformizar a cor do fruto e assim adequá-lo à procura do mercado consumidor.

O objetivo do presente trabalho foi fazer controle do amadurecimento do tomate 'Carmem' tratando os frutos com ácido 2-cloroetil fosfônico, sendo como benefício esperado, a uniformização da cor do fruto.

## II - Revisão Bibliográfica

### 2.1. Aspectos gerais

Entre as várias mudanças fisiológicas que ocorrem durante a maturação de tomates tem-se a perda de clorofila, síntese de pigmentos, solubilização de pectinas e alteração no metabolismo de ácidos orgânicos e monossacarídeos. Estas mudanças estão associadas com modificações na atividade de diversas enzimas diretamente envolvidas no índice de firmeza do fruto. Estes e outros fatores são considerados como parte do processo de maturação e tendem a ocorrer paralelamente com o início da produção de etileno e do climatério respiratório (Goodenouch et al., 1982).

Após a colheita, o tomate apresenta-se como um fruto de vida útil curta; amadurecidos, tem uma vida útil média de uma semana e com perdas pós-colheita da ordem de 25-50%. Quando parcialmente amadurecido, tem uma vida média de prateleira maior (de uma a duas semanas) com perdas pós-colheita de 20-40% (Sigrist, 1983). Nas épocas chuvosas as perdas são maiores, pois a umidade ajuda na proliferação de patógenos do fruto e as gotas de chuva causam manchas na parte externa do tomate, fazendo com que este seja rejeitado pelo consumidor. Já Rezende (1991) descreve que, para o Estado de Minas Gerais em 1991, as principais causas foram: falhas na fase de produção (época de plantio, cultivares, adubação e tratamento fitossanitário inadequado); colheita fora de época; danos mecânicos; embalagem (caixa de madeira tipo "K"), manuseio e transporte inadequados; tempo de exposição prolongado ao nível de varejo; hábitos prejudiciais de seleção do consumidor; preços desfavoráveis ao nível do produtor e falta de orientação de mercado.

Nota-se que para o tomate as alterações são, principalmente, do tipo mecânica, fisiológica ou patológica, e que os danos mecânicos ocorrem durante o manuseio do produto (colheita, seleção, embalagem, transporte e exposição). Estes se dão, principalmente, na fase de produção, de transporte e de exposição, uma vez que, normalmente, não são acondicionados em condições e em embalagens adequadas, além de ficarem muito tempo expostos sob condições ambientais inadequadas.

## 2.2. Atividade respiratória

Fisiologicamente, o tomate é um fruto climatérico, pois apresenta um pico de atividade respiratória no processo de maturação pós-colheita (Wills et al., 1982). É a partir desse pico que começa o processo de deterioração, e o tomate começa a amolecer e adotar a cor vermelha (Medina & Medina, 1981), além de sofrer mudanças bioquímicas, alterando o odor, sabor e valor nutricional (Carvalho, 1980).

O ambiente ou a embalagem que permite boa ventilação para a respiração aeróbia, também auxilia na remoção de outros gases liberados pelos tecidos vegetais. Dentre esses gases, o etileno é o mais importante pelo efeito de envelhecimento que provoca nos tecidos vegetais. Os frutos mais do que as hortaliças geram etileno em maior ou menor quantidade, dependendo da espécie vegetal.



**Figura 01 - Respiração e aumento da produção de etileno durante o amadurecimento.** Fonte: <http://www.dbs.ucdavis.edu/>

## 2.3. Amadurecimento

O tomate, assim como todos os outros vegetais, mantém uma atividade metabólica após a colheita, com transformações químicas na sua composição que se processam graças à sua capacidade de absorção do oxigênio do ambiente.

Durante o amadurecimento a clorofila é substituída, mas não totalmente, por carotenos cuja deposição ocorre provavelmente nas membranas internas por serem mais eletro-densas. Na etapa de pré-amadurecimento (cor do tomate salada) os alfa-carotenos e beta-carotenos atingem a maior concentração. No fruto totalmente amadurecido, o conteúdo de licopeno aumenta consideravelmente, representando 50 a 76% do total dos carotenos (Davies & Hobson, 1981).

O tomate torna-se amadurecido somente quando a mucilagem ao redor das sementes adquire a consistência de um gel. Durante o amadurecimento, os grânulos de amido desaparecem e os glóbulos osmofílicos aumentam em número e tamanho (Salunke & Desai, 1984).

### 2.3.1. Amadurecimento sob condições de ambiente controlado

A temperatura baixa durante o armazenamento prolonga os processos de maturação e senescência, retardando a variação de cor, perda de peso, perda de firmeza e as transformações bioquímicas. O tomate, em geral, apresenta sensibilidade ao frio, dependendo do estágio de amadurecimento em que se encontra.

A umidade relativa ideal para conservação da maioria dos produtos hortícolas situa-se entre 90 e 95%, Kader (1992).

Tomates completamente amadurecidos foram mantidos entre 8 e 10°C durante 8 dias (Bleinroth, 1995). Segundo Castro (2000), quanto menor a temperatura, maior é a vida de prateleira do fruto, exceto para níveis de temperatura que provocam a injúria do frio. Tomates armazenados por 22 dias a 13°C apresentaram valores equivalentes, de cor, firmeza e sabor comparativamente àqueles armazenados fora da câmara durante 9 dias. E, para reduzir as perdas de tomates e aumentar o período de conservação, garantindo que o consumidor tenha um tomate com características de sabor, firmeza e peso mais próximas daquelas observadas no momento em que foi colhido no campo, são essenciais a aplicação da tecnologia pós-colheita e refrigeração a temperaturas apropriadas, como 14°C para tomates salada, ao longo de toda a cadeia de comercialização do fruto.

O tomate está no grupo de produtos que sofrem danos com o frio (temperaturas abaixo de 7°C), exigindo, portanto, maiores cuidados em câmaras frias. Esses danos são diferentes dos que ocorrem por congelamento (temperaturas abaixo de 0°C), pois os sintomas são manchas descoloridas na superfície do fruto causadas pelo colapso das células abaixo da superfície, e não danos causados por cristais de gelo que rompem células (Wills et al., 1982).

Os tomates reagem muito bem à ação do etileno apesar de liberarem, entre outros componentes voláteis pequena fração desse composto orgânico ( $2,0\mu\text{L.C}_2\text{H}_4/\text{kg/h}$ , 20°C) (Bleinroth, 1973).

Chaves et al. (1998), observaram que os tomates da cultivar Kada, transformados geneticamente, apresentaram um ciclo de maturação de 20 dias armazenados à temperatura de 20°C. Os frutos produziram em média 10,46nl de etileno.g<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, recomendando que para prolongar o ciclo de maturação e aumentar a durabilidade dos frutos, os mesmos deveriam ser colhidos no estágio salada.

Para um amadurecimento mais rápido e mais uniforme dos frutos, o tratamento com etileno é recomendado. O amadurecimento ocorre de forma satisfatória quando os frutos são conservados às temperaturas entre 12,8°C e 25°C, e a temperatura mais alta proporciona um período de maturação mais rápido (Kashimire, 1985).

O amadurecimento controlado é tecnicamente viável, quando há necessidade de comercialização rápida do fruto ou quando a exportação é feita por via aérea. Para proceder-se o amadurecimento, os frutos colocados em uma câmara especificamente construída para esta finalidade, a qual se assemelha à utilizada para amadurecer banana, manga, mamão, etc. Nessa estrutura é possível realizar o controle das seguintes operações: temperatura, umidade relativa do ar, aplicação de gás ativador do amadurecimento, ar atmosférico e circulação e exaustão de ar (Bleinroth, 1995).

A temperatura ótima de armazenamento do tomate depende do índice de amadurecimento. Frutos verdes, em geral, devem ser armazenados em temperaturas ao redor de 14°C, enquanto frutos completamente amadurecidos devem ser armazenados em temperaturas ao redor de 10°C. Pode haver a ocorrência de danos devido ao frio. Frutos verdes, armazenados a temperaturas ao redor de 5°C, usualmente ficam manchados, e desenvolvem apenas uma pálida cor avermelhada. O armazenamento de frutos vermelhos a 0°C aumenta a vida útil, mas causa prejuízos ao sabor. A temperatura ótima de amadurecimento do tomate, em geral, situa-se entre 18°C e 23°C (Calbo, 1999).

No processo de amadurecimento, é preciso controlar a temperatura, para que se tenha um produto tratado de boa qualidade. A temperatura determina a velocidade das reações químicas que se processam no produto, assim como a ação das enzimas responsáveis pela consistência durante e após o amadurecimento. O tomate pode se amadurecido em diferentes temperaturas. Na temperatura de 28°C, considerada a mais alta, o amadurecimento se processa em 48 horas, devendo o produto ser imediatamente comercializado. Já a temperatura de 20°C diminui a velocidade da transformação química no fruto, que requer para o amadurecimento

completo 84 a 96 horas. Portanto, para esses tomates haverá mais tempo para a comercialização, sem que ocorra a senescência imediata (Bleinroth, 1995). Durante o amadurecimento, a temperatura influencia tanto a velocidade quanto à extensão das modificações de cor (Davies & Hobson, 1981). Temperaturas abaixo do normal ou acima de 30°C inibem a síntese de licopeno e favorecem o acúmulo de beta-caroteno (Thompson apud Filgueiras, 1996).

Moura et al. (1998), em estudo de amadurecimento realizado com tomates ‘Santa Clara’ no estádio salada, aplicando-se distintas doses de ácido 2-cloroetil fosfônico, sem e com espalhante adesivo, verificaram que a pulverização com 1000 mg.L<sup>-1</sup> de ácido 2-cloroetil fosfônico, com o uso de espalhante adesivo, causou ligeiro atraso na maturação dos frutos em relação aos tratados sem espalhante adesivo.

Moura (1999), observou que quando aplicou ácido 2-cloroetil fosfônico houve aceleração no desenvolvimento da cor, na redução do índice de firmeza, na degradação da clorofila e aumento no extravasamento de eletrólitos. Porém a aplicação foi eficiente na uniformização e antecipação do amadurecimento. Tomates ‘Santa Clara’ e seu mutante firme; quando armazenados à temperatura de 5°C, apresentaram nítidos sintomas de injúria por frio com apenas sete dias de armazenamento, os quais aumentaram à medida que se aumentou o tempo de permanência na câmara fria. Por outro lado, frutos armazenados a 12°C permaneceram viáveis para a comercialização durante todo o período de armazenamento estudado (21 dias). Todavia o amadurecimento destes frutos, quando ainda na câmara, foi desuniforme.

### 2.3.2. Etileno

O Ethrel<sup>®</sup> é composto por: ácido 2 cloroetil fosfônico 240g.L<sup>-1</sup> e ingredientes inertes 865g.L<sup>-1</sup>. Este regulador de crescimento é estimulante do grupo químico ácido fosfônico e é um concentrado solúvel.

Garcia et al. (1977) utilizaram o ácido 2-cloroetil fosfônico por ser um regulador de crescimento que se degrada no interior dos tecidos vegetais para liberar etileno, muito usado para acelerar e uniformizar a maturação de frutas de várias espécies vegetais. O ácido 2-cloroetil fosfônico, pode acelerar a maturidade de frutos, aumentar a coloração vermelha e também aumentar o florescimento. Em cerejas, pode ser usado para aumentar a cor e ajudar no

desprendimento do fruto; em abacaxi tem a finalidade de induzir o florescimento uniforme e antecipado e em cana de açúcar acelerar a maturação, inibir o florescimento, reduzir o chochamento e permitir o adequado manejo da cana na colheita. Sabe-se que o ácido 2-cloroetil fosfônico age estimulando a habilidade natural da planta para gerar etileno.

Garcia et al. (1977) fizeram aplicações pós-colheita, em tomates da variedade Piedade Kada (grupo Santa Cruz) colhidos desenvolvidos, porém ainda com a coloração verde, em duas concentrações, 1500 e 3000 ppm de ácido 2-cloroetil fosfônico, que demonstrou acelerar a maturação em cerca de um dia em tomates mantidos a 20°C, em comparação ao tratamento testemunha. Não encontrou diferenças significativas no que se refere aos valores de cor, Brix, sólidos totais, pH, acidez total titulável e viscosidade, entre os tomates tratados e a testemunha.

Moura et al. (1998), testaram a aplicação de ácido 2-cloroetil fosfônico em tomates 'Santa Clara' e observaram que nas condições do experimento não foi encontrada, diferença significativa para os parâmetros avaliados entre as doses de 1000, 2000 e 3000mg.L<sup>-1</sup> de ácido 2-cloroetil fosfônico. Porém quando se utilizaram as doses de 500 e 1000 mg.L<sup>-1</sup> foi encontrada diferença significativa para a mudança de coloração, a qual após o quarto dia da pulverização, os frutos tratados com 1000mg.L<sup>-1</sup> apresentavam-se com a maturação adiantada em aproximadamente dois dias em relação aos frutos controle (sem ácido 2-cloroetil fosfônico), porém ao final do período de armazenamento os frutos apresentavam-se com a mesma coloração. Para o índice de firmeza do fruto encontrou-se diferença significativa entre as doses de 500 e 1000 mg.L<sup>-1</sup> apenas no sexto dia após a colheita. Ao final do período analisado a firmeza não diferiu entre as doses utilizadas. O uso de espalhante adesivo (Dytrol Hokko do Brasil), na dosagem de 1ml.L<sup>-1</sup> causou ligeiro atraso na maturação dos frutos em relação aos tratados sem espalhante adesivo. Diante dos resultados do experimento, foi recomendado a pulverização com 1000mg.L<sup>-1</sup> de ácido 2-cloroetil fosfônico, para uma uniformização e aceleração da maturação.

A utilização do ácido 2-cloroetil fosfônico, no amadurecimento do tomate, é limitado pelo fato de se tratar de um produto de rápida degradação e que perde o seu efeito quando guardado em recipiente e local inadequado com luz e calor. No processo de amadurecimento com ácido 2-cloroetil fosfônico não se requer uma câmara específica; basta dispor de um local onde a temperatura se mantenha constante a 25°C. Os tomates são imersos em um tanque

contendo  $1\text{ml.L}^{-1}$  de produto ativo e mais o espalhante adesivo. A imersão é feita durante dois minutos após os quais são retirados do tanque e deixados para secar em local adequado. As concentrações do produto ativo acima de  $1\text{ml.L}^{-1}$  podem ser usadas sem qualquer problema; elas somente antecipam em algumas horas o amadurecimento. Já as concentrações menores do que  $1\text{ml.L}^{-1}$  causam desuniformidade no amadurecimento, prejudicando seus resultados. Os frutos amadurecidos com ácido 2-cloroetil fosfônico têm apresentado coloração e qualidade organolépticas melhores do que os não tratados, uma vez que sua aplicação produz o mesmo efeito do etileno (Gayet et al., 1995).

As aplicações de etileno nos frutos climatéricos produzem diminuição do período pré-climatérico, mas não tem efeito no valor do climatério máximo. Por outro lado, o etileno não exerce nenhum efeito acelerador no amadurecimento e tampouco na respiração, se for aplicado depois do início da ascensão climatérica. Em circunstâncias normais, aplicações de etileno em tomate possibilitam o amadurecimento mais rápido e com mais uniformidade por iniciação mais antecipada da ascensão climatérica, mas este tratamento é ineficiente se aplicado em temperaturas muito baixas ou ainda, em atmosferas pobres de oxigênio (Galvis Vanegas, 1987).

Segundo Awad et al. (1974), o amadurecimento de frutos verdes de tomates Santa Cruz Kada, com ácido 2-cloroetil fosfônico, por imersão por um tempo de 2 minutos e a aplicação de  $750\mu\text{g}$  (1 gota de  $75\mu\text{l}$  de uma solução de ácido 2-cloroetil fosfônico a  $10.000\text{mg.L}^{-1}$ ), na base dos frutos, aceleraram a fase inicial de amadurecimento destes, do mesmo modo que nos frutos tratados por imersão ( $1,00\text{mg.L}^{-1}$  por 2 minutos).

Garcia et al. (1977), em tomates variedade Piedade Kada (grupo Santa Cruz) também utilizaram o tempo de imersão nunca superior a 2 minutos, para evitar um possível efeito acima do nível ótimo de etileno que pudesse retardar o amadurecimento, e utilizou as concentrações de 1500 e 3000ppm, em tratamento por imersão. Após a aplicação do ácido 2-cloroetil fosfônico, a maturação ocorreu em 13 dias.

Em estudo sobre a aplicação de reguladores de crescimento no amadurecimento do tomate Santa Cruz cultivar Yokota, observou-se que uma dose exógena de 4000ppm é ótima para o amadurecimento nas condições do ensaio. A aplicação do etileno gasoso antecipou e intensificou o máximo de respiração no climatério, e tornou os frutos mais macios (Calbo et al., 1980).

Em tomates cultivar Euromech, a partir da cor verde, avaliou-se o efeito do ácido 2-cloroetil fosfônico aplicado via imersão por 5 minutos em dosagens de 0, 1000, 3000 e 4500ppm na maturação, observado por dias de armazenagem versus índice de maturação (100% de frutos maduros). O ácido 2-cloroetil fosfônico foi promissor na aceleração da maturação dos frutos para o aproveitamento industrial: para frutos médios, 3000ppm (16 dias), 1500ppm e testemunha (18 dias); para frutos grandes 3000ppm (12 dias) e 1500ppm e testemunha (18 dias) Silva et al. (1980) (a).

A aplicação de ácido 2-cloroetil fosfônico, 3000ppm com o método de imersão por 5 minutos, em tomates mostraram que nos frutos pequenos os índices de maturação foram obtidos dos 8 aos 18 dias, mesmo assim foram considerados inaproveitáveis industrialmente (tinham no máximo 75% de maturação). Para os frutos médios teve-se 100% de maturação aos 18 dias, utilizando-se o método de imersão o qual foi superior ao de pulverização (manual). Com os frutos grandes, obteve-se 100% de maturação através de métodos de imersão e pulverização a partir do 12º dia após o tratamento. O método de contato (simulação do processo mecânico de esteira rolante, através de um pano umedecido com ácido 2-cloroetil fosfônico) não apresentou resultados satisfatórios. Em relação ao pH e Brix dos frutos não houve efeitos significativos dos métodos de aplicação de ácido 2-cloroetil fosfônico (Silva et al., 1980) (b).

## **2.4. Vitaminas**

Segundo Salunke & Desai (1984), tomando-se um grupo de dez vitaminas e minerais, o tomate é o décimo-sexto em concentração desses nutrientes, mas o primeiro em sua contribuição para a dieta. Carvalho (1980) relata que o valor nutricional do tomate pode ser atribuído quase que totalmente à vitamina C.

Dalal et al. (1966), mostraram que há um aumento do conteúdo de ácido ascórbico com a maturação do fruto.

Hobson & Davies (1971), afirmam que o comportamento do ácido ascórbico durante a maturação de tomates é inconsistente.

