

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Fisiologia do amadurecimento, senescência e comportamento respiratório de  
goiabas ‘Kumagai’ e ‘Pedro Sato’**

**Flavia Cristina Cavalini**

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em  
Ciências. Área de concentração: Fisiologia e Bioquímica  
de Plantas**

**Piracicaba  
2008**

Flavia Cristina Cavalini  
Engenheiro Agrônomo

**Fisiologia do amadurecimento, senescência e comportamento respiratório de goiabas  
'Kumagai' e 'Pedro Sato'**

Orientador:  
Prof. Dr. **ANGELO PEDRO JACOMINO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em  
Ciências. Área de concentração: Fisiologia e Bioquímica  
de Plantas

**Piracicaba  
2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Cavalini, Flavia Cristina

Fisiologia do amadurecimento, senescência e comportamento de goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato' / Flavia Cristina Cavalini. -- Piracicaba, 2008.  
90 p. : il.

Tese (Doutorado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.  
Bibliografia.

1. Fisiologia vegetal 2. Goiabas 3. Maturação vegetal 4. Reguladores vegetais  
5. Respiração vegetal I. Título

CDD 634.421  
C376f

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

À minha mãe,

**Maria Luiza Martin Cavalini Maique**

Por toda sua vida e luta para que eu chegasse até aqui

Ao meu marido,

**Ademir Diniz Neves**

Por acreditar em mim, me apoiar e fazer minha vida mais feliz

À minha filha,

**Victória Maria Cavalini Diniz Neves e**

**à sua irmãzinha que está a caminho**

Por fazer de mim mãe, enchendo meus dias de felicidade e orgulho

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar meus passos em todos os momentos.

Aos meus queridos pais José Orlando Cavalini (em memória) e Maria Luiza Martin Cavalini Maique, que com amor me ensinaram a não desistir de meus ideais e com dedicação.

Às minhas irmãs Cláudia Cristina Cavalini e Norma Cristina Cavalini, pelo amor e amizade.

À minha avó Irene Borges Martin, que tem me ajudado muito, sempre presente com suas palavras sábias e apoio constante.

Ao meu marido Ademir Diniz Neves e à minha filha Victória Maria Cavalini Diniz Neves, por me apoiarem e compreenderem a ausência e nervosismo nessa etapa da minha vida.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, por possibilitar a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Angelo Pedro Jacomino, pela paciência, amizade, orientação e incentivo.

Ao senhor Luís Kumagai, pela atenção e fornecimento dos frutos de ‘Kumagai’.

A Val Frutas, pela atenção e fornecimento dos frutos de ‘Pedro Sato’.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À Fapesp, pela concessão da bolsa de auxílio técnico.

Ao professor Ricardo Alfredo Kluge, que prontamente permitiu a utilização de seu laboratório para a realização de algumas análises.

Aos demais professores do Programa de Pós-graduação em Fisiologia e Bioquímica de Plantas pelos ensinamentos transmitidos.

À Professora Giuseppina Pace Pereira Lima, pela ajuda na interpretação das atividades enzimáticas e pela paciência e amizade.

Ao professor José Fernando Durigan, pelas preciosas dicas quanto à redação deste trabalho.

Ao técnico do Laboratório de Genética de Leveduras, Luiz Humberto Gomes, pelas diversas orientações e dicas fornecidas.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, que de alguma forma colaboraram para a realização desse trabalho, em especial à Elisabete Aparecida Sarkis São João e Maria Célia Rodrigues, pelas conversas e risadas.

À secretária do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Luciane Aparecida Lopes Toledo, pelas dicas, conversas e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Biológicas, especialmente a Maria Solizete Granzio Silva, que além de secretária, mostrou-se amiga.

Aos companheiros de curso, pelo convívio e apoio neste período.

A todos os amigos de laboratório Luís, Thales, Marcos, Camilla, Elaine, Vanessa, Márcia, Patrícia, Ana Elisa, Ana Luiza, Fabio, Gabriela, Olívia, Carol, Jaqueline, Meire, Keila, Flávia e tantos outros que passaram e deixaram saudade, pelo convívio agradável e amizade.

Ao técnico do Laboratório de Pós-colheita Marcos José Trevisan, pela paciência nas análises no cromatógrafo e pelas conversas.

Ao Engenheiro Agrônomo Luís Carlos Cunha, pelas preciosas sugestões e troca de informações.

Às minhas coorientadas, Sarah Maria Atiê, Miriam Mabel Selani, Gabriela Carpin Pezolato, Patrícia Maria Pinto e Keila Naomi Inoue, por me ensinarem tanto.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho

**Muito Obrigada!**

## SUMÁRIO

RESUMO .....	8
ABSTRACT .....	9
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1 Amadurecimento e senescência de frutos.....	12
2.2 Respiração e padrão respiratório .....	15
2.3 Etileno endógeno e exógeno.....	17
2.4 Aminoetoxivinilglicina (AVG) .....	18
2.5 1-Metilciclopropeno (1-MCP).....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Determinações .....	22
3.1.1 Produção de CO <sub>2</sub> .....	22
3.1.2 Produção de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> .....	22
3.1.3 Consumo de O <sub>2</sub> .....	23
3.1.4 Quociente Respiratório (Q.R.).....	23
3.1.5 Carboidratos Totais.....	23
3.1.6 Acetaldeído e Etanol.....	24
3.1.7 Extravasamento de eletrólitos.....	24
3.1.8 Firmeza da polpa.....	25
3.1.9 Atividade da Pectinametilesterase – PME (EC3.1.1.11) .....	25
3.1.10 Coloração da casca e da polpa .....	25
3.1.11 Clorofila e Carotenóides totais .....	26
3.1.12 Sólidos solúveis .....	26
3.1.13 Acidez titulável .....	26
3.1.14 Ácido ascórbico .....	26
3.2 Delineamento estatístico.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
4.1 Caracterização da Senescência (Etapa 1) .....	28
4.1.1 Produção de CO <sub>2</sub> e de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> .....	28
4.1.2 Acetaldeído e Etanol.....	30
4.1.3 Extravasamento de eletrólitos.....	32
4.1.4 Firmeza da polpa e atividade da Pectinametilesterase (PME).....	33
4.1.5 Coloração da casca e da polpa .....	35
4.1.6 Clorofila e Carotenóides Totais .....	37
4.1.7 Sólidos solúveis e acidez titulável .....	39
4.1.8 Ácido ascórbico .....	41
4.2 Comportamento respiratório (Etapa 2).....	43
4.2.1 Produção de CO <sub>2</sub> .....	44
4.2.2 Produção de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> .....	46
4.2.3 Consumo de O <sub>2</sub> .....	48
4.2.4 Quociente respiratório.....	50
4.2.5 Carboidratos totais .....	51
4.2.6 Acetaldeído .....	52
4.2.7 Etanol .....	54
4.2.8 Extravasamento de eletrólitos.....	56