Moura et al. (1999), relata que o conteúdo de Vitamina C de tomates ‘Santa Clara’ armazenados por sete dias a  $12 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  foi o mesmo em relação aos armazenados fora da câmara durante todo o período.

## 2.5. Características físico-químicas

### 2.5.1. Cor

Os atributos na aceitação do fruto do tomateiro são a cor e as modificações de textura que ocorrem durante o amadurecimento. Estes parâmetros têm sido utilizados como um dos critérios de julgamento para identificação do amadurecimento de frutos e hortaliças, (Chitarra & Chitarra, 1976). Com poucas exceções os frutos climatéricos modificam rapidamente a cor quando amadurecem, sendo o desverdecimento o resultado da degradação, não completa, da clorofila e aparecimento de pigmentos como carotenóides e antocianinas (Wills et al., 1982). O pigmento encontrado em tomates é o licopeno, carotenóide que apresenta cor vermelha (Hobson & Davies apud Lima, 1992). A cor nos frutos ou produtos de tomate depende, sobretudo da quantidade total de pigmentos presentes, bem como da proporção de licopeno. Temperaturas elevadas durante armazenamento, decrescem o conteúdo de licopeno em cerca de 11%, devido à formação de seus isômeros, provavelmente através da oxidação (Thompson apud Lima, 1992).

Segundo Medina & Medina (1981), a relação licopeno/beta-caroteno é importante na cor final, variando com o grau de amadurecimento. Os frutos muito amarelados são associados a sabor fracos, e os muito intensamente vermelhos com sobreamadurecimento.

Para avaliar o índice de amadurecimento Almeida (1995), relatou que a cor é a grandeza mais adequada para estabelecer a maturação do tomate.

A utilização de um método físico de medida de cor, no entanto, provê um modo mais acessível de medir o amadurecimento do que a análise de pigmentos, e está mais relacionada com a percepção visual, que é uma das formas com que os consumidores avaliam a qualidade de um produto (Moura et al., 1999).

Martins et al. (1980), evidenciam que a temperatura ideal para o desenvolvimento de cor no tomate 'Yokota' está em torno de 23°C. Temperaturas altas podem inibir a síntese do licopeno.

### 2.5.2 Perda de Peso

A perda de peso dos tomates durante o armazenamento ocorre principalmente devido a dois fatores, a transpiração e a respiração. A transpiração, que é a maior responsável pela perda de peso, é o mecanismo pelo qual a água é perdida devido à diferença de pressão de vapor d'água entre a atmosfera circundante e a superfície do fruto. A diferença de pressão de vapor é uma função da temperatura, pressão atmosférica e umidade relativa do ar. A respiração, por sua vez, também causa redução no peso, pois átomos de carbono são perdidos do fruto toda vez que uma molécula de CO<sub>2</sub> é produzida e perdida para a atmosfera (Bhowmik & Pan, 1992).

O tomate é um fruto interessante, que está envolto por uma pele quase impermeável a gases; suas trocas gasosas podem ser essencialmente restritas a uma pequena cicatriz, deixada pela abscisão da corola, ao tempo de formação do fruto (Pedras & Rodrigues, 1983). A perda de peso diário de tomates 'Santa Clara' armazenados a 27°C e umidade relativa de 60% (condições bastante adversas) foram de somente 0,9% (Moura et al., 1999).

### 2.5.3. Firmeza

Para determinar o índice de firmeza, de frutos e outros vegetais muitos critérios são adotados há muitos anos, tais como, apertar entre os dedos da mão, friccionar com o polegar, morder ou mastigar (Stone et al., 1998).

No caso do tomate, a textura é influenciada pela espessura da casca, firmeza da polpa e também pela estrutura interna do fruto, ou seja, a relação pericarpo/material placentar (Mabbet apud Lima, 1992). Além da medida de compressão utilizada para se avaliar a textura do fruto, avaliações bioquímicas também tem sido feitas para se alcançar esse objetivo. Van Buren (1979), atribuiu o amaciamento da polpa às alterações nas características dos polissacarídeos da parede celular, principalmente as substâncias pécticas.

As avaliações sensoriais são feitas pela associação dos sentidos: paladar, olfato e tato. A combinação das sensações ou a interação desses sentidos servem como medidas da qualidade na mente do provador. Muita atenção tem sido dada a este atributo de qualidade, e muitos instrumentos têm sido utilizados para se medir a firmeza de frutos baseados na

compressão do fruto inteiro, na compressão de pontos da superfície ou por compressão da circunferência equatorial do fruto.

Se as curvas de força-deformação são usadas como definidores dos parâmetros texturais para frutos como as maçãs, então, são essenciais para estabelecer a correlação satisfatória entre certos parâmetros dessas curvas e muita das propriedades químicas e físicas do fruto, as quais, têm demonstrado ser bons índices de maturidade e senescência (Mohsenin, 1986).

A resistência mecânica está relacionada com a textura, esta característica segundo Chitarra & Chitarra (1990), é definida como o conjunto de propriedades do alimento, compostas por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo do alimento, sob aplicação de uma força.

A pós-colheita mecânica de frutos e hortaliças, o manejo de seu volume e seu armazenamento indica a necessidade de se ter informação básica sobre as propriedades mecânicas. Os produtos agrícolas são considerados geralmente viscoelásticos, isso significa, que as relações entre tensão/deformação são governadas pelo tempo (Mohsenin, 1986). Haller apud Mohsenin (1986), discute a relação da firmeza dos frutos com propriedades como a maturidade, temperatura, conteúdo de água e cor. Pêras e maçãs em desenvolvimento sob altas temperaturas e baixos conteúdos de água foram encontradas ser consideravelmente mais firmes que sob temperaturas baixas e altos conteúdos de água, fato atribuído à diferença no conteúdo de água nos frutos.

Segundo Friedley et al. apud Vélez (1987), a teoria de elasticidade, quando se utiliza placa plana, fornece previsões razoáveis para a relação, carga/deformação, distribuição das tensões e esmagamento em pêras e maçãs. De acordo com (Mohsenin, 1986) o tipo de carga mais comum a que um fruto esta sujeito é a carga de contato, a qual pode produzir injúria. Forças de contato geralmente ocorrem durante a colheita, o manuseio e o armazenamento. Entre vários testes mecânicos avaliados para biomateriais sólidos, o mais comum e simples é o teste de compressão. Sólidos com sua forma intacta são sujeitos aos testes de compressão simples axial, empregando o molde cilíndrico rígido, a bola de aço ou pratos rígidos planos.

O cálculo do valor do módulo de elasticidade é baseado na teoria de contato de Hertz a qual tem sido utilizada por alguns autores para se descrever a deformação de frutos, (Mohsenin, 1986). O conhecimento do módulo de elasticidade de um fruto é essencial para se

calcular a carga máxima permissível quando se armazena a granel, quer sob a ação de cargas estáticas ou dinâmicas. A determinação da carga máxima permissível que um material poder resistir sem sofrer danos é um dos objetivos do estudo das propriedades mecânicas.

Friedley & Adrian apud Vélez (1987), concluíram que a maturidade, utilizando a rigidez da polpa como índice, correlaciona-se com a resistência do fruto. Na medida que o fruto amadurece, a força decresce enquanto a deformação aumenta, decrescendo, portanto a energia, posto que esta é proporcional ao produto de força e deformação.

Para Miles et al. apud Filgueiras (1996), o tomate se comporta como um material viscoelástico, de baixa resistência. Hicks & Hayslip apud Filgueiras (1996), concluíram que estudar a firmeza do fruto durante o amadurecimento oferece a possibilidade de colheita tardia, com qualidade na uniformidade para o consumo. O tomate é muito sensível a choques, especialmente após o início da etapa de amadurecimento. Uma queda de 10cm é suficiente para causar a descoloração interna em até 77% dos frutos nesta etapa, porém nos frutos ainda verdes, apenas 45% apresentaram esse tipo de injúria (Sargent et al. apud Filgueiras, 1996).

Pereira (1996), observou em tomate ‘Santa Clara’ deformações causadas por forças crescentes de compressão para diferentes índices de amadurecimento. A compressão aplicada por uma alavanca de acrílico formou, sobre a superfície dos frutos, área aplanada que cresceu com o aumento da força e com o amadurecimento do fruto. A redução dos volumes gasosos como resposta à compressão foi maior quanto maior a força aplicada. Após a descompressão, os volumes gasosos dos frutos se recuperaram apenas parcialmente, o que caracterizou a ocorrência de deformação plástica das células. A recuperação de volumes gasosos (componente elástica) foi maior nos frutos verdes e menor naqueles totalmente amadurecidos (vermelhos). A menor redução dos volumes gasosos em frutos verdes possivelmente lhes causou menor restrição ao transporte gasoso que nos frutos amadurecidos. A maior pressão de aplanção dos frutos verdes, obtida como a razão entre a força compressiva e a área amassada, sugere que a pressão de turgescência mais alta nestes frutos proporcionou maior resistência à compressão. As deformações intercelulares irreversíveis e cumulativas causam bloqueios ao transporte gasoso e parecem ser as causas fisiológicas das perdas pós-colheita em tomates sob compressão durante o transporte e comercialização

#### 2.5.4. Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais em tomates armazenados aumentam lentamente por um período curto, porém diminuem com a extensão do armazenamento. Os sólidos solúveis e acidez são componentes físico-químicos importantes, devido a sua relação ser utilizada como critério para caracterizar o sabor e aroma do tomate (Chitarra & Chitarra, 1976).

Há variação dos sólidos solúveis totais durante o amadurecimento e armazenamento de tomates, grande parte é composta por açúcares (glicose e frutose) que compõem o sabor dos frutos, em equilíbrio com os ácidos orgânicos. Quando ocorre perda de peso há favorecimento no teor de sólidos solúveis totais, isto porque há concentração nos teores de açúcares no interior dos tecidos (Kluge & Minami, 1997).

A capacidade dos frutos de importar e metabolizar sacarose tem papel importante no teor de sólidos solúveis totais, embora não se tenha demonstrado acúmulo de sacarose em tomates (Hewitt, Dinar e Stevens, 1982 apud Filgueiras 1996).

#### 2.5.5. Acidez total titulável e pH

Dentre os principais ácidos encontrados em tomates: cítrico, málico e glutâmico o mais abundante é o ácido cítrico, correspondendo a mais ou menos 90% do total da acidez. Estes ácidos estão concentrados na cavidade locular do fruto. Com o avanço da maturação, o ácido málico diminui enquanto o ácido cítrico aumenta até a cor salada, e cai posteriormente até o completo amadurecimento sem grandes variações. Esta queda no teor de ácido cítrico com o avanço da maturação é sugerida por vários autores através do processo catabólico do citrato via malato (Matoo & Suttle, 1991). Os ácidos aumentam até a cor salada e diminuem até o completo amadurecimento dos frutos, cor molho. O cultivar, o local e a época de colheita, apresentam influência sob o teor de sólidos solúveis e acidez titulável. O pH aumenta lentamente durante a maturação, e sofre a influência de fatores, como cultivar e época de colheita.

Entre as substâncias orgânicas do tomate, os açúcares e ácidos orgânicos são os constituintes mais importantes para o sabor do fruto e afetam diretamente a qualidade do produto. Os açúcares são principalmente redutores (frutose e glicose) e aumentam

progressivamente com o amadurecimento do fruto, enquanto que a acidez aumenta e depois diminui com o amadurecimento (Dalal et al., 1966).

#### 2.5.6. Densidade

O principal fator no grau de perda de água do produto é a área da superfície em relação ao volume do material. Com relação apenas ao aspecto físico há uma grande perda de água por evaporação de um produto com uma grande superfície em relação ao volume. Wills et. al., (1982).

### 2.6. Qualidade

Kader et al. (1978), relatam que a qualidade do tomate de mesa é determinada através da aparência, firmeza, aroma e valor nutricional, mas o consumidor seleciona-o principalmente pela aparência e pelo aroma. Em compensação, Hobson & Davies (1971), reportam que o aroma característico do tomate (que se deve aos aldeídos, cetonas, álcoois compostos insaturados, dentre outros) é quase totalmente perdido antes de chegar ao consumidor. Já Tijskens & Evelo (1993) relatam que o consumidor se sensibiliza por dois outros atributos: cor e firmeza. Um dos fatores que interferem nessa qualidade é, segundo Hruschka (1978), a perda de água pelo fruto, pois a aparência se modifica, bem como o aroma e as características nutricionais. Outro fator é o amadurecimento normal do fruto que é afetado pelas condições ambientais, principalmente, temperatura, umidade do ar e concentração de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> (Kader, 1978; Wills et al., 1982). Mal controlados esses fatores podem gerar problemas de aceitação do produto e pode levá-lo ao descarte.

Características de qualidade, na comercialização, são aquelas que podem ser percebidas por senso de visão, tato e cheiro, sem a ingestão do produto, e são importantes na diferenciação do produto, particularmente na decisão de compra, (Shewfelt & Prússia 1993). Hoje, critérios de nutrição (valor nutritivo) e de alimento seguro (segurança) apesar de invisíveis ao consumidor, também interferem na decisão de compra.

### 2.7. Classificação do tomate

De acordo com a CEAGESP (1998), as normas de classificação do tomate paulista trarão transparência e confiabilidade à comercialização. A adoção de classificação, o uso de

embalagens adequadas e de rótulos com perfeita identificação do produto completam o processo de modernização e beneficiam toda a cadeia de produção.

Em 25 de maio de 2000, o Presidente da República do Brasil, decretou a lei nº 9.972 que institui a classificação de produtos vegetais, subprodutos e resíduos de valor econômico, e dá outras providências. E em 17 de novembro de 2000, o decreto nº 3.664 regulamentou a Lei nº 9.972.

### **III - Material e Métodos**

Foram realizados testes preliminares, para verificar o comportamento do fruto com a aplicação do ácido 2-cloroetil fosfônico e determinar quais seriam os modos de aplicação utilizados, a cor em que seria iniciado e a metodologia. No primeiro teste, os frutos após a desinfecção e lavagem, eram secados com ar forçado utilizando-se um ventilador, porém observou-se que não seria necessário utilizar o equipamento, pois a água não ficava depositada na superfície do fruto. Adotou-se, apenas deixar o mesmo por alguns minutos sobre uma bandeja, para a água escorrer naturalmente e secar naturalmente. Depois era feita a aplicação do ácido 2-cloroetil fosfônico, descrito no Item 3.1.2.1. O primeiro teste a aplicação do produto foi feita na cor verde e verificou-se que o fruto respondeu ao efeito do ácido 2-cloroetil fosfônico. Como houve resposta, no segundo teste a aplicação foi feita na cor salada.

O objetivo do presente trabalho foi fazer controle do amadurecimento do tomate ‘Carmem’ tratando os frutos com ácido 2-cloroetil fosfônico, sendo como benefício esperado, a uniformização da cor do fruto. Realizado duas vezes com a mesma metodologia, em épocas diferentes, o primeiro em setembro e o segundo em janeiro, os dados dos dois foram tabelados, analisados e colocados em um programa computacional para análise estatística. As avaliações de todos os fatores abaixo descritos foram feitas a cada mudança de cor, ou seja, quatro avaliações (salada, colorido, vermelho e molho), conforme 85% dos frutos amadureciam.

#### **3.1. Experimento**

##### **3.1.1. Material:**

O experimento foi conduzido nos Laboratórios da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, no município de Campinas.

##### **3.1.1.1. Matéria prima**

Foram utilizados tomates ‘Carmem’, obtidos na Empresa Irmãos Milani, localizada no município de Elias Fausto/SP, para o teste 1, no mês de janeiro e para teste 2 frutos colhidos no mês de setembro. Em um galpão de classificação da empresa, os frutos

acondicionados em caixas plásticas que chegavam em caminhões não refrigerados, eram despejados em mesas para a lavagem em água, pré-seleção e depois seleção, ou seja, eram escolhidos tomates na cor salada, sem injúria mecânica, doenças ou atacados por insetos. Acondicionados em caixas de papelão, eram levados para o laboratório e manejados no mesmo dia.

#### 3.1.1.2. Equipamentos e soluções

Equipamentos: ventilador, liquidificador, termohigrógrafos, termômetros, potenciômetro digital (modelo HI 8417 da marca Hanna Instruments), refratômetro tipo Abbe Refractometer (modelo 2WAJ) - Shangai Optical Instrument Company (Hong Kong), balança analógica BG 400 (carga máxima de 420g e divisão de 0,001g), paquímetro, câmara de conservação B.O.D. modelo 101 STD-ELETROláb - SP vertical sem luz, estufa a vácuo (70°C) e estufa com ar forçado, texturômetro marca Lloyd Instruments-TA500.

Soluções: Hipoclorito de sódio 0,5%, soluções tampão de pH 4 e pH 7, água destilada e solução de hidróxido de sódio (normalidade igual a 0,105025).

Ácido 2-cloroetil fosfônico: Ethrel<sup>®</sup>.

#### 3.1.2. Métodos

##### 3.1.2.1. Ácido 2-cloroetil fosfônico

Os frutos foram selecionados quanto à cor salada, desinfetados deixando-se em solução de hipoclorito de sódio 0,5% (água sanitária com teor de cloro ativo de 2 a 2,5%), utilizando um litro de água sanitária para cada 3 litros de água destilada durante 5 minutos e posteriormente lavados em água destilada. Os frutos foram colocados em bandejas para escorrer a água e depois foram feitas às aplicações do ácido 2-cloroetil fosfônico, via imersão, nas seguintes dosagens: 500, 1000 e 2000mg.L<sup>-1</sup>(foi feita uma proporção para que colocasse exatamente essa quantidade de ácido 2-cloroetil fosfônico utilizando-se o Ethrel<sup>®</sup> e água para que os tomates pudessem ser imersos). O tempo de imersão foi de dois minutos, após os quais os frutos foram retirados, colocados novamente para escorrer em bandejas e secar naturalmente e por último colocados em bandejas plásticas secas esterilizadas com hipoclorito

de sódio separados por tratamentos e submetidos a duas temperaturas diferentes para cada tratamento: 14 e 20°C.

As câmaras foram monitoradas diariamente através de termômetros e termohigrógrafos colocados dentro das mesmas. A umidade relativa nas câmaras foi em torno de 85%.

### 3.1.2.2. Tratamentos

Tratamento 1: aplicação do ácido 2-cloroetil fosfônico, dosagem 500mg.L<sup>-1</sup>, temperatura 20°C.

Tratamento 2: aplicação do ácido 2-cloroetil fosfônico, dosagem 1000mg.L<sup>-1</sup>, temperatura 20°C.

Tratamento 3: aplicação do ácido 2-cloroetil fosfônico, dosagem 2000mg.L<sup>-1</sup>, temperatura 20°C.

Tratamento 4: aplicação do ácido 2-cloroetil fosfônico, dosagem 500mg.L<sup>-1</sup>, temperatura 14°C.

Tratamento 5: aplicação do ácido 2-cloroetil fosfônico, dosagem 1000mg.L<sup>-1</sup>, temperatura 14°C.

Tratamento 6: aplicação do ácido 2-cloroetil fosfônico, dosagem 2000mg.L<sup>-1</sup>, temperatura 14°C.

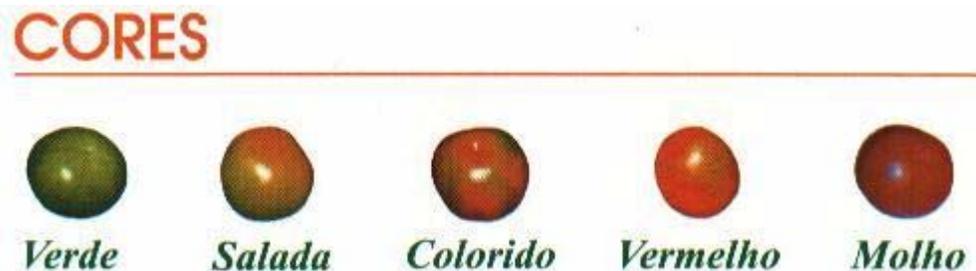
Tratamento 7: testemunha, temperatura 20°C.

Tratamento 8: testemunha, temperatura 14°C.

As análises foram realizadas através de determinações físico-químicas descritas a seguir.

### 3.1.2.3. Cor

A determinação do padrão cor (interna e externa) foi feita de acordo com o folheto CEAGESP (1998), normas de classificação de tomate (Figura 02). Todos os dias, durante o experimento os tomates armazenados eram observados e avaliados quanto à mudança da cor.

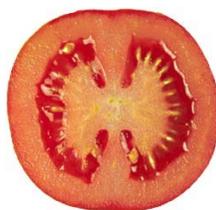


**Figura 02 - Cor do tomate de acordo com a cor de maturação. Fonte CEAGESP (1998).**

**Descrição:**

- Verde: quando toda a superfície do tomate é verde
- Salada: quando até 30% da superfície apresenta cor vermelha
- Colorido: quando até 60% da superfície apresenta cor vermelha
- Vermelho: não mais que 90% da superfície apresenta cor vermelha
- Molho: mais que 90% da superfície apresenta cor vermelha

Para a análise da cor interna, foi feito um corte transversal no fruto (Figura 03), a avaliação foi visual, observando a mesma descrição citada para avaliação externa.



**Figura 03 - Corte transversal do tomate.**

**3.1.2.4. Sólidos solúveis totais (°Brix)**

Para se quantificar o teor de sólidos solúveis, a amostra obtida do suco de dois frutos foi colocada através de gotas, no refratômetro, segundo as normas do Manual Técnico “Análises Químicas de Alimentos” (Carvalho et al., 1990). A determinação é dada em graus Brix (°Brix).

### 3.1.2.5. Acidez total titulável e pH

Para a determinação da acidez total titulável foi utilizada a amostra do suco de dois frutos e empregado o método da AOAC 37.1.37B (AOAC,1984).

A determinação do pH foi realizada com o mesmo material utilizado na obtenção da acidez total titulável onde, antes da adição do hidróxido de sódio, fez-se a leitura com o peagâmetro digital, mantendo-se a solução homogeneizada.

### 3.1.2.6. Perda de peso

Para o acompanhamento da perda de peso, determinou-se 3 frutos de cada tratamento que foram pesados em balança analógica, durante o período do experimento, dos quais foram calculadas as médias. A cada mudança de cor era determinada a percentagem de perda de peso parcial acumulada.

A porcentagem de perda de peso foi calculada através da equação (1) seguinte:

$$\%Pp = (( P_i - P_n) / P_i) *100 \quad (1)$$

Onde:

$\%Pp$ = percentagem de perda de peso parcial acumulada

$P_i$  = Peso total da amostra em um período determinado, em g

$P_n$  = Peso total da amostra no período seguinte a  $P_i$ , em g

#### 3.1.2.7. Sólidos totais (%)

A determinação do teor de sólidos totais (%) do tomate foi realizado através do método direto, utilizando-se a estufa a vácuo à 70°C até peso constante, descrito em Puzzi (1986).

#### 3.1.2.8. Determinação da Densidade

A densidade foi determinada utilizando-se o método de deslocamento de volume, descrito por Mohsenin (1986).

#### 3.1.2.9. Ácido ascórbico

A determinação procedeu-se pelo método de titulação com 2,6-Dichlorophenol-indophenol descrita por Romero Penã (1999).

#### 3.1.2.10. Firmeza

Para avaliação da firmeza, foi utilizado o texturômetro, onde os frutos ficavam entre dois pratos planos, colocados de maneira que a inserção do pedúnculo ficasse para cima na vertical e submetidos a uma força até que a superfície rompesse, observada visualmente. A velocidade pré-estabelecida foi de 10mm/min com uma força pré-carga 2,5 N.

O texturômetro era coligado a um computador, que fazia a aquisição dos dados através do programa computacional, Nexygen 3,0 Software-Lloyd.

A avaliação foi feita, para determinar a quantidade de força que um fruto suporta até que sua superfície externa seja rompida.

### **3.2. Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi Split Plot. Os testes de avaliação estatísticas foram obtidos por meio do programa computacional SAS e as médias comparadas usando testes de Tukey com 5% de significância. Foram utilizados 8 tratamentos, sendo duas testemunhas (não tratados) e 3 repetições com 30 frutos e para cada análise, as repetições eram replicadas 2 vezes.

Análise estatística: a análise dos dados obtidos foi feita segundo o procedimento GLM do sistema para análise estatística para microcomputador SAS (SAS Institute Inc. Cary, NC, EUA, 1992). O delineamento experimental Split Plot foi dividido em parcelas que foram os 8 tratamentos (dosagem x temperatura) e as subparcelas (4 colorações), conforme descritos a seguir:

**Parcelas:**

- 2 temperaturas
  - 14°C
  - 20°C
- 4 dosagens
  - 500mg.L<sup>-1</sup>
  - 1000mg.L<sup>-1</sup>
  - 2000mg.L<sup>-1</sup>
  - testemunha

**Subparcelas:**

Observação: ponto inicial para aplicação do produto foi salada

- 4 cores
  - salada (1)
  - colorido (2)
  - vermelho (3)
  - molho (4)

**Blocos:**

- 2 blocos
  - teste 1 (setembro)
  - teste 2 (janeiro)

Para as variáveis que apresentaram F significativos, isto é, para aquelas em que se rejeitou a hipótese de nulidade, foram feitas comparações entre médias duas a duas aplicando-se o teste t de Student.

## IV - Resultados e Discussões

Os resultados foram obtidos através das análises, realizadas de acordo com a mudança de cor (salada, colorido, vermelho e molho). Observou-se que os frutos armazenados à temperatura de 20°C, amadureceram primeiro que os frutos armazenados à temperatura de 14°C e a mudança de uma cor para outra nos estádios iniciais (salada, colorido) foram mais rápidas do que nos estádios finais (vermelho e molho).

### 4.1. Cor

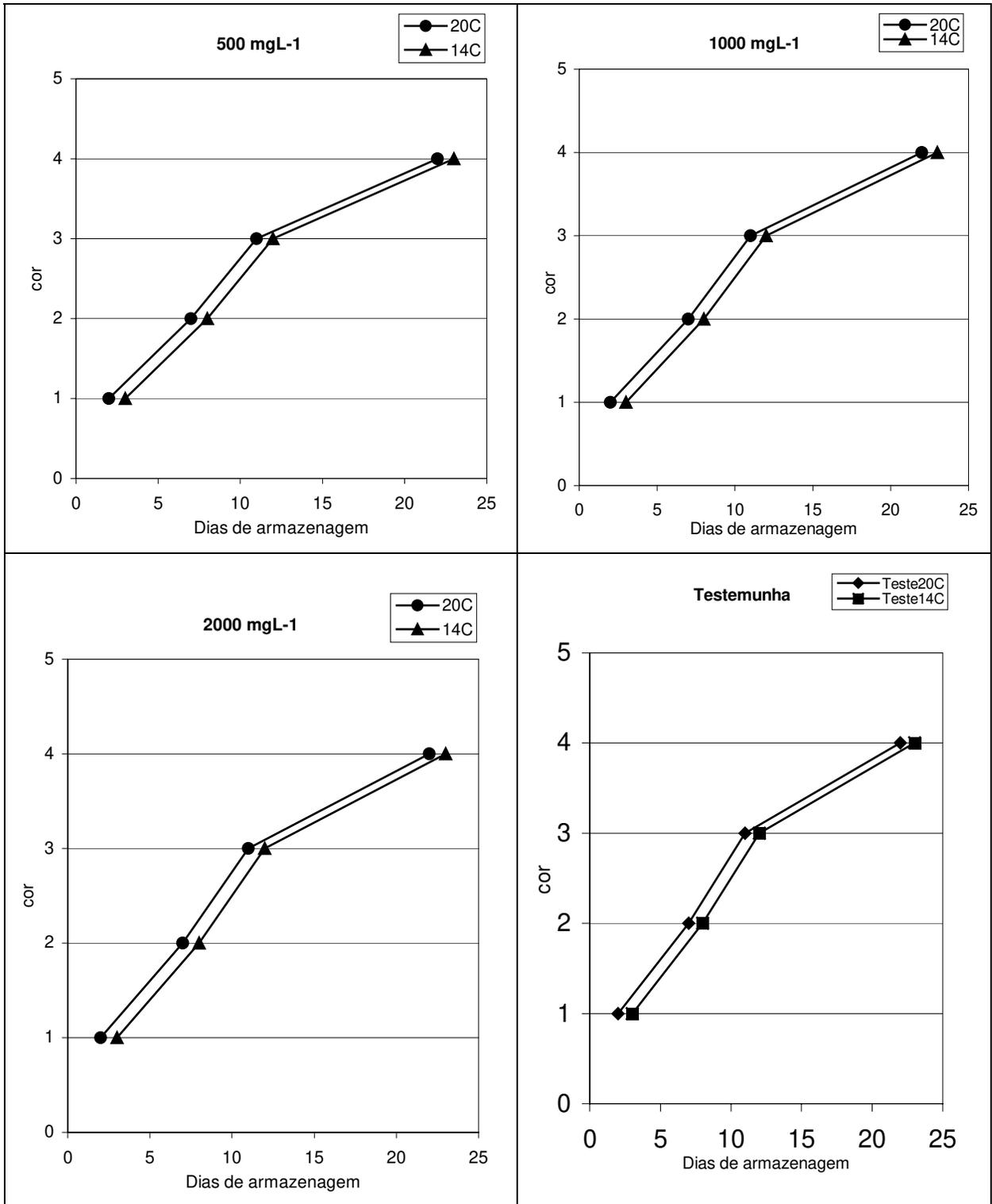
Na Figura 04, observou-se que nos estádios iniciais do amadurecimento, ou seja, do salada para o colorido (5 dias) e colorido para o vermelho (4 dias) a mudança de cor foi mais rápida do que no estádio final vermelho para molho (12 dias).

A cor externa apresentava-se sempre mais acentuada do que a interna, portanto o amadurecimento se dá de fora para dentro do fruto e o processo de amadurecimento foi gradual com os dias de armazenagem.

Em testes preliminares observou-se que quando os frutos são submetidos a temperaturas superiores à 30°C, adquirem cor alaranjada, concordando com Thompson apud Filgueiras (1996), onde se relata que temperaturas acima de 30°C inibem a síntese de licopeno e favorecem o acúmulo de B-caroteno.

A evolução da cor vermelha (licopeno) é desejável em tomates de acordo com Cortez et al. (2002). Os frutos acondicionados à temperatura de 14°C (Tratamentos 4, 5, 6 e 8), demoraram dois dias a mais para atingir a cor molho do que os acondicionados à temperatura de 20°C (Tratamentos 1, 2, 3, 7), concordando os autores citados, que relatam que a temperatura tem um efeito bastante característico sobre a respiração de frutas, quando o calor aumenta, a velocidade respiratória também aumenta, assim como todas as atividades bioquímicas.

Quanto à diferença de dosagem de ácido 2-cloroetil fosfônico aplicada nos tomates verificou-se que não houve interferência na mudança de cor.



**Figura 04 - Variação da cor do tomate tratado com diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados em duas temperaturas.**

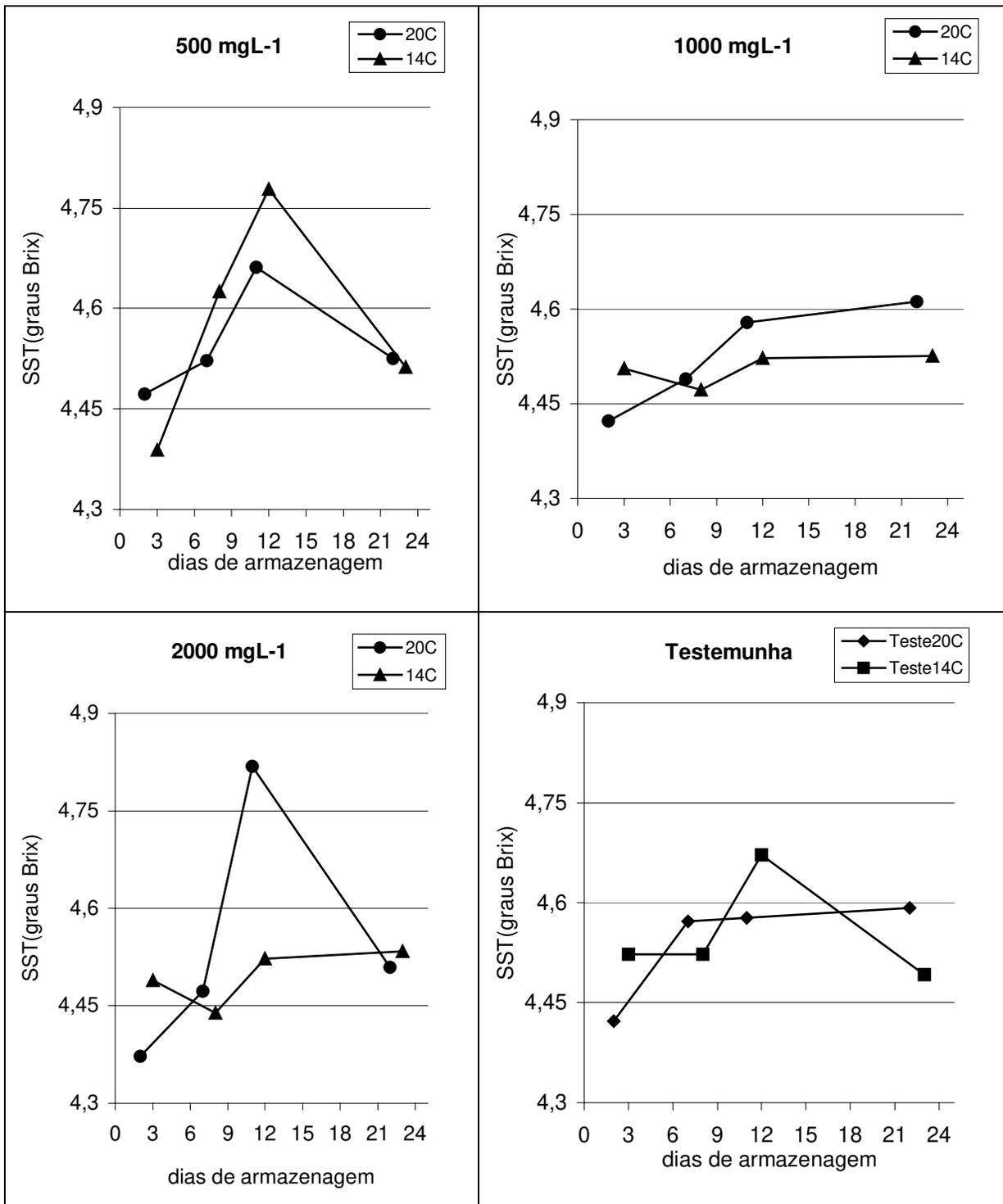
#### 4.2. Sólidos solúveis totais – SST (°Brix)

Na Figura 05, concordando com os dados de Hanna apud Vanegas (1987), Castro (2000) e Chomchalow (1991), durante o período de amadurecimento, ocorreu aumento progressivo no teor de SST, os valores são crescentes com os dias de armazenagem até atingir um valor máximo para depois começar a decrescer. Durante o amadurecimento de tomates há uma diminuição na porcentagem de SST, atribuída ao consumo respiratório (Young, Juvik e Sullivan, 1993).

Há uma variação no consumo de açúcares na armazenagem a 20°C que foi mais rápido que a 14°C, principalmente durante as variações de cores salada até vermelho. Os SST aumentam no transcorrer do processo de maturação do fruto, por biossíntese ou degradação dos polissacarídeos, favorecidos pela ação das amilases e fosforilases, que têm suas atividades intensificadas com o aumento da produção de etileno (Chitarra & Chitarra, 1990).

Nas dosagens 500mg.L<sup>-1</sup> (14 e 20°C) e 2000mg.L<sup>-1</sup> (20°C) o comportamento dos frutos para SST foi semelhante durante todo o amadurecimento.

Para dosagens de 2000mg.L<sup>-1</sup> (14°C) e 1000mg.L<sup>-1</sup> (14°C) a partir da cor colorido o comportamento foi similar, aumentou com o amadurecimento e depois se manteve constante. Frutos não tratados apresentaram comportamento inverso na cor colorido. A diferença de comportamento na aplicação de ácido 2-cloroetil fosfônico à concentração de 1000mg.L<sup>-1</sup>, pode ser uma variabilidade da amostra.



**Figura 05 – Variação dos valores médios dos Sólidos solúveis totais - SST (°Brix) do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a diferentes temperaturas.**

No Quadro 1, letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância. Houve diferença significativa para os SST na cor vermelho, onde o tomate apresentou maior concentração de açúcares. Essa tabela expressa a comparação entre as médias dos tratamentos das duas épocas diferentes (setembro e janeiro).