4.2.9	Firmeza da polpa.....	57
4.2.10	Atividade da PME.....	59
4.2.11	Cor da casca.....	61
4.2.12	Cor da polpa.....	65
4.2.13	Clorofila Total.....	66
4.2.14	Carotenóides Totais .....	68
4.2.15	Sólidos solúveis .....	69
4.2.16	Acidez titulável.....	71
4.2.17	Ácido ascórbico .....	73
5	CONCLUSÕES.....	76
	REFERÊNCIAS.....	77

## RESUMO

### Fisiologia do amadurecimento, senescência e comportamento respiratório de goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato'

O amadurecimento e a senescência tem sido diretamente relacionados ao climatério do CO<sub>2</sub> e do etileno. No entanto, estudos recentes têm demonstrado que algumas transformações pós-colheita ocorrem independentemente desses eventos e que muitos frutos não se enquadram nas definições clássicas de padrão de atividade respiratória, indicando a necessidade de maiores estudos a respeito da fisiologia do amadurecimento e senescência de frutos. O comportamento respiratório de goiabas é contraditório, servindo como modelo para estes estudos. O uso de reguladores do amadurecimento pode auxiliar na definição do comportamento respiratório de goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato'. Tendo-se em vista o estabelecido, conduziu-se a etapa 1, com o intuito de determinar índices que indiquem o início da senescência. A etapa 2 visou determinar o comportamento respiratório de goiabas das variedades Kumagai e Pedro Sato submetidas à aplicação de acelerador (etileno) e retardadores (1-MCP e AVG) do amadurecimento. Na etapa 1, as goiabas recém colhidas foram tratadas com fungicida e mantidas em câmara a 23 ± 1°C e 85% UR até a completa senescência. Na etapa 2, os frutos foram submetidos à aplicação de AVG, 1-MCP e etileno e então armazenados em câmara a 23 ± 1°C e 85% UR até a completa senescência. Frutos sem reguladores vegetais foram utilizados como controle. Os frutos foram avaliados a cada dois dias em ambas as etapas. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado e os resultados foram submetidos à análise de dados longitudinais, devido ao caráter quantitativo imposto pelo fator tempo de armazenamento. As curvas também foram submetidas à análise do erro padrão da média. As diferenças entre dois tratamentos maiores que as somas de dois erros padrões foram consideradas significativas. Os teores de acetaldéido, etanol e o extravasamento de eletrólitos foram os índices que mais contribuíram para distinguir o amadurecimento da senescência. O aumento brusco apresentado nos teores de acetaldéido e etanol indica início do metabolismo fermentativo, comportamento característico de senescência, além do aumento no extravasamento de eletrólitos, sugerir descompartimentação celular. Os frutos da variedade Pedro Sato não podem ser classificados como climatéricos, nem tão pouco como não climatéricos, pois apesar de amadurecerem, apresentaram pico de produção de etileno após o amadurecimento dos mesmos, além de não responderem à aplicação de etileno exógeno. Apesar das goiabas 'Kumagai' responderem à aplicação de etileno, não se observou comportamento climatério na produção de CO<sub>2</sub> e de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, desta forma, esta variedade não pode ser enquadrada nas classificações de padrão de atividade respiratória em uso.

Palavras-chave: *Psidium guajava*; Etileno; 1-metilciclopropeno; Aminoetoxivinilglicina; Fermentação; Metabolismo fermentativo

## ABSTRACT

### **Physiology of ripening, senescence and respiratory behavior of ‘Kumagai’ and ‘Pedro Sato’ guava**

Ripening and senescence have been directly related to CO<sub>2</sub> and ethylene climacteric behavior. However, recent studies have shown that some postharvest processes occurs independently of those events and that many fruits are not frame in the definitions of respiratory activity traditional pattern, indicating the need for more studies on fruit ripening and senescence physiology. Guavas fruit respiratory behavior is contradictory and serves as a model for these studies. The use of ripening regulators can help in defining the respiratory behavior of ‘Kumagai’ and ‘Pedro Sato’ guavas. Consequently, the step 1 has been conducted, with the intention of determining indicators that indicate the beginning of the senescence. The step 2 aimed to determine the respiratory behavior of guava fruits of ‘Kumagai’ and ‘Pedro Sato’ cultivars subjected to the application of accelerator (ethylene) and retardants (1-MCP and AVG) of the ripening. In step 1, the newly harvested guavas were treated with fungicide and kept at 23 ± 1°C and 85% RH to complete senescence. In step 2, the fruits were submitted to AVG, 1-MCP and ethylene application and then stored at 23 ± 1°C and 85% RH to complete senescence. Fruit without ripening regulators were used as controls. The fruits were evaluated every two days in both steps. The experimental design was completely randomized and the results were submitted to longitudinal data analysis, due to the quantity of samples imposed by the storage time factor. The curves have been subjected to average standard error analysis. Differences between two treatments larger than the sum of two errors patterns were considered significant. The levels of acetaldehyde, ethanol and ion leakage were indices that contributed most to distinguish ripening from senescence. The increase made in levels of acetaldehyde and ethanol suggests fermentative metabolism, characteristic senescence behavior, beyond the increase in ion leakage, suggests cell decompartmentalization. The fruits of Pedro Sato cultivar can not be classified as climacteric, nor as non-climacteric, because despite they ripen, they show an ethylene production peak after their ripening, and besides do not respond to exogenous ethylene. Even though ‘Kumagai’ guava fruits reply to ethylene application, there was no climacteric behavior observed during CO<sub>2</sub> and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> production thus this variety can not be framed in the respiratory climacteric pattern rankings in use.

Keywords: *Psidium guajava*; Ethylene; 1-MCP; AVG; Fermentation; Fermentative metabolism

## 1 INTRODUÇÃO

O amadurecimento e a senescência tem sido diretamente relacionados ao climatério do CO<sub>2</sub> e do etileno. No entanto, em pesquisas recentes verificou-se que alguns dos processos do amadurecimento não estavam relacionados com o aumento da respiração e que o climatério também dependia de alguns fatores, como as condições de cultivo, o ponto de colheita e a variedade.