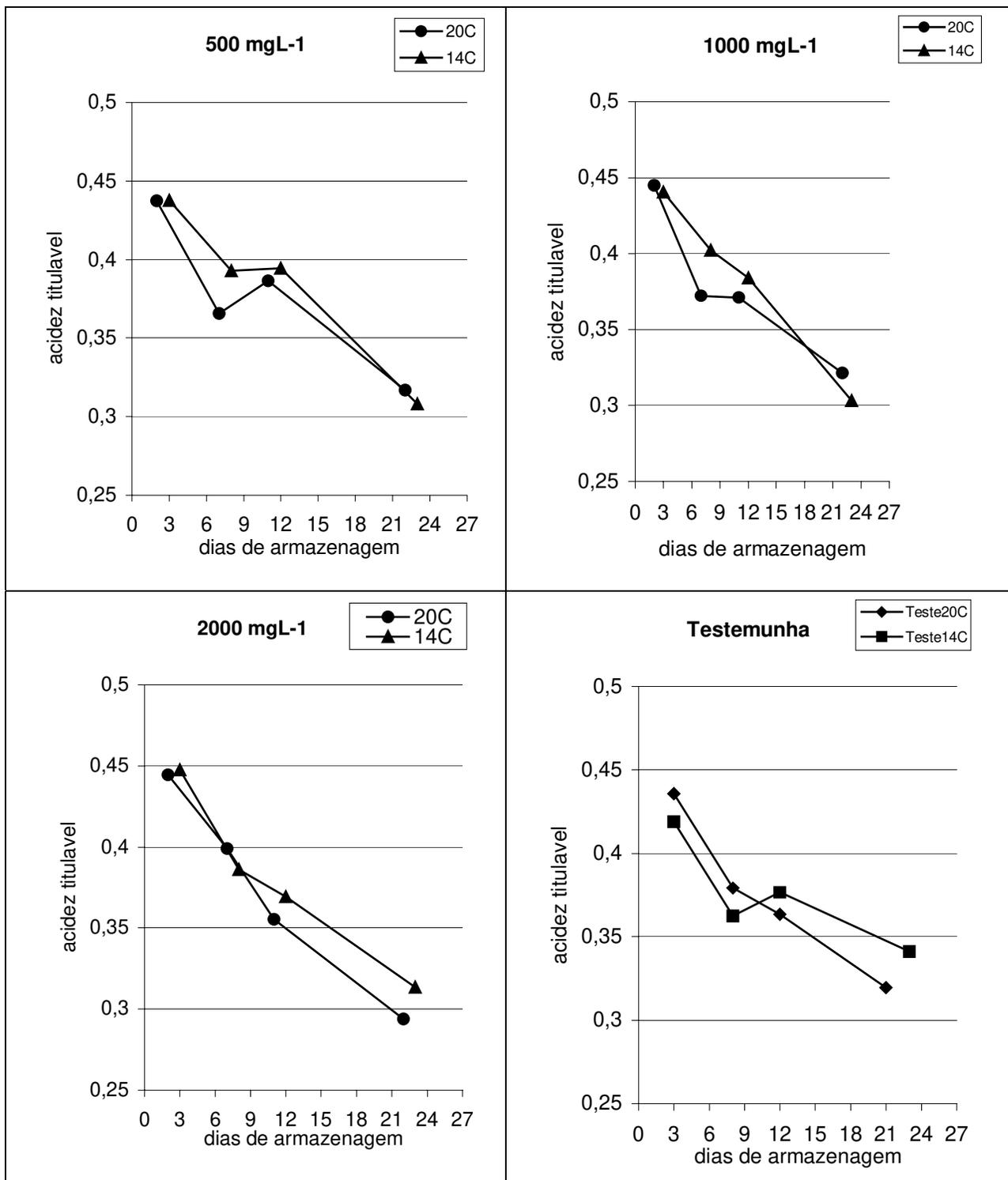
**Quadro 1 – Valores médios dos Sólidos solúveis totais para os tomates em função da cor.**

<b>Cor</b>	<b>Sólidos solúveis totais - SST (°Brix)</b>
3 (vermelho)	4,64 a
4 (molho)	4,54 b
2 (colorido)	4,51 b
1 (salada)	4,44 b

#### **4.3. Acidez Total Titulável (ATT)**

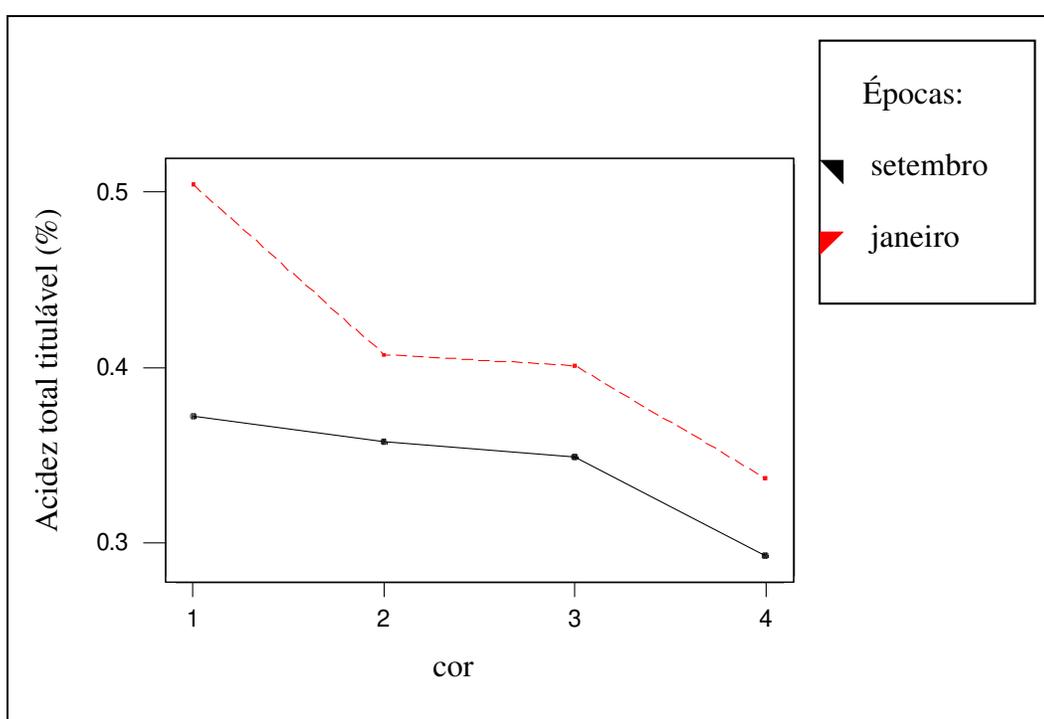
Concordando com Matoo & Suttle, (1991) e Castro (2000), a ATT tende a diminuir ao longo do amadurecimento.

Na Figura 06, pode-se observar o comportamento da ATT ao longo do amadurecimento dos frutos. O teor médio de ATT não apresentou diferença entre os tratamentos. Todos os tratamentos apresentaram comportamento similar ao longo do amadurecimento



**Figura 06 - Variação dos valores médios da acidez titulável do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a diferentes temperaturas.**

Pela análise de variância em relação a ATT verificou-se que existem efeitos significativos a 5% para cor e para a interação cor x blocos (que correspondem a épocas diferentes em que foram realizados os experimentos), ou seja, na Figura 07, houve interação entre a ATT em relação ao fator cor entre os blocos. Portanto a ATT teve comportamento semelhante nos dois experimentos, com uma tendência de variação decrescente. Segundo Matoo & Suttle (1991), os ácidos aumentam até a cor salada e diminuem até o amadurecimento completo dos frutos, cor molho, e a cultivar, o local e a época de colheita, apresentam influência sob o teor de sólidos solúveis e acidez titulável. Observou-se diferença acentuada no valor da ATT nos tomates colhidos nas épocas diferentes (setembro e janeiro).



**Figura 07 – Variação da acidez titulável do tomate, em função da época de colheita (setembro e janeiro).**

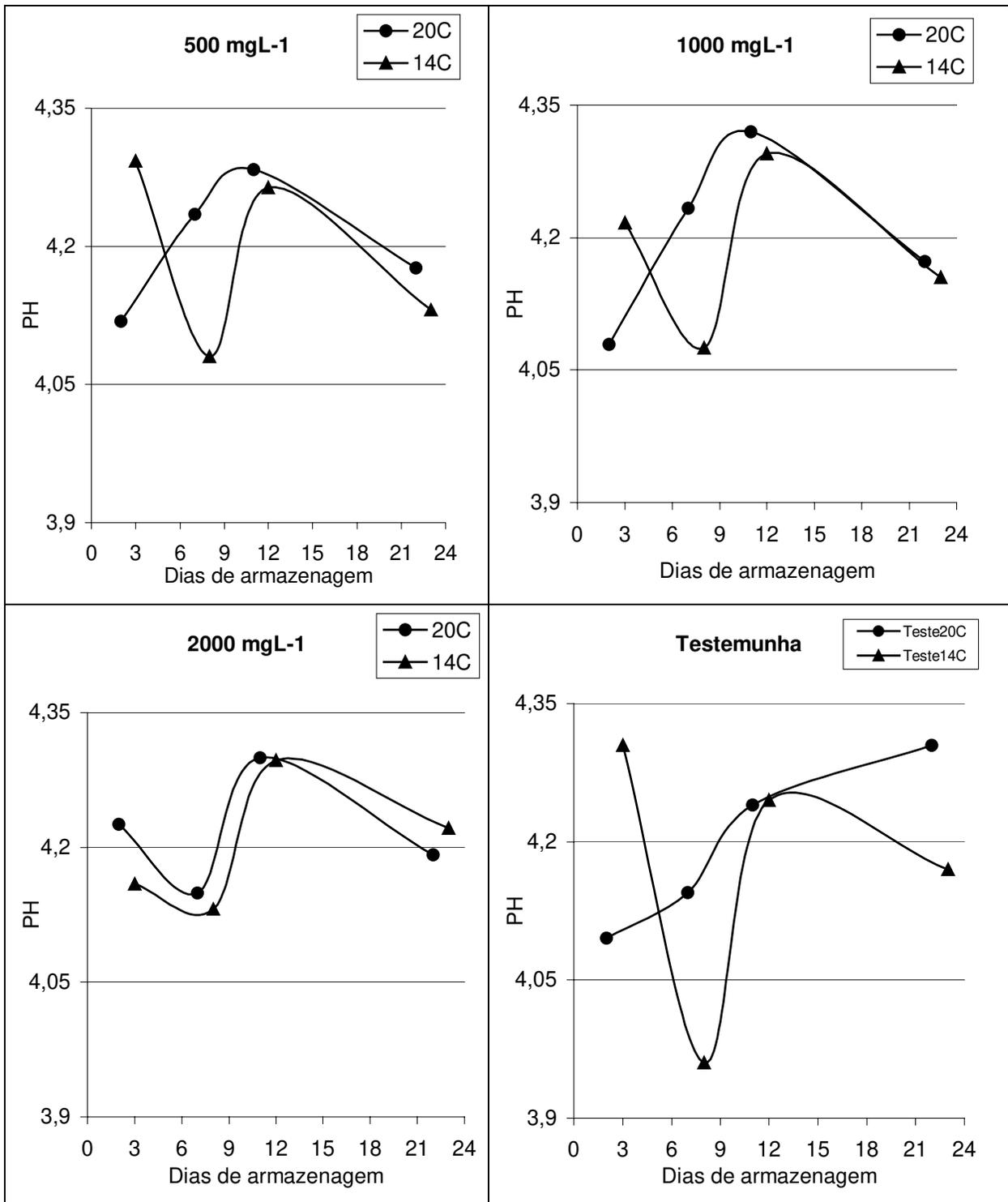
#### 4.4. pH

Na Figura 8, observa-se que no Tratamento 1 o pH aumentou lentamente durante a maturação até atingir a cor 3 (vermelho) com valor máximo de 4,28 no 11º dia e posteriormente, os valores caíram até 4,17 no 22º dia que correspondeu à última cor de amadurecimento (molho), concordando com Castro (2000). No Tratamento 4 o valor de pH diminuiu na cor 1 (salada) e depois foi aumentando até atingir o valor máximo (4,26) na cor 3 e decrescendo no final atingindo valor de 4,13 na cor molho.

Observa-se que no Tratamento 2 o pH aumentou lentamente durante a maturação até atingir a cor 3 com valor máximo de 4,32 no 11º dia e depois os valores caíram até 4,17 no 22º dia que correspondeu à última cor de amadurecimento (molho). No Tratamento 5 o valor de pH diminuiu na cor 1 e depois foi aumentando até atingir o valor máximo (4,29) na cor 3 e decrescendo no final atingindo valor de 4,15 na cor molho.

Observa-se que no Tratamento 3 e no Tratamento 6 os valores de pH diminuíram na cor 1 e depois foram aumentando até atingirem valores máximos (4,3 e 4,29, respectivamente) na cor 3 e decrescendo no final atingindo valores de 4,19 e 4,22 na cor molho.

No Tratamento 7 o valor de pH na cor 1 era 4,09 e foi aumentando gradativamente até atingir 4,3 na última cor. Já no Tratamento 8 o valor de pH era no início 4,3 diminuiu até 4,24 na cor 2 e depois foi aumentando até atingir o valor máximo (4,29) na cor 3 e decrescendo no final atingindo valor de 4,15 na cor molho.

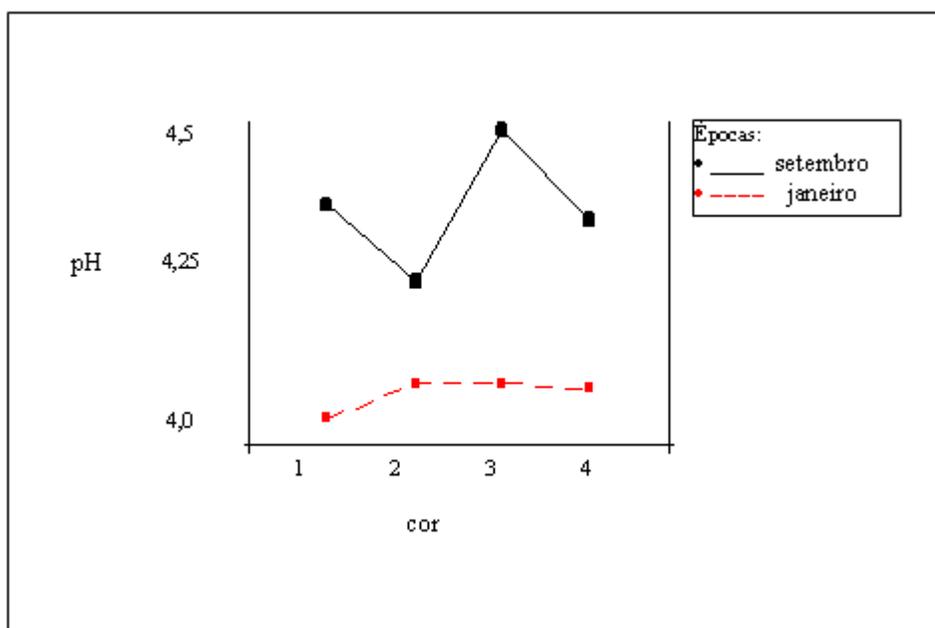


**Figura 08 - Variação média dos valores do pH do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a diferentes temperaturas.**

O pH aumenta lentamente durante a maturação, e sofre a influência de fatores como a época de colheita Matoo & Suttle (1991).

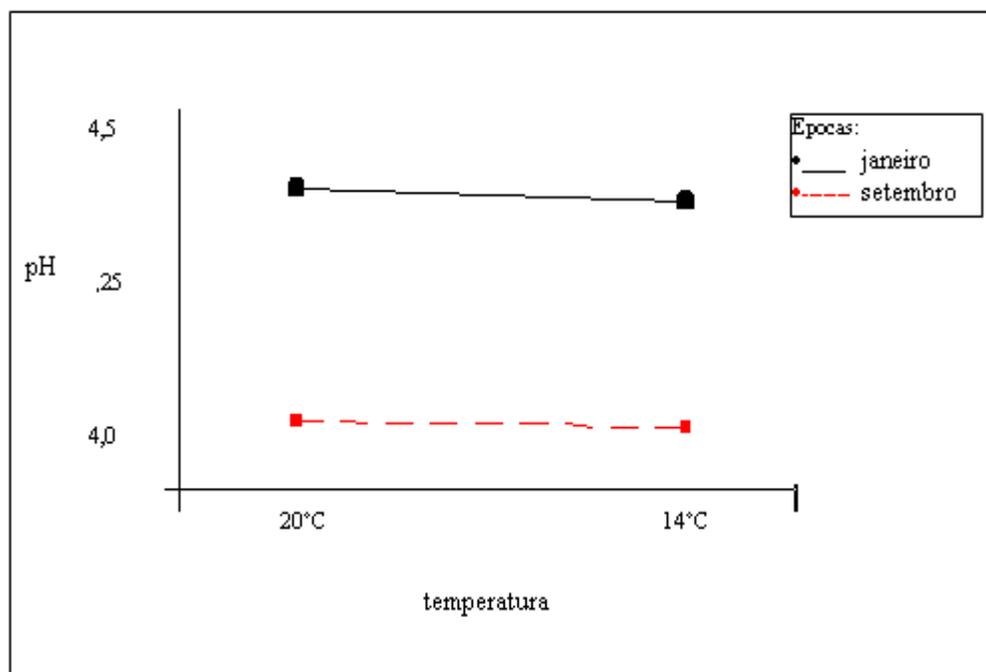
As Figuras 09, 10, 11, 12, 13 e 14 demonstram a interação entre cada fator, pela análise de variância em relação ao pH verificamos que existem efeitos significativos a 5% para fator cor, bloco (que correspondem a épocas diferentes em que foram realizados os experimentos) x cor, dosagem x cor e temperatura x cor, ou seja, houve interação do pH entre todos os fatores.

A Figura 09 demonstra a interação entre o pH e o fator cor, havendo diferenças significativas para as duas épocas diferentes de realização do experimento setembro e janeiro. Na cor 2 (colorido) houve comportamento inverso do pH, onde em janeiro continuou aumentando e em setembro diminuiu, após essa cor o comportamento foi similar apesar da diferença muito grande de amplitude.



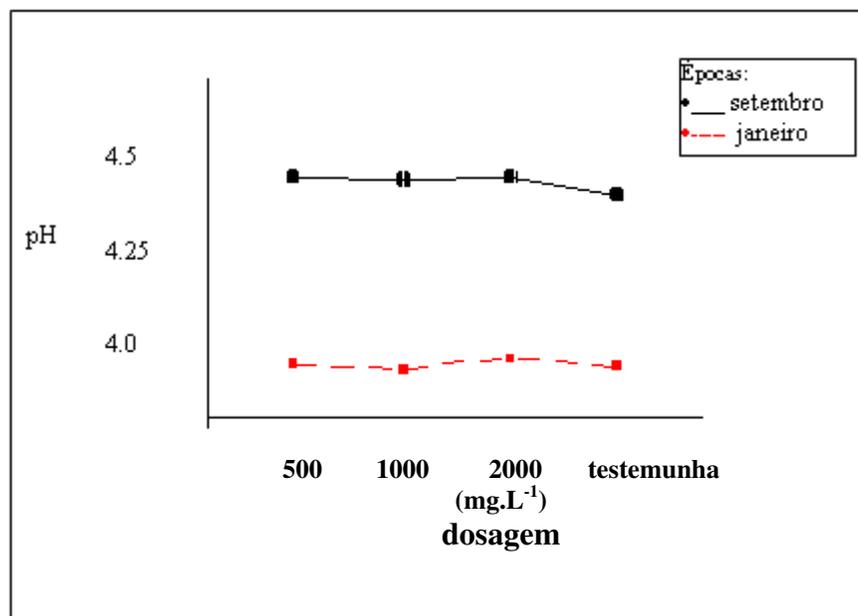
**Figura 09 – Variação do pH do tomate. Interação entre as épocas de colheita setembro e janeiro, cor 1 (salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho).**

Na Figura 10, houve diferença quanto aos valores de pH. O comportamento do pH nas duas épocas setembro / janeiro foi similar para as temperaturas (20°C e 14°C).