Tem sido observado que muitos frutos não se enquadram nas definições clássicas de padrão de atividade respiratória. A goiaba tem sido considerada como climatérica por alguns autores e como não climatérica por outros. Mercado-Silva et al. (1998) classificou esta fruta como climatérica, porém o suposto climatério ocorreu após o completo amadurecimento. Em estudos desenvolvidos com goiabas ‘Pedro Sato’, ‘Kumagai’ e ‘Paluma’ (AZZOLINI et al., 2005; CAVALINI, 2004) não foi observado pico climatérico característico. Em ambos os trabalhos foram detectados aumentos na produção de CO<sub>2</sub> e de etileno, porém, na maioria das vezes, não se caracterizavam como pico e tampouco correspondiam ao amadurecimento da fruta. Geralmente, o suposto climatério ocorria quando a fruta já estava visivelmente senescente. Tais resultados levaram estes autores a afirmarem que estas variedades de goiaba não poderiam ser classificadas como climatéricas e tampouco como não climatéricas.

De acordo com a literatura clássica o climatério respiratório é resultante do aumento na demanda energética necessária para dar continuidade ao amadurecimento. Entretanto, outras explicações para este fenômeno têm surgido mais recentemente, tais como: resultado da mudança na organização celular resultante do início da senescência; reação ao estresse da colheita ou resposta homeostática da mitocôndria para compensar os efeitos degradantes da senescência celular.

O amadurecimento e a senescência são fases interligadas não havendo uma distinção bem delineada entre ambos. A hipótese levantada nesse trabalho é de que com análises de qualidade, fisiológicas e bioquímicas fosse possível distinguir estas fases e determinar se o climatério possui relação com o amadurecimento, em goiabas ‘Kumagai’ e ‘Pedro Sato’. O etileno antecipa o amadurecimento de frutos climatéricos quando este é aplicado na fase de pré-climatério e reguladores como o 1-metilciclopropeno (1-MCP) e a aminoetoxivinilglicina (AVG) retardam o

amadurecimento. Portanto, o uso destes reguladores pode auxiliar na definição do comportamento respiratório destas variedades de goiaba.

O conhecimento da fisiologia do amadurecimento se faz necessário para entender como esses eventos são regulados, o que significa a possibilidade de manipulá-los visando a manutenção da qualidade e a redução de perdas após a colheita.

Sendo assim, estabeleceu-se o presente trabalho visando determinar índices que indiquem o início da fase de senescência e o comportamento respiratório de goiabas das variedades Kumagai e Pedro Sato submetidas à aplicação de acelerador (etileno) e retardadores (1-MCP e AVG) do amadurecimento.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Amadurecimento e senescência de frutos

Os frutos apresentam três fases fisiológicas, sendo elas o crescimento, a maturação e a senescência. O amadurecimento corresponde à fase final da maturação, na qual os frutos são transformados em produtos atrativos e aptos para consumo, sendo um processo normal e irreversível (RYALL; LIPTON, 1979).

As principais alterações sensoriais que ocorrem em frutas, durante o amadurecimento, e que são finalizadas durante a senescência estão relacionadas à textura, aparência e sabor. Essas alterações podem ser percebidas por análises físicas, químicas, bioquímicas ou sensoriais.

A firmeza é um dos componentes da textura, e em frutos, sua diminuição é um dos primeiros indicativos do amadurecimento. Além da importância do ponto de vista econômico, já que afeta a qualidade do fruto, a firmeza deve ser levada em consideração quando se analisa a resistência ao transporte, o tempo de conservação e a presença de microrganismos (AWAD, 1993; BRAZ et al., 2008).

A determinação da firmeza é uma forma prática de se avaliar o estágio de maturação do fruto. Dhingra et al. (1983) consideraram “verdes” as goiabas com firmeza de 85 Newtons (N) e “verde-amarelas” aquelas com firmeza entre 51 N e 66 N. Em goiabas ‘Beaumont’, Ali, Chin e Lazan, (2004) observaram que há uma perda de 50% na firmeza, em apenas 1,5 dia após a colheita.

A diminuição da firmeza da polpa, durante o amadurecimento, é função da perda da integridade da parede celular. A degradação das moléculas poliméricas constituintes da parede celular, como celulose, hemicelulose e pectina, gera alterações na parede celular levando ao amolecimento (TUCKER, 1993).

Goiabas são ricas em pectinas, sendo que fatores como variedade, estágio de maturação, época de desenvolvimento dos frutos e fatores climáticos podem influenciar seu teor nos frutos (ADULSE; KADAM, 1995; CAVALINI et al., 2006; DHINGRA et al., 1983).

As alterações na parede celular são o efeito da ação de enzimas hidrolíticas como a poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME) (FISCHER; BENNETT, 1991). Linhares (2005), estudando transformações enzimáticas em goiabas ‘Pedro Sato’, observou redução na

atividade da PME durante todo o amadurecimento. A redução na atividade desta enzima durante o amadurecimento também foi relatada por Oliveira (2002) em fruta-de-lobo.

Bashir e Abu-Goukh (2003), estudando as mudanças na atividade destas enzimas durante o amadurecimento de goiabas de polpa branca e vermelha, relataram que a atividade pectinase aumentou, em ambos os tipos de goiaba, até o pico climatérico da respiração e, em seguida diminuíram.

A aparência de um fruto é o principal fator de qualidade do ponto de vista da comercialização, sendo avaliada por diferentes atributos como, tamanho, forma, cor, brilho e defeitos.

Segundo Mercado-Silva et al. (1998), a cor da casca é o melhor índice para indicar o estágio de maturação de goiabas. No entanto, deve-se ter cuidado com frutos que recebem maior incidência de raios solares, pois apresentam coloração mais intensa que os demais, dando uma falsa indicação do estágio de maturação (BLEINROTH et al., 1992). A coloração desta fruta é devida aos pigmentos, clorofila, caroteno, xantofila e licopeno (ADSULE; KADAM, 1995).

As alterações que ocorrem na coloração da casca são resultantes, principalmente, da degradação da clorofila, mas também são resultado da síntese de pigmentos como carotenóides e antocianinas (TUCKER, 1993). A degradação da clorofila ocorre em função das mudanças no pH, em ácidos, no aumento dos processos oxidativos e da ação das clorofilases (WILLS et al., 1998).

O sabor é a associação entre o gosto (doce, ácido, salgado e amargo) e o aroma, e é um atributo de difícil avaliação devido ao grande número de compostos químicos que o compõe.