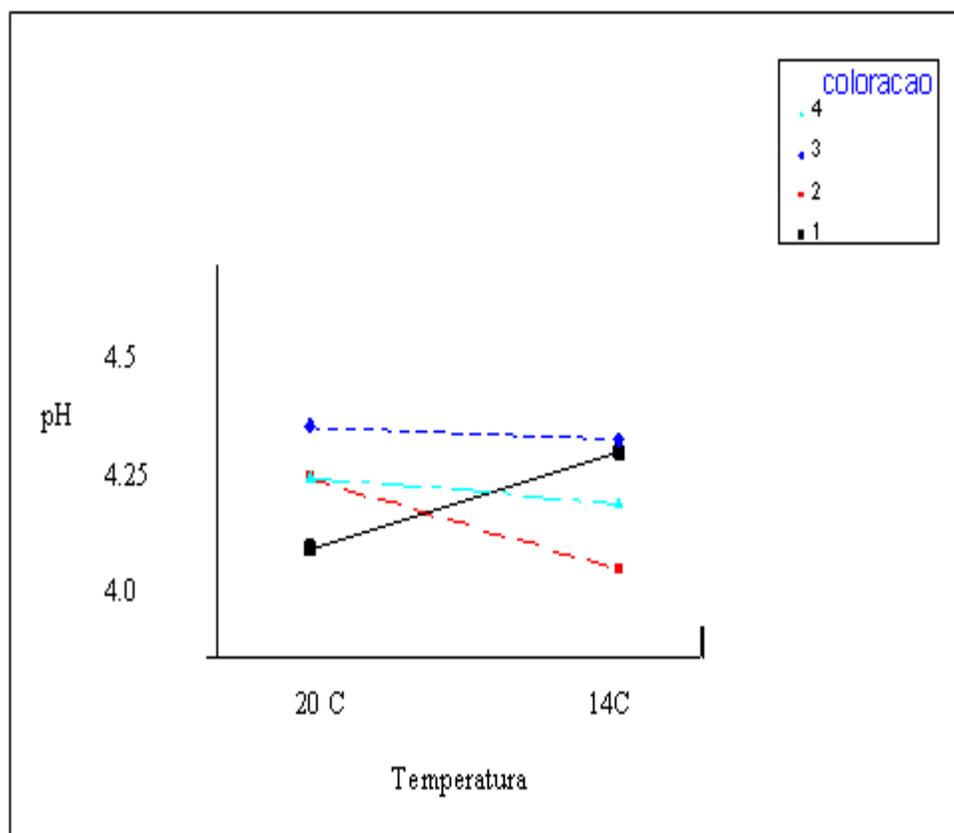
**Figura 10 – Variação do pH do tomate. Interação entre as épocas setembro / janeiro e temperatura 20°C / 14°C.**

As dosagens de ácido 2-cloroetil fosfônico influenciaram o pH de maneira diferente em relação às duas épocas em que foram realizados os experimentos, a variação do pH teve uma amplitude muito grande, Figura 11.



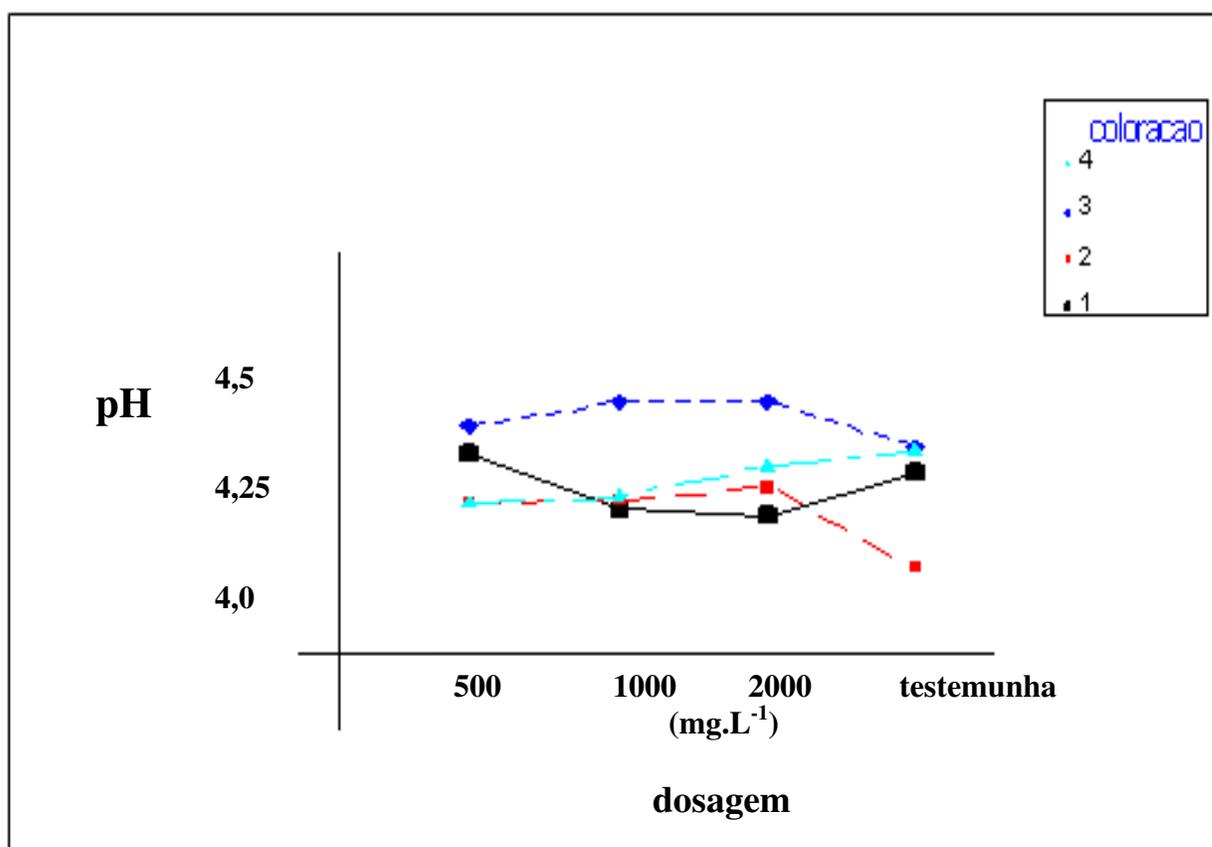
**Figura 11 – Variação do pH do tomate. Interação entre as épocas de colheita setembro/janeiro e dosagens de ácido 2-cloroetil fosfônico 500 mg.L<sup>-1</sup>, 1000 mg.L<sup>-1</sup>, 2000 mg.L<sup>-1</sup> e testemunha.**

Na Figura 12 houve variação do pH entre a cor 1 (salada) em relação à temperatura de 20°C que teve pH menor e 14°C pH maior. Na cor 2 (colorido) ocorreu o inverso da cor salada, o mesmo ocorrendo para as outras duas cores.



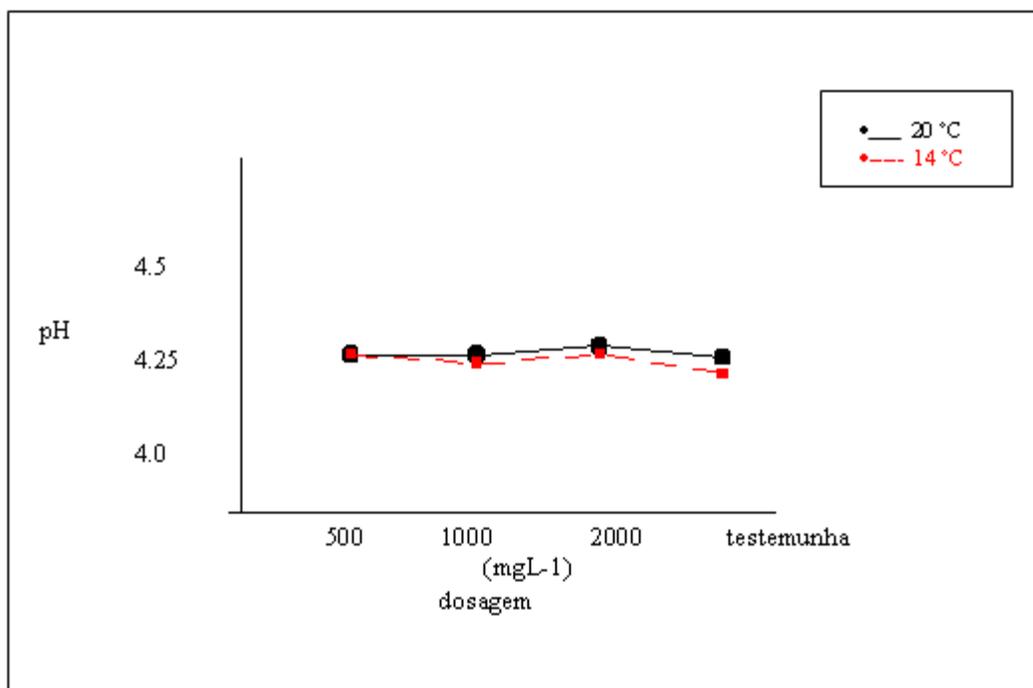
**Figura 12 – Variação do pH do tomate. Interação entre as cores 1(salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho) e temperaturas 20°C e 14°C.**

A Figura 13, mostra o pH interagindo entre cor e dosagem, ou seja, dependendo da dosagem de ácido 2-cloroetil fosfônico que aplicou no fruto, em combinação com a cor em que foi feita a análise, houve interação para o fator pH. O tomate na cor vermelho e salada, teve comportamento inverso para as dosagens de 1000mg.L<sup>-1</sup> e 2000mg.L<sup>-1</sup>, ou seja, na cor vermelho o pH aumentou e na cor salada diminuiu para essas dosagens. Na cor colorido e molho houve diferença no comportamento do pH para a testemunha.



**Figura 13 – Variação do pH do tomate. Interação entre as cores 1(salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho). Interação entre os testes 1 e 2, coloração e dosagens de ácido 2-cloroetil fosfônico 500mg.L<sup>-1</sup>, 1000mg.L<sup>-1</sup>, 2000mg.L<sup>-1</sup>e Testemunha .**

Na Figura 14, o comportamento pH do tomate para as temperaturas 20°C/14°C, foi similar, ocorrendo diferença de comportamento para a dosagem de 1000mg.L<sup>-1</sup>, onde para 20°C o pH continuou a aumentar e para 14°C diminuiu.

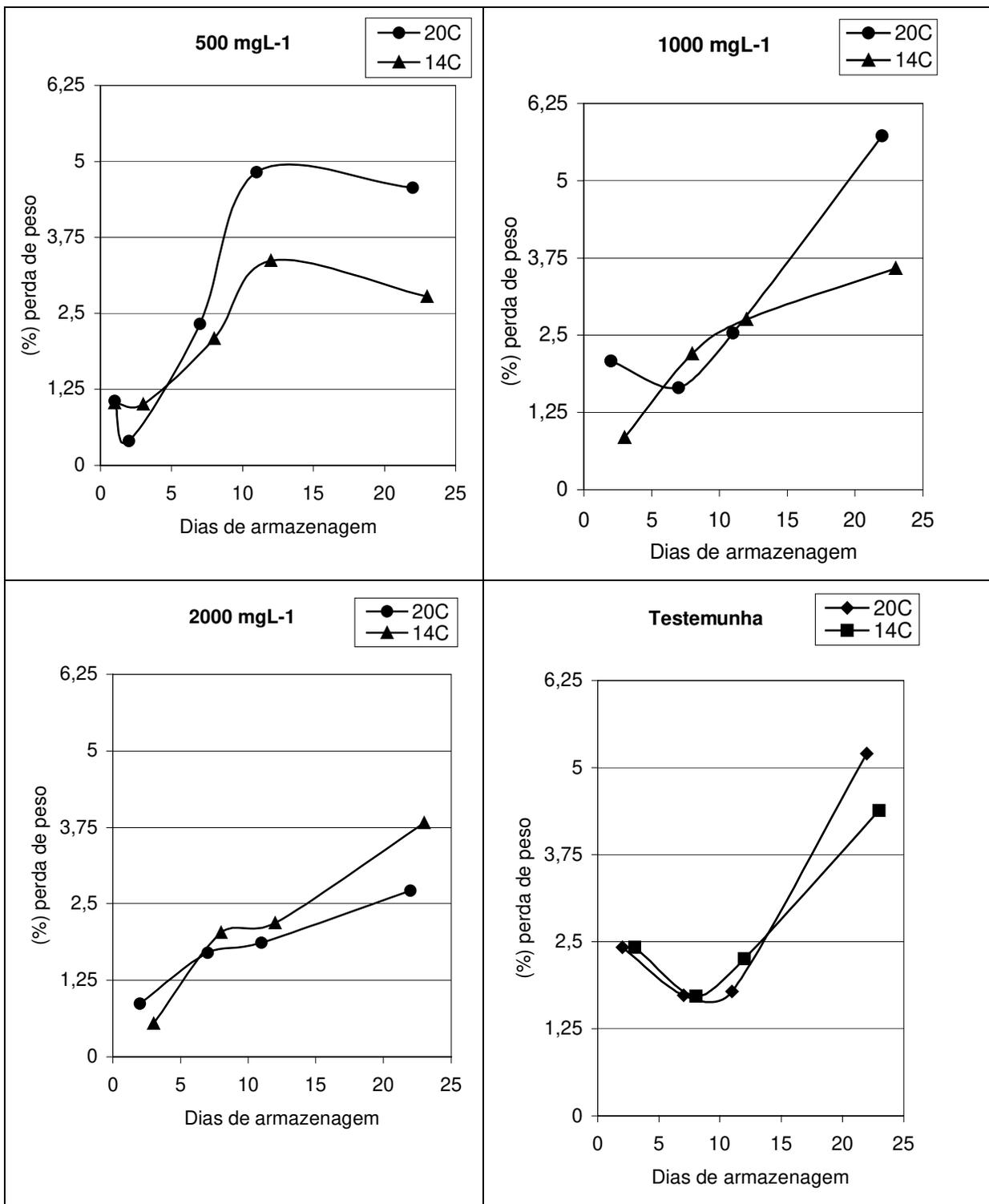


**Figura 14 – Variação do pH do tomate. Interação entre temperatura 20°C / 14°C e dosagens de ácido 2-cloroetil fosfônico 500mg.L<sup>-1</sup>, 1000mg.L<sup>-1</sup>, 2000mg.L<sup>-1</sup> e testemunha .**

#### 4.5. Perda de peso

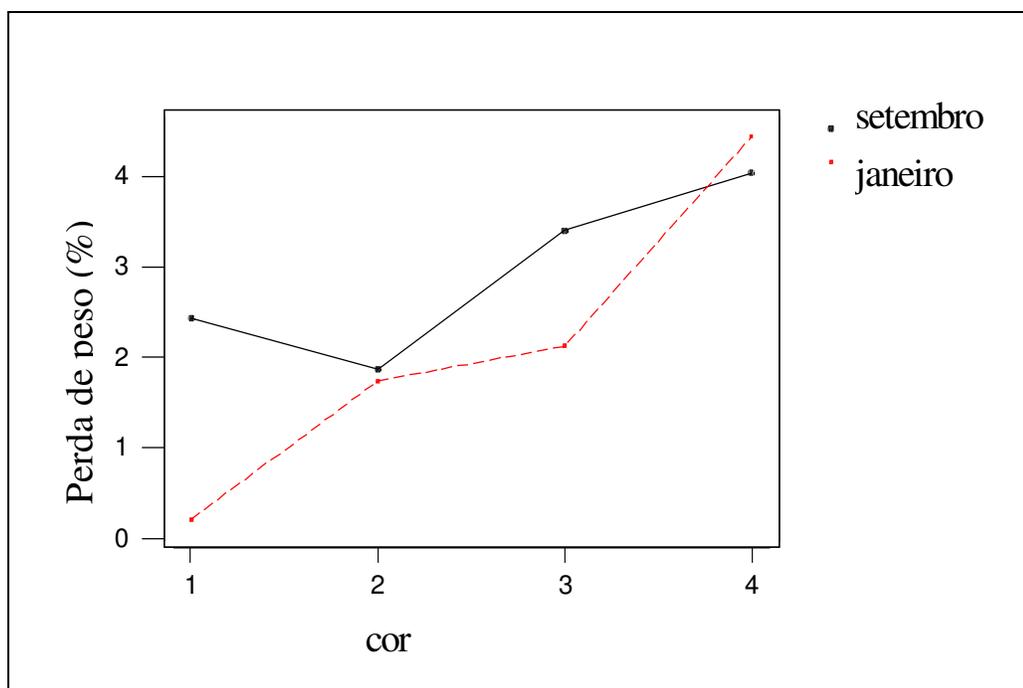
A umidade relativa do ar da câmara afeta diretamente a qualidade dos produtos nela armazenados e a umidade relativa recomendada é de 85% a 95%, percentuais estes, que evitam o murchamento e o desenvolvimento de microrganismos Sigrist et al. (2002). A média da umidade relativa das câmaras nos experimentos foi 85%. Frutos como o tomate, com uma cutícula protetora são muito protegidos contra a perda de água e podem ser armazenados em ambientes relativamente secos com umidade relativa entre 70% a 90% (Luengo, 2001).

A Figura 15, mostra a tendência dos tomates quanto às médias dos valores obtidos na medição da percentagem de perda de peso parcial acumulada e verifica-se que houve perda de peso nos tomates durante o armazenamento, o mesmo observado por Moura (1999). Em todos os tratamentos o comportamento foi o mesmo, ou seja, conforme o tomate foi amadurecendo a perda de peso foi aumentando. Quanto às dosagens de ácido 2-cloroetil fosfônico 500mg.L<sup>-1</sup> e 2000mg.L<sup>-1</sup> a perda de peso foi maior a 14°C (4,57% e 3,83%) que a 20°C (2,77% e 2,71%), respectivamente. À dosagem de ácido 2-cloroetil fosfônico 1000mg.L<sup>-1</sup> e testemunha, a perda de peso foi maior a 20°C (5,73% e 5,20%) que a 14°C (3,58% e 4,39%). Portanto, a menor percentagem de perda de peso foi à temperatura de 20°C na dosagem de 2000mg.L<sup>-1</sup> e a maior percentagem de perda de peso foi à temperatura de 20°C na dosagem de 1000mg.L<sup>-1</sup>. Porém, estatisticamente, não houve diferença significativa entre as dosagens e quanto às temperaturas.