Na maioria dos frutos nota-se, ao longo do amadurecimento, aumento na doçura e diminuição na acidez, o que torna o teor de sólidos solúveis constitui uma forma de medir indireta e objetivamente a doçura de um fruto. Estes sólidos solúveis são os compostos hidrossolúveis presentes nos frutos, como açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas. Este teor é dependente do estágio de maturação no qual o fruto é colhido e geralmente aumenta durante o amadurecimento, pela degradação de polissacarídeos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Diversos autores afirmam que os principais açúcares responsáveis pelo sabor doce dos frutos são a frutose, a glicose e a sacarose (ADSULE; KADAM, 1995; BULK; BABIKER; EL-TINAY, 1997; CARVALHO, 1994; MANICA et al., 2000; SEYMOR et al., 1993). Em goiabas,

a frutose compreende 59,93% e 52,85% do açúcar, nas variedades branca e vermelha, respectivamente (MOWLAH; ITOO, 1982).

No entanto, após a colheita o teor de sólidos solúveis em goiaba parece não sofrer alterações significativas (JACOMINO, 1999; XISTO, 2002), o que pode ser explicado pelo baixo teor de amido nesta fruta.

Segundo Esteves et al. (1983), o aumento no grau de doçura, durante a maturação, está relacionado com a formação e o acréscimo contínuo de frutose. A frutose e a glicose são originadas da degradação da sacarose e de polissacarídeos de reserva como o amido, e utilizáveis para a produção de energia no processo respiratório (NULTSCH, 2000).

A acidez titulável de um fruto é dada pelos ácidos orgânicos, cujo teor tende a diminuir durante o processo de maturação, devido à oxidação dos mesmos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, em decorrência da respiração (BRODY, 1996). Estas reações também são fundamentais para a síntese de compostos fenólicos, lipídios e compostos voláteis (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Assim, a variação na acidez pode ser um indicativo do estágio de maturação do fruto.

Em goiabas, a acidez é devida, principalmente, à presença de ácido cítrico e málico e em menores quantidades, dos ácidos galacturônico e fumárico (CHAN; KWOK, 1976), e pode variar de 0,24 a 1,79 mL de ácido cítrico.100g polpa<sup>-1</sup> (GEHARDT et al., 1997). A relação entre os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável permite classificá-la como tendo sabor moderado e bem aceito pelo consumo de mesa.

Além destes atributos deve-se ter o rendimento, a segurança e o valor nutritivo. A vitamina C, além de ser um fator vitamínico de extrema importância na dieta humana, também é usado como indicativo da retenção de nutrientes, devido à sua característica lábil. Nos tecidos vegetais esta vitamina encontra-se na forma reduzida como ácido ascórbico ou na forma oxidada como ácido deidroascórbico, ambos com atividade vitamínica (MOKADY; COGAN; LIEBERMAN, 1984). A degradação deste último para ácido 2,3-dicetogulônico leva à perda da atividade biológica (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A goiaba é uma excelente fonte de ácido ascórbico, apresentando teores de 80 a 372 mg.100<sup>-1</sup>g (SEYMOUR; TAYLOR; TUCKER, 1993) e este teor é influenciado pela condição climática, temperatura, umidade do solo, condição de cultivo e variedade (CHITARRA, 1996). Danos mecânicos, podridão e senescência promovem a desorganização da parede celular, levando

a oxidação do ácido ascórbico, provavelmente devido a ação das enzimas polifenol oxidase e ácido ascórbico oxidase (MOKADY; COGAN; LIEBERMAN, 1984). Durante o amadurecimento, o teor de ácido ascórbico aumenta, dos estádios iniciais de desenvolvimento até a maturação total, mas quando excessivamente maduro, este conteúdo diminui significativamente (DHILLON et al., 1987; ESTEVES et al., 1983; VAZQUEZ-OCHOA; COLINAS-LEON, 1990). No entanto, para goiabas da variedade Kumagai tem-se observado aumento constante nesse teor, mesmo em estádios avançados do amadurecimento (CAVALINI et al., 2006; JACOMINO et al., 2000).

No final do amadurecimento ocorre diminuição nos processos de síntese e predominância nos degradativos, que resultarão na morte dos tecidos, caracterizando a fase denominada senescência. Ela é considerada como um evento degenerativo internamente programado, dada sua especificidade em termos de quando, onde e como ele ocorre. Não é um processo de envelhecimento passivo, embora progrida com a idade, é controlada por sinalizadores internos e externos, e pode ser retardada ou acelerada pela alteração desses sinalizadores. Os mecanismos que controlam a senescência são agrupados em duas categorias: deficiência nutricional e programação genética, com indutores como o etileno e o ácido abscísico e inibidores, como as citocininas, poliaminas e íons cálcio (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

## **2.2 Respiração e padrão respiratório**

O processo de respiração é fundamental no amadurecimento dos frutos, pois várias reações acopladas à respiração são responsáveis pela síntese de inúmeros compostos, tais como pigmentos, compostos fenólicos e fitohormônios (PURVIS, 1997), assim como influenciam a longevidade das frutas na pós-colheita, provocando modificações profundas nos seus constituintes químicos, levando à perda de umidade e à rápida senescência (WILLS et al., 1981).

O padrão da atividade respiratória em frutos pode ser dividido em climatéricos e não climatéricos. Frutos climatéricos são caracterizados por apresentarem aumento na produção de CO<sub>2</sub> acompanhado de um pico autocatalítico de produção de etileno (KAYS; PAULL, 2004; LELIÈVRE et al., 1997; P'ERIN et al., 2002), o que não é observado nos frutos não climatéricos (KAYS; PAULL, 2004; LURIE; KLEIN, 1989; RHODES, 1980).

Segundo Giovannoni (2001), em frutos climatéricos o etileno é necessário para coordenar e completar o amadurecimento.

Wills et al. (1998) afirmam que nos frutos não climatéricos a respiração diminui durante o amadurecimento e as transformações bioquímicas, que tornam o fruto maduro, ocorrem de forma mais lenta. O amadurecimento só ocorrerá se o fruto estiver ligado à planta, diferentemente dos frutos climatéricos que possuem a capacidade de amadurecer mesmo após a colheita.

Iwata; Omato e Ogata (1969), já apresentavam uma classificação mais conveniente para os padrões respiratórios dos frutos, sendo eles: decréscimo gradual, como o próprio nome diz a respiração diminuiria gradualmente; ascensão temporária, na qual a respiração aumentaria temporariamente, com completo amadurecimento após o pico respiratório; e pico tardio, no qual a máxima produção é apresentada desde o estágio completamente maduro até o supermaduro. Ainda assim, o observado para goiabas não se enquadra em nenhum desses padrões, pois apresentam aumento constante do início ao fim do amadurecimento.

Os dados sobre a fisiologia pós-colheita de goiabas são limitados e contraditórios. Para Biale e Barcus (1970), ela é um fruto não climatérico e não apresenta aumento brusco na liberação de CO<sub>2</sub>. Chitarra e Chitarra (2005) e Medina (1978) também consideram a goiaba como fruto não climatérico. Entretanto, goiabas indianas ‘Sardar’, colhidas no início da mudança da coloração da casca e armazenadas a 24°C e 85% UR, apresentaram elevação da atividade respiratória de 53mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, na colheita, para 82mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, depois de 6 dias (SINGH; SINGH; CHAUHAN, 1981).

Brown e Wills (1983) estudaram o comportamento de 6 cultivares de *P. guajava* colhidas em quatro estádios de maturação, que variaram de imaturo a totalmente desenvolvido. Todas as cultivares examinadas tiveram comportamento respiratório e de produção de etileno do tipo climatérico. Os frutos mais maduros alcançaram o pico climatérico 4 a 6 dias após a colheita, no entanto os imaturos apresentaram menor produção e ausência de pico de CO<sub>2</sub> e de etileno e não completaram seu desenvolvimento.

Mercado-Silva et al. (1998), no México, concluíram que a goiaba ‘Media China’ apresenta padrão climatérico tanto para a produção de CO<sub>2</sub> quanto para a de etileno. Observa-se, entretanto, que o pico climatérico ocorreu quando a fruta já estava completamente amarela e amolecida, ou seja, no final da vida útil, numa fase que mais parece com senescência do que com amadurecimento. Da mesma forma, frutos das variedades Pedro Sato, Kumagai e Paluma apresentaram aumento gradual na atividade respiratória, com máxima produção após o completo amadurecimento das goiabas (AZZOLINI et al., 2005; CAVALINI, 2004).

### 2.3 Etileno endógeno e exógeno

O hormônio do amadurecimento, como é conhecido o etileno, é formado a partir do aminoácido metionina, via SAM (S-adenosil L-metionina). O SAM é convertido a ACC (ácido 1-aminoacilciclopropano 1-carboxílico), sendo catalisado pela enzima ACC sintase. O ACC é então oxidado a etileno através da ação da enzima ACC oxidase (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O etileno é biologicamente ativo em quantidades traço e seus efeitos são comercialmente importantes na agricultura (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1992). As taxas de produção do etileno pelos tecidos são geralmente baixas, e a concentração necessária para induzir o amadurecimento é dependente da espécie e do estágio de maturação dos frutos (YANG, 1985).

O etileno intervém, a nível molecular, na indução da expressão de numerosos genes, que durante o amadurecimento parece ser regulada por dois caminhos, um é etileno-dependente e o outro etileno-independente. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), estudando tomates, observaram que os genes envolvidos com a biossíntese de licopeno, aroma e metabolismo respiratório são considerados dependentes, enquanto os genes que codificam a enzima clorofilase e a ACC oxidase parecem ser independentes do etileno. Em frutos climatéricos, o etileno promove aumento da biossíntese das enzimas da sua própria rota metabólica, caracterizando a produção autocatalítica. O aumento da biossíntese de etileno, durante o climatérico, é considerado o fator responsável pelo início do amadurecimento em frutos climatéricos (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1992; BIALE, 1960; GRIERSON, 1987; MCGLASSON, 1985; OETIKER; YANG, 1995).

McMurchie et al. (1972) distinguiram dois sistemas de produção de etileno (sistema I e sistema II), os quais estão associados com as fases pré-climatérica e climatérica. O sistema I é responsável pelos baixos níveis de produção de etileno presente no pré-climatérico e na produção de etileno pelos tecidos vegetativos e frutos não climatéricos (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1992; KNEE, 1985; OETIKER; YANG, 1995).

A fase climatérica é decorrente do sistema II da biossíntese de etileno, no qual ocorre a produção autocatalítica. Segundo Vendrell e Palomer (1997), o aumento na produção autocatalítica do etileno se deve ao aumento na atividade da ACC sintase.

Yang (1985) afirma que o fator que leva ao amadurecimento é a diminuição da resistência à ação do etileno, portanto, o aumento da produção de etileno pelo sistema I não seria pré-requisito para iniciar o amadurecimento. Este autor classifica os frutos climatéricos em frutos do tipo I, os

quais apresentam aumento na produção de etileno antes do início do amadurecimento; e frutos do tipo II, nos quais o começo do amadurecimento não é precedido por aumento na produção de etileno.

Para Abdi et al. (1998), a classificação dos frutos em climatéricos e não climatéricos é uma grande simplificação do processo de amadurecimento.

A aplicação de etileno no pré-climatério, em frutos do tipo climatérico, antecipa o amadurecimento e por consequência a senescência. Em frutos não climatéricos ocorre aumento na atividade respiratória, seguida de queda imediata, o que não se reflete em amadurecimento.

Estudando o padrão respiratório de goiabas ‘Pedro Sato’, Azzolini et al. (2005) observaram que apesar de frutos de três estádios de maturação responderem à aplicação de 1-MCP, como retardador do amadurecimento, esses frutos não apresentaram qualquer alteração quando submetidos a aplicação de etileno ( $1000 \mu\text{L.L}^{-1}$ ).

#### **2.4 Aminoetoxivinilglicina (AVG)**

A AVG é uma fitotoxina produzida por certas cepas da bactéria *Rhizobium japonicum*, presentes nos nódulos das raízes de soja (*Glycine max* L.). Atua como um regulador de crescimento, inibindo a síntese de etileno a partir da metionina (OWENS; TOLLA; PETERSON, 1980), mais especificamente, inibe a ação da enzima ACC sintase de forma competitiva e reversível, impedindo a conversão de SAM (S-adenosilmetionina) para ACC (ácido 1-aminociclopropano-carboxílico) (BOLLER; HERNER; KENDE, 1979). No entanto, esta ligação não altera a conformação da enzima (HUAI et al., 2001), além dessa enzima continuar sendo sintetizada (LIEBERMAN, 1975). Desta forma, a AVG pode retardar o amadurecimento inicial dos frutos climatéricos, visto que este atua inibindo a síntese de etileno, responsável por desencadear os processos de amadurecimento.