**Figura 15 – Variação dos valores médios da perda de peso do tomate tratado com diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a temperaturas diferentes.**

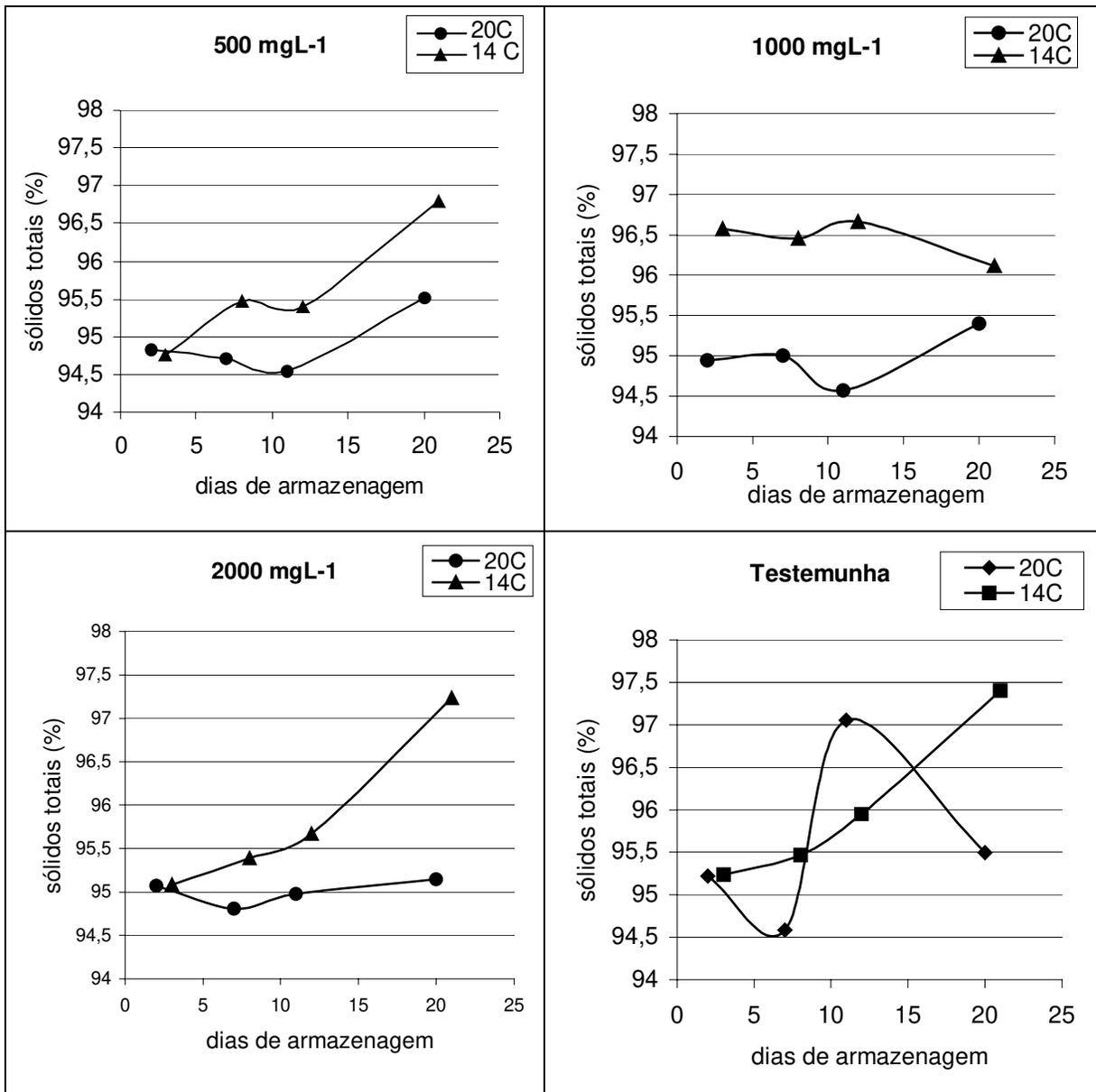
Houve diferença significativa entre as épocas e na Figura 16, observa-se entre a perda de peso a interação da cor entre as épocas dos experimentos (setembro e janeiro), ou seja, a perda de peso teve tendência de comportamento semelhante mas houve diferença quanto à amplitude.



**Figura 16 – Variação da perda de peso do tomate. Interação entre as épocas setembro e janeiro em relação às cores 1(salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho).**

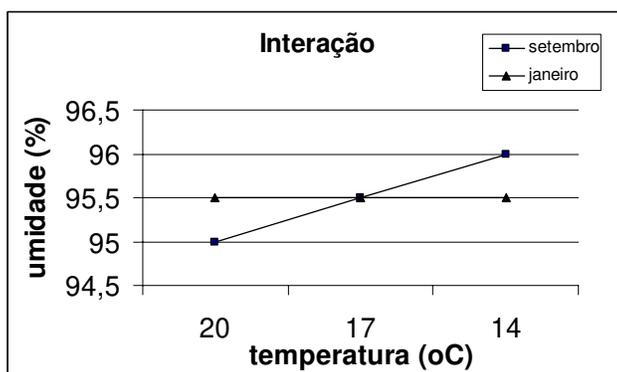
#### 4.6. Sólidos totais (%)

Na Figura 17, os sólidos totais (%) foram mais acentuados em todos os tratamentos partir da cor vermelho e a amplitude foi similar. Na dosagem  $1000\text{mg.L}^{-1}$  observa-se inversão entre os tratamentos  $20^{\circ}\text{C}$  diminuindo e  $14^{\circ}\text{C}$  aumentando a porcentagem de; mesmo comportamento observa-se nos frutos não tratados. Nas dosagens  $500\text{mg.L}^{-1}$  e  $2000\text{mg.L}^{-1}$  de ácido 2-cloroetil fosfônico os sólidos totais (%) aumentou com o amadurecimento. Houve diferença significativa a 5% de significância em relação à temperatura entre os tratamentos. Concordando com Bhowmik & Pan, (1992), que citam que a transpiração é a maior responsável pela perda de peso cujo mecanismo pelo qual a água é perdida, ocorre por diferença de pressão de vapor d'água entre a atmosfera circundante e a superfície do fruto. A diferença de pressão de vapor é uma função da temperatura, pressão atmosférica e umidade relativa do ar. A respiração, por sua vez, também causa redução no peso, pois átomos de carbono são perdidos do fruto toda vez que uma molécula de  $\text{CO}_2$  é produzida e perdida para a atmosfera.



**Figura 17 – Variação dos valores médios dos Sólidos totais (%) do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a diferentes temperaturas.**

Na Figura 18, há interação entre os sólidos totais (%) e os experimentos realizados em épocas diferentes, ou seja, o comportamento entre os sólidos totais (%) dos frutos foi similar apesar da época de armazenagem.



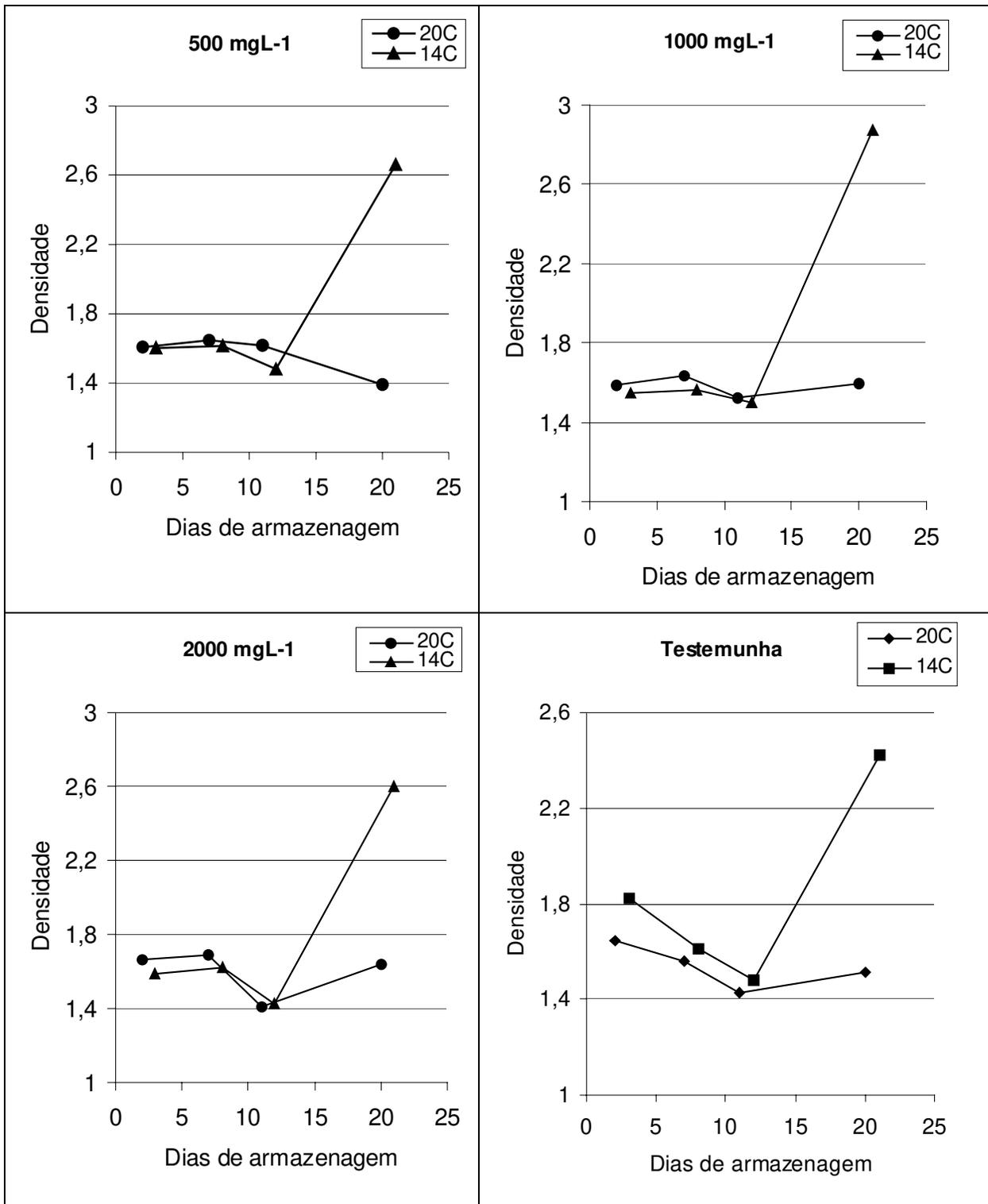
**Figura 18 – Variação dos Sólidos totais (%) do tomate. Interação entre temperatura e Sólidos totais (%).**

#### 4.7. Densidade

A densidade variou com o estágio de maturação e também com a qualidade do produto. Observa-se na Figura 19 que a densidade dos tomates armazenados à temperatura de 14°C aumentou em todos os tratamentos; armazenados a 20°C ou manteve-se no final do amadurecimento igual a coloração inicial como é o caso do tratamento 2 (1000mg.L<sup>-1</sup>) e 3 (200mg.L<sup>-1</sup>) ou teve uma ligeira queda, tratamento 1 (500mg.L<sup>-1</sup>) e 7 (testemunha). De acordo com esses dados supõe-se que frutos armazenados à temperatura de 14°C aumentam sua densidade no final do amadurecimento e armazenados a temperaturas de 20°C no mínimo mantém a sua densidade no final do amadurecimento, nesse caso pode ser devido a qualidade do fruto que sofreu deterioração.

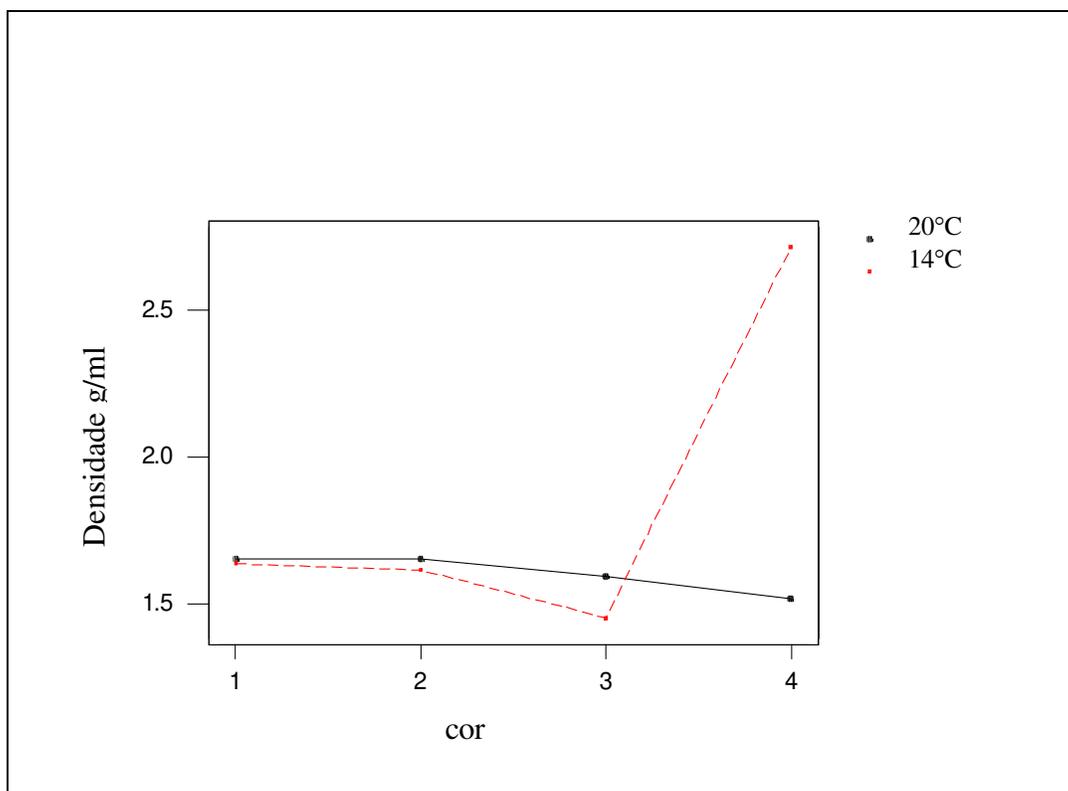
Correlacionando densidade com perda de peso, houve concordância com Wills et. al. (1989) que explicam o efeito de área da superfície/volume em relação à perda de água onde o principal fator no grau de perda de água do produto é a área da superfície em relação ao volume do material. Com relação apenas ao aspecto físico há uma grande perda de água por evaporação de um produto com uma grande superfície em relação ao volume. Nos experimentos observou-se que a densidade teve o mesmo comportamento da perda de peso, ou

seja, com o amadurecimento do fruto, a porcentagem de perda de peso e a densidade aumentaram. E à temperatura 14°C onde a respiração do fruto é menor que a 20°C, a densidade foi maior.



**Figura 19 – Variação dos valores médios da densidade do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados à diferentes temperaturas.**

Houve diferença significativa a 5% de significância entre os tratamentos e na Figura 20, observa-se interação entre a Densidade do fruto quando se analisa a cor em relação à temperatura. A densidade na cor molho (4) foi menor em relação a 20°C na cor salada e o inverso para 14°C. Na cor vermelho (3) a 14°C a densidade foi menor que a 20°C. Reafirmando o que já foi relatado para a Figura 19.



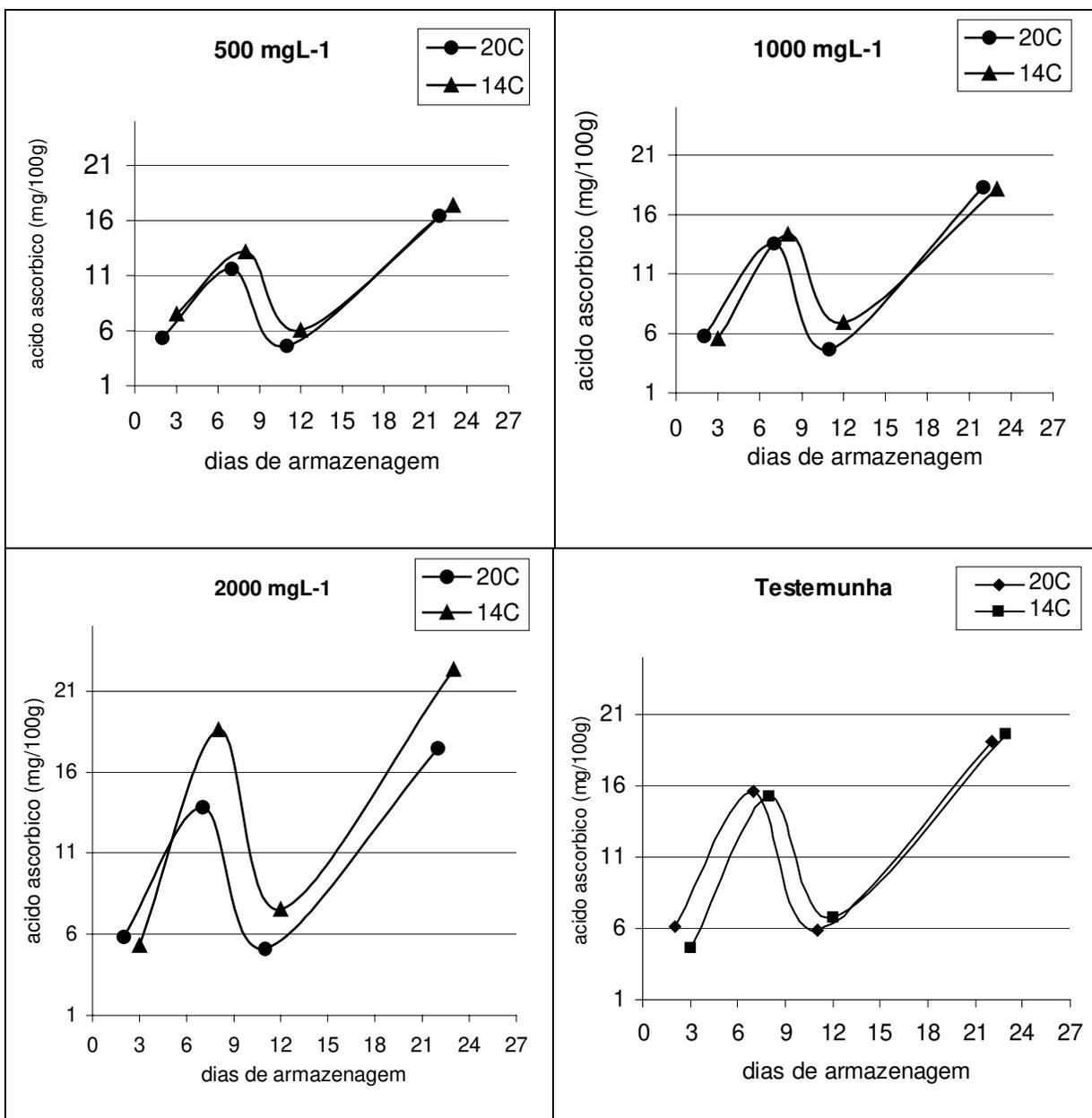
**Figura 20– Variação da densidade do tomate. Interação entre cor e temperatura. Interação entre temperatura 20°C / 14°C e cores 1(salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho).**

#### **4.8. Ácido ascórbico**

A avaliação do ácido ascórbico, Figura 21, mostra que os tratamentos tiveram comportamento semelhante, ou seja, a quantidade aumentou na cor colorido, diminuiu na cor vermelho e aumentou atingindo a concentração máxima na cor molho, variou quantitativamente.