A aplicação pré-colheita de AVG é comum em maçãs, por retardar a produção de etileno e  $\alpha$ -farneseno, retardando a perda de qualidade dos frutos. Também é responsável por reduzir a queda de frutos na pré-colheita, retardar o amadurecimento, o que inibi o distúrbio fisiológico “pingo de mel” em maçãs. Em pêssegos, sua aplicação pode atrasar a floração e quebrar a dominância apical (AUTIO; BRAMLAGE, 1982; DEKAZOS, 1981; FAN; MATTHEIS; DUCHANAN, 1998; JU; BRAMLAGE, 2001; MASIA et al., 1998).

Sua aplicação pós-colheita tem sido estudada recentemente, mostrando-se viável, pois mantém a firmeza de caquis ‘Fuyu’ armazenados em ambiente refrigerado, assim como é eficiente em manter a firmeza e reduzir a produção de etileno de abricós (FAGUNDES; DABUL; AYUB, 2006; PALOU; CRISOSTO, 2003). Em lima ácida ‘Tahiti’, houve diminuição no consumo de sólidos solúveis e na acidez titulável em frutos armazenados por 40 dias a 9°C, assim como diminuiu a respiração dos mesmos, quando armazenados a 9°C. No entanto, quando estes frutos foram levados à condição de temperatura ambiente os tratados com AVG, igualaram-se aos do controle (TAVARES, 2003).

O relatado indica que a eficiência deste produto pode variar com a espécie, a cultivar, a dose e a época de aplicação, indicando que novas pesquisas ainda se fazem necessárias.

## 2.5 1-Metilciclopropeno (1-MCP)

O 1-MCP é um regulador vegetal volátil, encontrado sob a forma de sal de lítio. Atua inibindo a ação do etileno, pois se liga preferencialmente aos seus receptores, bloqueando-os de forma irreversível (JIANG et al., 1999b; FENG et al., 2000). Provavelmente, essa preferência ao receptor seja devido ao valor da constante de Michaelis-Menten ( $K_m$ ), que para o 1-MCP é de 17 nL.L<sup>-1</sup>, enquanto para o etileno é de 96 nL.L<sup>-1</sup>, indicando sua maior afinidade aos receptores de etileno (JIANG et al., 1999a). Após a aplicação do 1-MCP o amadurecimento só é retomado se houver síntese de novos receptores (FENG et al., 2000; JIANG et al., 1999b; SISLER; SEREK; DUPILLE, 1996).

Inicialmente o 1-MCP foi utilizado para retardar a senescência de flores cortadas e de plantas envasadas (PORAT et al., 1995; SEREK et al., 1994; SEREK et al., 1995; SISLER; SEREK; DUPILLE, 1996). Atualmente, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de se utilizar as vantagens do 1-MCP em diversos produtos hortícolas, como maçã (FAN et al., 1999; RUPASINGHE et al., 2000; WATKINS et al., 2000), banana (GOLDING et al., 1998; HARRIS et al., 2000; SISLER; SEREK 1997), ameixa (ABDI et al., 1998), damasco (FAN et al., 2000), abacate (FENG et al., 2000; KLUGE et al., 2002), goiaba (BASSETTO et al., 2005), pêssego (KLUGE; JACOMINO, 2002), mamão (JACOMINO et al., 2002), tomate (NAKATSUKA et al., 1997; SISLER; SEREK, 1997), brócolis (FENG et al., 2000; KU; WILLS, 1999) e morango (KU; WILLS, 1999).

Em goiaba, Bassetto et al. (2005) testaram a combinação entre concentrações e tempos de exposição ao 1-MCP, em temperatura ambiente. Os resultados mostraram que quanto menor a concentração, maior deve ser o tempo de exposição. No entanto, goiabas expostas a  $900 \mu\text{L.L}^{-1}$  durante 6 ou 12 horas, não amadureceram. Além disso, observaram também que os resultados foram semelhantes para os tratamentos com  $300 \mu\text{L.L}^{-1}$  e expostos durante 6 ou 12 horas, ou com  $900 \mu\text{L.L}^{-1}$  com 3 horas de exposição.

Singh e Pal (2008) utilizaram o 1-MCP para investigar a resposta do tipo climatérica em goiabas 'Allahabad Safeda', tanto em condições ambiente, como sob refrigeração. Nos dois tratamentos e nas diferentes concentrações utilizadas observaram efeito retardador do 1-MCP ao amadurecimento.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Hortícolas do Departamento de Produção Vegetal em parceria com o Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-Colheita do Departamento de Ciências Biológicas, ambos da ESALQ/USP e dividido em duas etapas.

Nas duas etapas utilizaram-se goiabas ‘Kumagai’ e ‘Pedro Sato’ provenientes de pomares comerciais dos municípios de Campinas e Vista Alegre do Alto, respectivamente. Utilizaram-se frutos produzidos durante o período de primavera-verão.

Os frutos, selecionados quanto à coloração da casca, no estágio 2 de amadurecimento (AZZOLINI; JACOMINO; BRON, 2004a; CAVALINI et al., 2006) e ausência de defeitos, foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita, tratados com fungicida. Para tanto, utilizou-se prochloraz, por meio de imersão em solução a  $0,34\text{g.L}^{-1}$  durante 2 minutos. A utilização de fungicida se fez necessária para que não houvesse interferência de podridões nas análises.

Na primeira avaliou-se o comportamento dos frutos, desde o início do amadurecimento até a senescência, objetivando-se diferenciar o amadurecimento da senescência. Na segunda, avaliou-se o comportamento de frutos submetidos à aplicação de reguladores do amadurecimento, objetivando-se avaliar seu comportamento respiratório.

Nesta segunda etapa, as goiabas, depois de tratadas com o fungicida e secas durante 12 horas ( $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e 85% UR), foram divididas em quatro grupos, sendo eles:

- Controle – sem aplicação de reguladores do amadurecimento;
- Aminoetoxivinilglicina (AVG) – os frutos foram imersos por 2 minutos em solução contendo  $50\text{ mg.L}^{-1}$  de AVG;
- 1-Metilciclopropeno (1-MCP) – os frutos foram colocados em câmara hermética e expostos ao produto na concentração de  $900\text{ nL.L}^{-1}$ , por 3 horas;
- Etileno - os frutos foram colocados em câmara hermética e expostos ao produto na concentração de  $1000\mu\text{L.L}^{-1}$ , por 24 horas. Esta câmara foi aberta a cada 6 horas, durante 2 minutos, para permitir ventilação e troca gasosa, sempre seguido de reaplicação de etileno na mesma concentração.

Em ambas as etapas os frutos foram armazenados em câmara a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e 85% UR até completa senescência.

Na etapa 1, os frutos foram avaliados quanto à produção de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , acetaldeído e etanol, além de extravasamento de eletrólitos, firmeza da polpa, atividade da pectinametilesterase, cor da casca, cor da polpa e teores de clorofila, carotenóide, sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico.

Na segunda etapa avaliaram-se as mesmas variáveis, com acréscimo das determinações de carboidratos totais da polpa e consumo de  $\text{O}_2$ .

### **3.1 Determinações**

Os frutos foram caracterizados ao chegarem ao laboratório e avaliados a cada 2 dias até atingirem firmeza e cor da casca constante. Foram utilizadas 8 repetições de 1 fruto para as determinações de produção de  $\text{CO}_2$  e de  $\text{C}_2\text{H}_4$ , consumo de  $\text{O}_2$ , quociente respiratório, firmeza da polpa, cor da casca e da polpa e teores de sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico. Nas demais análises foram utilizadas 3 repetições, sendo que para atividade da PME e teores de clorofila, carotenóides e carboidratos, as análises foram realizadas em triplicata.

#### **3.1.1 Produção de $\text{CO}_2$**

As goiabas foram acondicionadas em frascos herméticos, de vidro, com capacidade para 600 mL, com tampa de metal e septo de silicone. Foram utilizadas 8 repetições, com 1 fruto por frasco, por tratamento. Os frascos foram fechados diariamente e ao final de 30 minutos coletaram-se amostras de 1,0 mL de gás do interior dos mesmos, utilizando-se seringa modelo Gastight, marca Hamilton de 2,5 mL. Estas amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás (ThermoElectron, GC Trace 2000), com detector de ionização de chama (FID) e separação em coluna de Porapak N. O gás de arraste foi o hidrogênio, a um fluxo de  $39,1 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ . As temperaturas mantidas foram,  $100^\circ\text{C}$  para a coluna e o injetor,  $250^\circ\text{C}$  para o detector e  $350^\circ\text{C}$  para o metanador. Os resultados da produção de  $\text{CO}_2$  foram expressos em  $\text{mL kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ .

#### **3.1.2 Produção de $\text{C}_2\text{H}_4$**

A produção de etileno foi medida da mesma forma que a respiração, porém o tempo de fechamento dos frascos foi de uma hora, para que o acúmulo de etileno fosse suficiente para

possibilitar sua detecção. O equipamento foi o mesmo utilizado na determinação de CO<sub>2</sub>, com nitrogênio como gás de arraste, a um fluxo de 33,3 mL.min<sup>-1</sup>. As temperaturas mantidas no aparelho foram as mesmas utilizadas para o CO<sub>2</sub>, excetuando-se o metanador, que é desnecessário para a detecção do etileno. Os resultados da produção de etileno foram expressos em  $\mu\text{L kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ .

### **3.1.3 Consumo de O<sub>2</sub>**

Utilizaram-se os mesmos frutos e frascos que foram adotados para a determinação do CO<sub>2</sub> produzido, mas o conteúdo de O<sub>2</sub> foi medido em um analisador de gases (modelo Check Mate 9900 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>, Marca PBI Dansensor). O consumo de O<sub>2</sub> foi determinado pela diferença entre a quantidade de O<sub>2</sub> imediatamente após o fechamento dos frascos e após 30 minutos. Os resultados foram expressos em mL.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.

### **3.1.4 Quociente Respiratório (Q.R.)**

O quociente respiratório foi obtido pela relação entre o CO<sub>2</sub> produzido e o O<sub>2</sub> consumido.

### **3.1.5 Carboidratos Totais**

Para a determinação do teor de carboidratos totais foram utilizadas 3 repetições com 1 fruto cada, em cada dia de análise e tratamento. Cada repetição foi analisada em triplicata. As amostras foram retiradas da região de maior diâmetro do fruto, imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a -18°C.

Para a determinação do conteúdo de carboidratos, amostras congeladas contendo 100 mg de polpa foram maceradas em 2,0 mL de etanol a 80%. Estas amostras foram centrifugadas a 10.000 g por 15 minutos, a 24°C. O sobrenadante foi armazenado e o precipitado ressuspensionado em 2,0 mL de etanol a 80% e novamente centrifugado. Esta operação foi repetida mais uma vez, obtendo-se no total 6,0 mL de extrato, cujo volume foi completando para 10,0 mL com etanol a 80%. A determinação do conteúdo de carboidratos no extrato foi feita seguindo a metodologia proposta por Dubois et al. (1956).

### 3.1.6 Acetaldeído e Etanol

Foram determinados de acordo com metodologia adaptada de Davis e Chace Júnior (1969). As amostras com 1g da polpa triturada e embaladas em frascos de 40 mL, lacrados, foram mantidas a -18°C até o momento da análise.

Para estas determinações utilizaram-se as seguintes soluções padrão:

Acetaldeído, preparada pesando-se 0,085 g de acetaldeído e completada a 400mL com água deionizada gelada. Desta solução tomou-se 1,0; 10,0 e 50,0 mL cujos volumes foram completados para 100 mL com água deionizada gelada. Estas soluções foram homogeneizadas e transferidas para frascos herméticos.

Etanol, preparado pesando-se 0,01; 0,14 e 0,81 g de etanol em balões volumétricos e que tiveram o volume completado para 200 mL com água deionizada gelada. Estas soluções foram homogeneizadas e transferidas para frascos herméticos.

As determinações foram feitas transferindo-se 1,0 mL de cada solução padrão para frascos de 40 mL, que foram lacrados e mantidos em banho-maria a 50°C por 30 minutos. Coletou-se 1,0 mL de ar do espaço livre do frasco, que foi injetado em cromatógrafo a gás (ThermoElectron, GC Trace 2000), equipado com detector de ionização de chama (FID) e separação em coluna Porapak N, para estabelecimento da curva padrão. As configurações do cromatógrafo foram: forno – 140°C durante 8 minutos, após esse tempo, aumento de 20°C por minuto até atingir 180°C, ficando nessa temperatura por dois minutos para limpeza da coluna; injetor – 150°C; detector – 180°C; pressão – 190KPa (constante) e fluxo de N<sub>2</sub> de 70 mL.min<sup>-1</sup>. As amostras de polpa de goiaba, previamente lacradas e congeladas, foram mantidas em banho-maria a 50°C por 30 minutos. Decorrido este tempo, 1,0 mL do espaço livre do frasco foi coletado com seringa Gastight marca Hamilton de 2,5mL e injetado no cromatógrafo. Os teores de acetaldeído e de etanol das amostras foram calculados correlacionando as respectivas áreas cromatográficas com aquelas obtidas nas curvas padrões. Os resultados foram expressos em µg de acetaldeído ou etanol por grama de material vegetal.