Os tomates tratados apresentaram comportamento semelhante nos não tratados com ácido 2-cloroetil fosfônico, concordando com Moretti et al. (2002), em tomates cv. Solimar, colhidos no estágio de amadurecimento verde-maduro (100% da superfície do fruto com coloração verde) e tratados com etileno, num sistema de fluxo contínuo ( $50\text{mL.L}^{-1}$ ) por 12 horas, a  $20^{\circ}\text{C}$ , onde tanto o pericarpo quanto o tecido locular não tiveram os teores de vitamina C total alterados pelas condições de armazenamento sob atmosfera controlada e pela ocorrência da injúria mecânica de impacto.

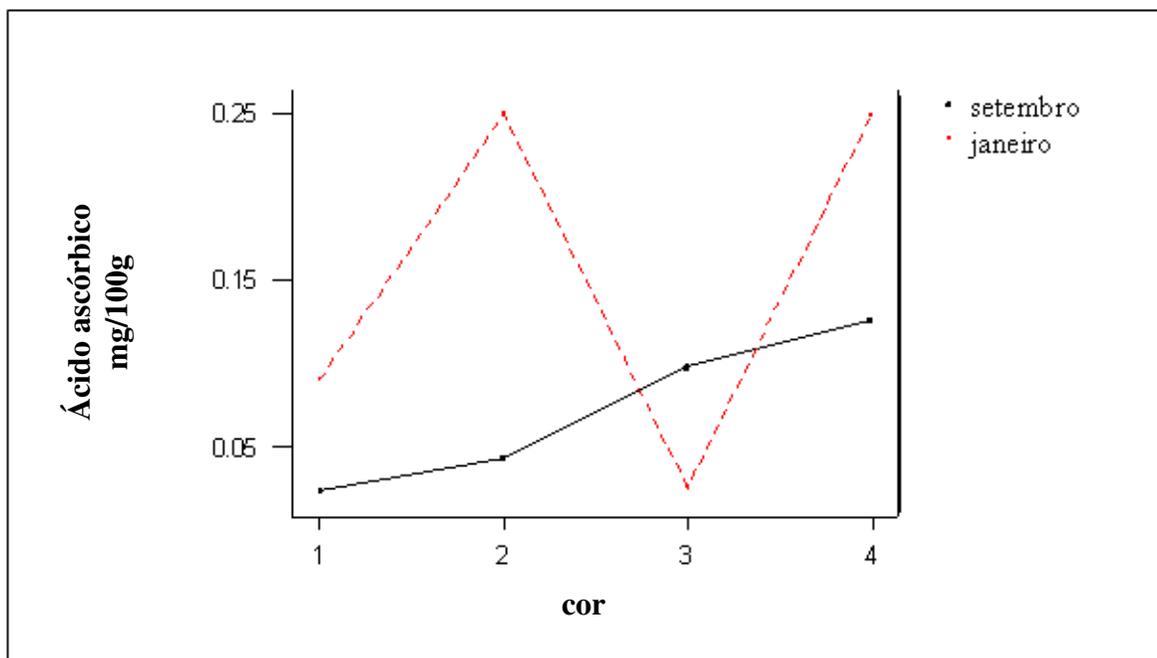
O tomate Carmem produzido organicamente apresentou um teor de vitamina C mais elevado quando comparado com o obtido pela produção convencional. Para o cultivar Débora foi identificado um teor de vitamina C, mais elevado, nas amostras de frutos produzidos convencionalmente. Os teores de licopeno identificados nas amostras do cultivar Carmem foram de 2,9 e 2,5mg/100g nos frutos produzidos pelo cultivo orgânico e convencional, respectivamente. Observou-se uma discreta diferença entre os teores de licopeno obtidos nos frutos do cultivar Débora cultivados organicamente (3,5mg/100g) e convencionalmente (3,7mg/100g), (Borguini, 2003).



**Figura 21 - Variação do ácido ascórbico do tomate tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a temperaturas diferentes.**

A quantidade de ácido ascórbico, aumentou a partir do 11º e 12º dias em todos os tratamentos e não voltou a diminuir. A maior quantidade de ácido ascórbico (22mg/100g) foi encontrada no tratamento 6 (2000mg.L<sup>-1</sup> à temperatura de 14°C) na cor molho. Dalal et al. (1966), mostraram que há um aumento do conteúdo de ácido ascórbico com a maturação do fruto.

Houve diferença significativa a nível de 5% de significância entre os tratamentos, na figura 22, interação entre as duas épocas (setembro e janeiro). Quanto à variação do ácido ascórbico, aumentou da cor salada para o colorido, depois diminuiu para a cor vermelha e voltou a aumentar na cor molho. No experimento de setembro, o aumento do ácido ascórbico foi aumentando gradualmente à medida que o tomate amadurecia chegando à concentração máxima na cor molho.

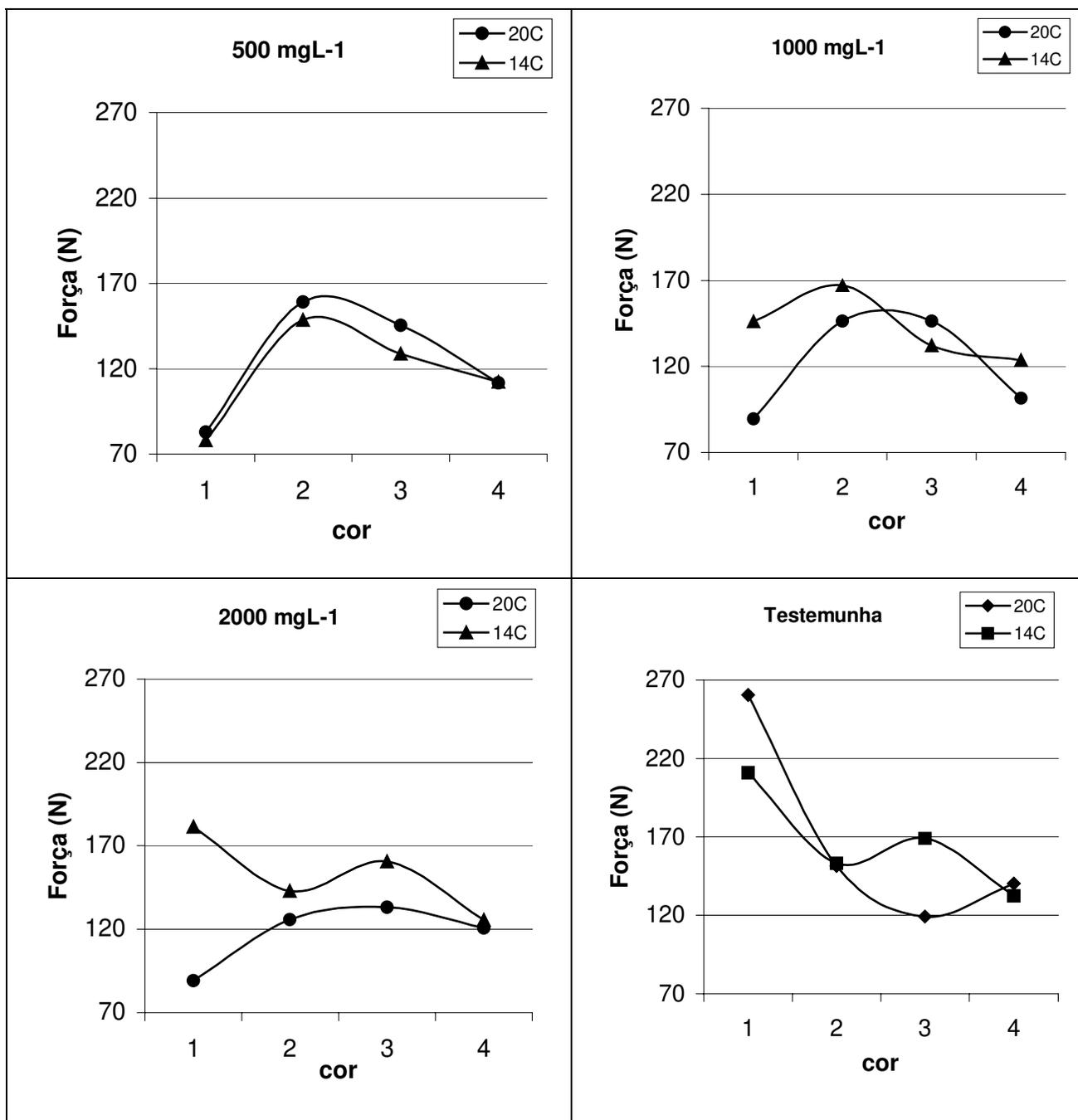


**Figura 22 – Variação da vitamina C do tomate. Interação entre cores 1(salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho) e as épocas setembro e janeiro.**

#### **4.9. Textura**

Na Figura 23 observa-se a variação da Força (N) aplicada sobre o tomate, em função da cor tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a

diferentes temperaturas. Na dosagem  $500\text{mg.L}^{-1}$  o comportamento dos tomates, para a força aplicada, foi similar para as duas temperaturas utilizadas para armazenamento. Na cor salada a força aplicada foi menor do que na cor colorido, devido à parede celular do tomate ser mais rígida nesse ponto de amadurecimento então se rompeu fácil, a partir da cor colorido, o tecido já começou a ficar maleável e a força aplicada para causar a ruptura foi maior e até chegar na cor molho, a força diminuiu novamente em função da menor resistência do tomate. Para a dosagem  $1000\text{mg.L}^{-1}$  o comportamento dos tomates foi muito parecido com  $500\text{mg.L}^{-1}$ . Na dosagem  $2000\text{mg.L}^{-1}$  na temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  o comportamento do tomate foi novamente similar a  $500\text{mg.L}^{-1}$  porém para  $14^{\circ}\text{C}$ . Na cor colorido a força aplicada foi maior que nas outras cores, os frutos são diferentes entre si em todos os tratamentos porém acredita-se que estes nessa situação, deveriam ser mais rígidos quanto a parede celular do que os outros, então foram mais resistentes. O mesmo ocorreu para as testemunhas.



**Figura 23 - Variação dos valores médios da Força (N) aplicada sobre o tomate, em função da cor 1 (salada), 2 (colorido), 3 (vermelho) e 4 (molho) tratado em diferentes concentrações de ácido 2-cloroetil fosfônico e armazenados a diferentes temperaturas.**

Houve diferença significativa entre as dosagens e entre as cores, especificamente, entre as cores 1 (salada) e 4 (molho); entre 2 (colorido) e 4 (molho) e também entre 3 (vermelho) e 4 (molho).

## V – CONCLUSÕES

A conclusão é descrita sucintamente quanto às dosagens de ácido 2-cloroetil fosfônico (500, 1000 e 2000mg.L<sup>-1</sup>) , quanto às temperaturas utilizadas (20, 14°C e testemunha), quanto às cores do tomate (salada, colorido, vermelho e molho) e quanto às épocas em que os frutos foram colhidos (setembro e janeiro), havendo ou não diferença significativa.

### **Quanto às dosagens**

Com diferença significativa:

- pH
- Textura

Sem diferença significativa:

- Cor
- Perda de Peso
- Densidade
- SST
- ATT
- Sólidos totais (%)
- Ácido ascórbico

### **Quanto às temperaturas**

Com diferença significativa:

- pH
- Densidade

Sem diferença significativa:

- Cor
- Perda de Peso
- Textura
- SST
- ATT
- Sólidos totais (%)
- Ácido ascórbico

**Quanto às cores**

Com diferença significativa:

- pH
- Densidade
- ATT
- SST
- Textura

Sem diferença significativa:

- Cor
- Perda de Peso
- Sólidos totais (%)
- Ácido ascórbico

## Quanto às épocas

Com diferença significativa:

- pH
- Ácido ascórbico
- Sólidos totais (%)
- ATT
- Perda de peso

Sem diferença significativa:

- Cor
- SST
- Densidade
- Textura

## **VI – Sugestões para Trabalhos Futuros**

Avaliar o efeito do ácido 2-cloroetil fosfônico em tomate após a aplicação do metilciclopropeno (1-MCP) que ao contrário do ácido 2-cloroetil fosfônico, retarda o amadurecimento. Poderia avaliar as alterações das propriedades físico-químicas.

Associar a aplicação do ácido 2-cloroetil fosfônico no tomate, a refrigeração e embalagens

## VII - Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, C. **Determinação da firmeza e cor do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), visando o estabelecimento de correlações entre medidas sensoriais e físicas, ao longo do tempo de maturação.** Campinas, 1995. Dissertação (mestre em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- AL-SHAIBANI, A.M.H.; GREIG J.K. Effects of stage of maturity, storage, and cultivar on some quality attributes of tomatoes. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.104, n.6, p.880-882, 1979.
- AOAC. **Official Methods of Analysis.** The Association of the Official Agricultural Chemists. Washington, DC, 14 ed., p. -,1984. Ed. Willian
- ASAE STANDARDS: ASAE S368.2: Compression test of food materials of convex shape. **ASAE STANDARDS**, 1993, St. Joseph. MI,36: 452-456.
- AWAD, M., LAMANO, T. L. C. & STRADIOTTO, F. R. Efeitos dos reguladores do crescimento e da pressão reduzida no amadurecimento do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill ), **Revista Ceres**. 21(117):366-370, 1974.
- BENASSI, M. T. **Análise dos efeitos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados.** Campinas, 1990. 159p. Dissertação (mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- BLEINROTH, W. E. Armazenamento de frutas e hortaliças. Fundamentos teóricos da conservação pelo frio de frutas e hortaliças. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL**, Campinas, 34:35-67, jun. 1973.
- BLEINROTH, W. E. Armazenamento de frutas e hortaliças II. Condições de armazenamento e sua operação. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL**, Campinas, 34:55-67, jun. 1973.

- BLEINROTH, W. E. Determinação do ponto de colheita. In: GAYET, J. P., BLEINROTH, W. E., MATALLO, M., GARCIA, E. E. C., GARCIA, A. E., ARDITO, E. F. G., BORDIN, M. R. **Tomate para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de apoio à produção e exportação de frutas, hortaliças, flores e plantas ornamentais.-Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 34p. (série **Publicações Técnicas FRUPEX**;13).
- BHOWMIK, S.R. & PAN, J.C. Shelf life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. **Journal of Food Science**, v.57, n.4, p.948-953, 1992.
- BORGUINI, R. G. Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) orgânico: o conteúdo nutricional e a opinião do consumidor. Dissertação de Mestrado Ciência e Tecnologia de Alimentos Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, jan. 2003.
- CALBO, A. G. **Tomate (*Lycopersicon esculentum*)**, Brasília: Embrapa-Hortaliças, Laboratório de pós-colheita, 1999. 1p.  
[http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos\\_colheita/tomate.htm](http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/tomate.htm)
- CALBO, A. G., HORINO, Y., CALBO, M. E. R. & MARTINS, E. S. Ação do etileno e do ethrel sobre o desenvolvimento do climatério e o amadurecimento do tomate cultivar Yokota. In: **XX Congresso Brasileiro de Olericultura**, Resumos. Brasília, EMBRAPA/EMATER/SOB, 1980. 227p.
- CARVALHO, V. D. Características químicas e industriais do tomate. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 6 (66): 63-68, jun. 1980.
- CARVALHO, F. C. **Tomate: aspectos econômicos da produção e comercialização**. **Agroquímica**, CIBA-GEIGY, (25): 25-30, 1984.
- CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. **Análises Químicas de Alimentos** (Manual Técnico). Campinas: Biblioteca do ITAL, 1990.
- CASTRO, L. R. **Influência de aspectos da classificação, embalagem e refrigeração na conservação pós-colheita do tomate de mesa**. Campinas, 2000. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

- CEAGESP, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Governo do Estado de São Paulo.  
**Classificação de tomate.** Programa Horti & Fruti - Programa paulista para melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros, 1998.(folheto)
- CHAVES, A. L., ROMBALDI, C., ARAUJO, P. J., BALAGUÉ, C., PECH, J. & AYUB, R.  
A. Ciclo de maturação e produção de etileno de tomates (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) transgênicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.1, p.1-9, 1998.
- CHITARRA, A. B. & CHITARRA, M. I. F. Composição química do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) em diferentes estádios de maturação. **Revista de Olericultura**, Campinas, 16: 194-8, 1976.
- CHITARRA, M. I. F & CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: ESAL - Fundação de Apoio ao Ensino e Pesquisa, 1990. 320 p.
- CHOMCHALOW, S. **Storage conditions and timing of ethylene treatment affect ripening uniformity and marketability of tomato fruits.** Thesis. University of Florida, Florida - USA, 1991. 137p.
- DALAL, K. B.; SALUNKHE, D. K.; BOE, A. A.; OLSON, L. E. Certain physiological and biochemical changes in the developing tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Food Science and Technology Journal**, p.504-508, 1966.
- 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, Nov.1981.
- FILGUEIRAS, H. A. C. **Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco 'Alcobaça'.** Lavras, 1996. Dissertação (Doutor em Ciência dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura de Lavras - Minas Gerais.
- FREIRE, M. T. de A. Emprego da atmosfera modificada na vida de prateleira de vegetais. In: Sistemas de embalagem e vida-de-prateleira de alimentos: **Anais do Seminário apresentado na Faculdade de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas / Campinas, SP UNICAMP/FEA, 1995. p.185-201.**

- GALVIS VANEGAS, J. A. **Fisiologia pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Cultivar Angela**. Campinas, 1987. Dissertação (mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- GARCIA, J. L. M.; BERNHART, L. W.; SHIROSE, I. Influência do ácido 2-cloroetil fosfônico (Ethrel) na maturação do tomate. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, ITAL, n.53, set./out. 1977. p. 141-157.
- GOODENOUGH, P. W.; TUCKER, G. A.; GRIERSON, D.; THOMAS, T. Changes in color, polygalacturonase monossacarides and organic acids during storage of tomatoes. **Phytochemistry**, Oxford, 2(21): 281-4, Feb. 1982.
- HOBSON, G. E. & DAVIES, J. N. The tomato. In: HULME, A. C. **The Biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. cap.13, v.2, p. 437-475.
- HRUSCHKA, H. W. Postharvest weight loss and shrivel in five fruits and five vegetables. **Marketing Research Report**, n.1059, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, D. C., fev. 1978. 19p.
- HONÓRIO, S. L. Fisiologia pós-colheita de frutos e hortaliças In: **Curso de Atualização em Tecnologia de Resfriamento de Frutas e Hortaliças**, 2. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 1998. p.1-10.
- HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e Hortaliças**; Embrapa hortaliças (Brasília, DF). – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 428 p.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. “**Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**”. 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 371p.
- 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 American Society of Horticultural Science**. 103 (1): 6-13. 1978.
- KADER, A. A. Selecting a cooling method in: **Postharvest technology of horticultural crops**. California. University of California, 1992. p.63-68.

- KASHIMIRE, R. F. Postharvest handling systems: fruit and vegetables. In: KADER, A. A., KASHIMIRE, R. F., MITCHELL, F. G., REID, M. S., Sommer, N. F., and THOMPSON, J. F. (eds). **Postharvest technology of horticultural crops**. Cooperative Extension, University of California, CA, 1985. p.139-142.
- KLUGE, R. A. Efeito de ésteres de sacarose no armazenamento de tomates ‘Santa Clara’ **Scientia Agrícola**, V. 54 n. 1-2 Piracicaba Jan/Ago. 1997.
- LIMA, L. C. de O. **Bioquímica da parede celular de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cv. Santa Clara: transformações e interação com o cálcio durante a maturação**. Lavras, 1992. Dissertação (mestre em Ciência dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura de Lavras - Minas Gerais.
- LUENGO, R. F. Princípios de pós-colheita para aumentar a conservação das hortaliças. IN: LUENGO, R. F. & CALBO, A. G. **Armazenamento de Hortaliças**, 1., Brasília, DF. EMBRAPA, 2001. 15-32p.
- MARTINS, E. S.; CALBO, A. G.; HORINO, Y. Efeito da temperatura no amadurecimento e respiração do tomate cultivar Yokota. In: **XX Congresso Brasileiro de Olericultura**, Resumos. Brasília, EMBRAPA/EMATER/SOB, 1980. 227p.
- MATTOO, A. K. & SUTTLE, J. C. **The plant hormone ethylene**. Boca Raton, FL. : CRC Press Pub., 1991. 337p.
- MAKISHIMA, N. Tomate/tecnologia de produção: colheita, classificação, embalagem e comercialização. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 6 (66): 61-62, jun. 1980.
- MEDINA, P.V. L. & MEDINA, R. M. T. Descrição bioquímica e fisiológica da maturação dos frutos de tomateiro. **Revista Ceres**, Viçosa, 28 (155): 1-7. 1981.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo – SARC. Capturado em 01 julho 2003. On line. Disponível na Internet (<http://www.agricultura.gov.br/dfpv/indecreto3664.htm>)
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo – SARC. Capturado em 01 julho 2003. On line. Disponível na Internet (<http://www.agricultura.gov.br/dfpv/lei9972.htm>)
- MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials: structure, physical characteristics and mechanical properties**. New York, 2ed. 1986.

- MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J. *et al.* Armazenamento sob atmosfera controlada de tomates com injúria interna de impacto. **Horticultura Brasileira**, set. 2002, v.20, no.3, p. 465-469.
- MOURA, M. A. de; ZANIN, S. R.; FINGER, F. L.. Amadurecimento de tomate com pulverização de diferentes doses de Ethephon associado com espalhante adesivo. **Rev. Bras. Armaz.**, vol. 23, n. 1, p. 11-14. 1998.
- MOURA, M. A. de. **Crescimento e pós-colheita de frutos do tomateiro cv. Santa Clara e do seu mutante firme.** Viçosa, MG, 1999. Dissertação (doutor em Fitotecnia – Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa 1v. 94p.
- PEDRAS, J. F. & RODRIGUES, J. D. Aspectos de fisiologia pós-colheita. In: **Manual de Armazenamento e Embalagem de Produtos Agropecuários.** CEREDA, M. P. & SANCHES, L. Botucatu: Fundação de estudos e pesquisa agrícolas e florestais. Livroceres Ltda. Piracicaba, SP, 1983. p.13-33. 194p.
- PEREIRA, A. V. **Deformações em frutos de tomateiro sob compressão.** Brasília, 1996. Dissertação (mestre em Agronomia) – Universidade de Brasília, 1v. 37p.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos.** Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas-SP. 1986. 603p.
- REZENDE, J. B. **Avaliação das perdas de produtos agrícolas em Minas Gerais.** Belo Horizonte, Fundação João Pinheiro/Seplan-MG, 1991.
- RESENDE, L. V.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A.; MOTA, F. M. F da; RESENDE, J. V. **Análise dialética de firmeza de frutos em cultivares e linhagens de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.),** UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA) Departamento Agricultura/UFLA - Caixa Postal 37 - 37.200-000 - Lavras - MG
- ROMERO PENÃ, L. M. **Estudo de pré-tratamento para a obtenção de tomate desidratado em fatias.** Campinas, 1999. Dissertação (mestre em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas.
- SALUNKHE, D. K. & DESAI, B. B. **Postharvest Biotechnology of Vegetables.** vol. 1. Boca Raton, CRC Press, 1984. 208 p.

- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. & SOLLER, R. M. Embalagens com atmosfera modificada (controlada). In: **Novas Tecnologias de Acondicionamento de Alimentos**. Campinas: Centro de Tecnologia de Embalagem de Alimentos, CETEA/ ITAL , 1998. p.105-140.
- SIGRIST, J. M. M. Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças. In : CEREDA, M. P. & SANCHES, L. **Manual de Armazenamento e Embalagem de Produtos Agropecuários**. FEPAF (Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais), 1983. Botucatu. 194p.
- SILVA, N. R.; CHURATA-MASCA, M. G. C.; CASTELLANE, P. D. Possibilidades do uso de ethephon em pós-colheita de tomate. I. Efeitos de doses na maturação de diferentes classes de frutos. In: **XX Congresso Brasileiro de Olericultura**, Resumos. Brasília, EMBRAPA/EMATER/SOB, 1980. 227p. (a)
- SILVA, N. R.; CHURATA-MASCA, M. G. C.; CASTELLANE, P. D. Possibilidades do uso de ethephon em pós-colheita de tomate. II. Efeitos de doses na maturação de diferentes classes de frutos. In: **XX Congresso Brasileiro de Olericultura**, Resumos. Brasília, EMBRAPA/EMATER/SOB, 1980. 227p. (b)
- SHEWFELT, R. L. & PRUSSIA, S. E. **Postharvest Handling**. Academic Press, Inc. San Diego, California, USA. 1993.358p.
- STONE, M. L.; AMSTRONG, P. R.; CHEN, D. D.; BRUSEWITZ, G. H.; MANESS, N. O. Peach firmness prediction by multiple location impulse testing. **Transaction of the ASAE** 41(1): 115-119. 1998.
- TIJSKENS, L. M. M. & EVELO, R. G. **Modelling colour of tomatoes during postharvest storage**. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, 4 (1994): 85-98. out. 1993.
- VAN BUREN, J. P. The chemistry of texture in fruits and vegetables. **Journal of Texture Studies**, Westport, 10:1-23, Sept.1979.
- VÉLEZ PASOS, C. A. **Análise do comportamento mecânico de laranjas a granel mediante modelo de elementos finitos**. Campinas (S.P.).Unicamp, 1987. 89p. (Tese de Mestrado).
- WILLS, R. H. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, D.; MC GLASSON, W. B.; HALL, E. G. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**, 2a ed., New South Wales University Press Limited, Kensington, N. S. W., Australia. National Library of Australia.1982. 161p.

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, Mar.1993.

## ANEXOS

### Sólidos solúveis (°Brix)

Baseado no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) o modelo explicou em 0.585868 a variação total.

Variável Dependente: Brix

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	33	5.60354550	0.16980441	5.40	<.0001
Error	126	3.96096763	0.03143625		
Corrected Total		159	9.56451314		

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Brix Mean
0.585868	3.911006	0.177303	4.533430

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloco	1	3.16831574	3.16831574	100.79	<.0001
Dosagem	3	0.06283856	0.02094619	0.67	0.5743
Temperatura	1	0.00117774	0.00117774	0.04	0.8468
dosagem*temperatura	3	0.03924708	0.01308236	0.42	0.7417
bloco*dosagem	3	0.03936376	0.01312125	0.42	0.7408
bloco*temperatura	1	0.01470041	0.01470041	0.47	0.4953
bloco*dosage*tempera	3	0.01264668	0.00421556	0.13	0.9396
coloração	3	0.61110534	0.20370178	6.48	0.0004
bloco*coloração	3	0.24163572	0.08054524	2.56	0.0578
dosagem*coloração	9	0.25372893	0.02819210	0.90	0.5303
temperatur*coloração	3	0.06605218	0.02201739	0.70	0.5535

Dependent Variable: Brix

Tests of Hypotheses Using the Type I MS for bloco\*dosage\*tempera as an Error Term

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dosagem	3	0.06283856	0.02094619	4.97	0.1104
Temperatura	1	0.00363284	0.00363284	0.86	0.4217
dosagem*temperatur	3	0.03924708	0.01308236	3.10	0.1886

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Brix

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	126
Error Mean Square	0.031436
Critical Value of Studentized Range	3.68213
Minimum Significant Difference	0.1032

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Groupin

g	Mean	N	coloração
A	4.64471	40	3
B	4.53674	40	4
B			
B	4.50755	40	2
B			
B	4.44472	40	1

### Acidez total titulável

Baseado no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) o modelo explicou em 0.846389 a variação total.

Dependent Variable: Acidez

Source	Sum of DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	33	0.59952172	0.01816732	21.04	<.0001
Error	126	0.10880748	0.00086355		
Corrected Total	159	0.70832920			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Acidez Mean
0.846389	7.768557	0.029386	0.378272

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloco	1	0.15617204	0.15617204	180.85	<.0001
Dosagem	3	0.00069128	0.00023043	0.27	0.8492
Temperatura	1	0.00065458	0.00065458	0.76	0.3856
dosagem*temperatura	3	0.00012941	0.00004314	0.05	0.9852
bloco*dosagem	3	0.00010868	0.00003623	0.04	0.9885
bloco*temperatur	1	0.00010229	0.00010229	0.12	0.7313
bloco*dosage*tempera	3	0.00260926	0.00086975	1.01	0.3920
coloração	3	0.24589946	0.08196649	94.92	<.0001
bloco*coloração	3	0.05284226	0.01761409	20.40	<.0001
dosagem*coloração	9	0.00966040	0.00107338	1.24	0.2749
temperatur*coloração	3	0.00164713	0.00054904	0.64	0.5933

Dependent Variable: Acidez

Tests of Hypotheses Using the Type I MS for bloco\*dosage\*tempera as an Error Term

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dosagem	3	0.00069128	0.00023043	0.26	0.8479
Temperatura	1	0.00115188	0.00115188	1.32	0.3332
dosagem*temperatura	3	0.00012941	0.00004314	0.05	0.9828

## PH

Baseado no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) o modelo explicou em 0.854140 a variação total.

Observando a Figura acima, observamos que houve interação entre os seguintes fatores:

Dependent Variable: PH PH

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	33	6.89589604	0.20896655	22.36	<.0001
Error	126	1.17759833	0.00934602		
Corrected Total	159	8.07349438			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	PH Mean
0.854140	2.301678	0.096675	4.200188

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloco	1	4.05412812	4.05412812	433.78	<.0001
dosagem	3	0.01050479	0.00350160	0.37	0.7714
temperatur	1	0.00651701	0.00651701	0.70	0.4053
dosagem*temperatura	3	0.00279479	0.00093160	0.10	0.9601
bloco*dosagem	3	0.00457979	0.00152660	0.16	0.9209
bloco*temperatura	1	0.00112813	0.00112813	0.12	0.7288
bloco*dosagem*tempera	3	0.04875479	0.01625160	1.74	0.1624
coloracao	3	0.38030382	0.12676794	13.56	<.0001
bloco*coloracao	3	0.47852687	0.15950896	17.07	<.0001
dosagem*coloracao	9	0.16781438	0.01864604	2.00	0.0450
temperatur*coloracao	3	0.49910188	0.16636729	17.80	<.0001

Dependent Variable: PH

Tests of Hypotheses Using the Type I MS for bloco\*dosagem\*tempera as an Error Term

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dosagem	3	0.01050479	0.00350160	0.22	0.8803
temperatura	1	0.00564062	0.00564062	0.35	0.5972
dosagem*temperatura	3	0.00279479	0.00093160	0.06	0.9789

## Perda de Peso

Baseado no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) o modelo explicou em 0.477149 a variação total.

Dependent Variable: perda de peso

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	33	387.1726026	11.7325031	3.48	<.0001
Error	126	424.2570847	3.3671197		
Corrected Total	159	811.4296873			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	p_peso Mean
0.477149	73.76949	1.834971	2.487439

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloco	1	21.0481516	21.0481516	6.25	0.0137
Dosagem	3	18.6960360	6.2320120	1.85	0.1414
Temperatura	1	1.8534538	1.8534538	0.55	0.4595
dosagem*temperatura	3	7.8769101	2.6256367	0.78	0.5074
bloco*dosagem	3	23.2875280	7.7625093	2.31	0.0800
bloco*temperatura	1	3.5495685	3.5495685	1.05	0.3065
bloco*dosage*temperatura	3	1.1232853	0.3744284	0.11	0.9534
coloração	3	159.4991564	53.1663855	15.79	<.0001
bloco*coloração	3	41.8303337	13.9434446	4.14	0.0078
dosagem*coloração	9	50.4464866	5.6051652	1.66	0.1043
temperatur*coloração	3	1.7256746	0.5752249	0.17	0.9159

Dependent Variable: p\_peso

Tests of Hypotheses Using the Type I MS for bloco\*dosage\*tempera as an Error Term

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dosagem	3	18.69603603	6.23201201	16.64	0.0225
temperatur	1	2.92795674	2.92795674	7.82	0.0681
dosagem*temperatur	3	7.87691005	2.62563668	7.01	0.0720

### Sólidos Totais (%)

Baseado no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) o modelo explicou em 0.494873 a variação total.

Dependent Variable: sólidos totais

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	34	54.7715105	1.6109268	1.30	0.2055
Error	45	55.9064414	1.2423654		
Corrected Total	79	110.6779518			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	sólidos totais Mean
0.494873	1.167178	1.114614	95.49650

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Repetição	2	1.87335158	0.93667579	0.75	0.4764
Dosagem	3	2.72755761	0.90918587	0.73	0.5385
Temperatura	1	15.07848634	15.07848634	12.14	0.0011
dosagem*temperatura	3	2.65311387	0.88437129	0.71	0.5500
Repet(dosage*temper)	10	11.18734075	1.11873408	0.90	0.5405
Coloração	3	8.90291100	2.96763700	2.39	0.0813
dosagem*coloração	9	6.08850091	0.67650010	0.54	0.8340
temperatur*coloracao	3	2.23395754	0.74465251	0.60	0.6188

Tests of Hypotheses Using the Type I MS for Repet(dosage\*temper) as an Error Term

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dosagem	3	2.72755761	0.90918587	0.81	0.5155
Temperatura	1	17.95869545	17.95869545	16.05	0.0025
dosagem*temperatura	3	2.65311387	0.88437129	0.79	0.5264

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for sólidos totais

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	45
Error Mean Square	1.242365
Critical Value of Studentized Range	3.77270
Minimum Significant Difference	0.9403

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey

Mean	N	coloracao
A	96.0729	20 4
A		
A	95.4214	20 3
A		
A	95.2785	20 2
A		
A	95.2131	20 1

## Densidade

Baseado no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) o modelo explicou em 0.904104 a variação total.

Dependent Variable: densidade

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	34	12.79078563	0.37619958	12.92	<.0001
Error	45	1.30990340	0.02910896		
Corrected Total	79	14.10068903			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	densidade Mean
0.907104	9.845410	0.170613	1.732924

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Repetição	2	0.02254892	0.01127446	0.39	0.6811
Dosagem	3	0.03451641	0.01150547	0.40	0.7570
Temperatura	1	1.21094116	1.21094116	41.60	<.0001
dosagem*temperatura	3	0.09397813	0.03132604	1.08	0.3688
Repet(dosage*temper)	10	0.53669918	0.05366992	1.84	0.0799
Coloração	3	3.34517514	1.11505838	38.31	<.0001
dosagem*coloração	9	0.26767607	0.02974179	1.02	0.4377
temperatur*coloracao	3	6.02131769	2.00710590	68.95	<.0001

Tests of Hypotheses Using the Type I MS for Repet(dosage\*temper) as an Error Term

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dosagem	3	0.03451641	0.01150547	0.21	0.8842
Temperatura	1	1.26910133	1.26910133	23.65	0.0007
dosagem*temperatura	3	0.09397813	0.03132604	0.58	0.6392

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for densidade

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	45
Error Mean Square	0.029109
Critical Value of Studentized Range	3.77270
Minimum Significant Difference	0.1439

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey

Mean	N	coloracao
A	2.14013	20 4
B	1.63439	20 2
B		
B	1.61990	20 1
B		
B	1.53728	20 3

## Ácido ascórbico

Baseado no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) o modelo explicou em 0.910914 a variação total.

Dependent Variable: VitC

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	33	1.18361005	0.03586697	39.04	<.0001
Error	126	0.11575564	0.00091870		
Corrected Total	159	1.29936569			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	VitC Mean
0.910914	26.90978	0.030310	0.112636

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloco	1	0.21213169	0.21213169	230.91	<.0001
Dosagem	3	0.00745126	0.00248375	2.70	0.0483
Temperatura	1	0.00556913	0.00556913	6.06	0.0152
dosagem*temperatur	3	0.00310235	0.00103412	1.13	0.3413
bloco*dosagem	3	0.00623583	0.00207861	2.26	0.0844
bloco*temperatura	1	0.00062951	0.00062951	0.69	0.4094
bloco*dosage*tempera	3	0.00360830	0.00120277	1.31	0.2744
coloração	3	0.39616746	0.13205582	143.74	<.0001
bloco*coloração	3	0.41376516	0.13792172	150.13	<.0001
dosagem*coloração	9	0.00928779	0.00103198	1.12	0.3512
temperatur*coloração	3	0.00278436	0.00092812	1.01	0.3906

Dependent Variable: VitC

Tests of Hypotheses Using the Type I MS for bloco\*dosage\*tempera as an Error Term

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dosagem	3	0.00745126	0.00248375	2.07	0.2833
Temperatura	1	0.01037561	0.01037561	8.63	0.0607
dosagem*temperatura	3	0.00310235	0.00103412	0.86	0.5480