### 3.1.7 Extravasamento de eletrólitos

Utilizou-se de um vazador para retirar discos com 1,0 cm de diâmetro e 2,0 mm de espessura, totalizando 1,0 g de tecido da região equatorial. Esses discos foram lavados com água deionizada, secos e transferidos para erlenmeyers contendo 25,0 mL de manitol a 0,4M, onde

permaneceram incubados por 3 horas em temperatura ambiente e com agitação moderada. Depois, mediu-se a condutividade elétrica da solução, para em seguida aquecer estas amostras até ferverem por 5 minutos, visando o rompimento das membranas. Depois de resfriado até atingir a temperatura ambiente, fez-se nova medição da condutividade elétrica. Os valores foram expressos em percentagem, considerando-se a amostra fervida como tendo condutividade máxima.

### **3.1.8 Firmeza da polpa**

A firmeza foi determinada com penetrômetro digital, com ponteira de 8 mm de diâmetro, sendo a casca removida com o auxílio de descascador manual. Tomou-se duas leituras por fruta, em lados opostos da região equatorial, e os resultados expressos em Newton.

### **3.1.9 Atividade da Pectinametilesterase – PME (EC3.1.1.11)**

Para a determinação da atividade desta enzima as amostras foram retiradas da região de maior diâmetro do fruto, imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a -18°C.

O extrato foi preparado com 5,0g de polpa congelada, triturada com Mixer Vertical, com 20,0 mL de NaCl a 0,2M gelado (4°C).

Para a determinação da atividade tomou-se 30,0 mL de pectina cítrica a 1% em becker, que foi diluída com 25,0 mL de NaCl a 0,2M. Corrigiu-se o pH para 7,0 com NaOH. Adicionou-se 5,0 mL do extrato, corrigiu-se rapidamente o pH para 7,0 e manteve-se o mesmo por 10 minutos. Após esse período verificou-se o volume de NaOH a 0,01M gasto. A unidade de atividade enzimática (UAE) foi definida como sendo a capacidade da enzima em catalisar a desmetilação de pectina correspondente a  $1,0\mu\text{mol de NaOH min}^{-1}.\text{g}^{-1}$ , nas condições do ensaio.

### **3.1.10 Coloração da casca e da polpa**

A coloração da casca e da polpa foi determinada com colorímetro Minolta, modelo CR-300. Foram tomadas duas leituras por fruta, em lados opostos de sua região equatorial e os resultados expressos em ângulo de cor ( $h^{\circ}$ ) e cromaticidade (C), para coloração da casca e da polpa, respectivamente.

### 3.1.11 Clorofila e Carotenóides totais

Dois gramas de material vegetal (casca) foram pesados, macerados em acetona gelada a 80% e transferidos para frasco protegido com papel alumínio, dada sua fotossensibilidade. As leituras da absorvância foram feitas em espectrofotômetro a 663, 645 e 480 nm (ARNON, 1949), e calculados seguindo as seguintes fórmulas:

$$\text{Clorofila total} = (8,02 \times \lambda_{663}) + (20,2 \times \lambda_{645})$$

$$\text{Carotenóides totais} = (\lambda_{480} + 0,114 \times \lambda_{663} - 0,638 \times \lambda_{645}) \times (\text{vol. final}/112,5 \times \text{massa})$$

Onde:  $\lambda_{663}$ ,  $\lambda_{645}$  e  $\lambda_{480}$  = leitura da absorvância nos respectivos comprimentos de onda;

Vol. Final = volume obtido ao final da extração em mililitro;

Massa = massa do fruto em gramas.

### 3.1.12 Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi obtido por leitura direta em refratômetro marca Atago, modelo Pallete - 101 e os resultados expressos em °Brix.

### 3.1.13 Acidez titulável

A determinação da acidez titulável foi feita de acordo com a metodologia indicada pela AOAC (1995) e os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico na polpa.

### 3.1.14 Ácido ascórbico

O teor deste ácido foi determinado por titulometria, de acordo com a metodologia indicada pela AOAC (1995) e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de polpa.

## 3.2 Delineamento estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de dados longitudinais (regressão polinomial), devido ao caráter quantitativo imposto pelo fator tempo de armazenamento. As curvas também foram submetidas à

análise do erro padrão da média. As diferenças entre dois tratamentos maiores que as somas de dois erros padrões foram consideradas significativas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização da Senescência (Etapa 1)

A primeira etapa deste trabalho foi conduzida objetivando determinar índices capazes de identificar o início da fase de senescência. Desta forma, diversas variáveis relacionadas às alterações sensoriais foram analisadas.

As principais alterações sensoriais que ocorrem em frutas durante o amadurecimento estão relacionadas à textura, cor, sabor e odor. Essas alterações podem ser percebidas avaliando-se visualmente os frutos ou através de análises físicas, químicas e enzimáticas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A ascensão na produção de CO<sub>2</sub> e de etileno são tidos como fatores desencadeantes de diversas dessas alterações (PURVIS, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2004; WILLS et al., 1981), no entanto, alguns autores têm observado que, para goiabas, esse aumento ocorre após o completo amadurecimento dos frutos (AZZOLINI et al., 2005; CAVALINI, 2004; MERCADO-SILVA et al., 1998).

#### 4.1.1 Produção de CO<sub>2</sub> e de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

A produção de CO<sub>2</sub> e de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> em goiabas têm se mostrado muito variável, podendo apresentar pico climatérico ou não (BIALE; BARCUS, 1970; BRON et al., 2005; CHITARRA; CHITARRA, 2005; MEDINA, 1978; MERCADO-SILVA et al., 1998; OLIVEIRA, 1996; SINGH; PAL, 2008). Em goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato' têm se observado aumento constante na produção de CO<sub>2</sub> e de etileno, com climatérico após o completo amadurecimento dos frutos, não se enquadrando em nenhuma das classificações atualmente utilizadas (AZZOLINI et al., 2005; CAVALINI, 2004).

Neste trabalho, o aumento na produção de CO<sub>2</sub> de etileno ocorreu gradativamente, até a senescência dos frutos, sem que houvesse pico climatérico, em qualquer das variedades estudadas (Figura 1).

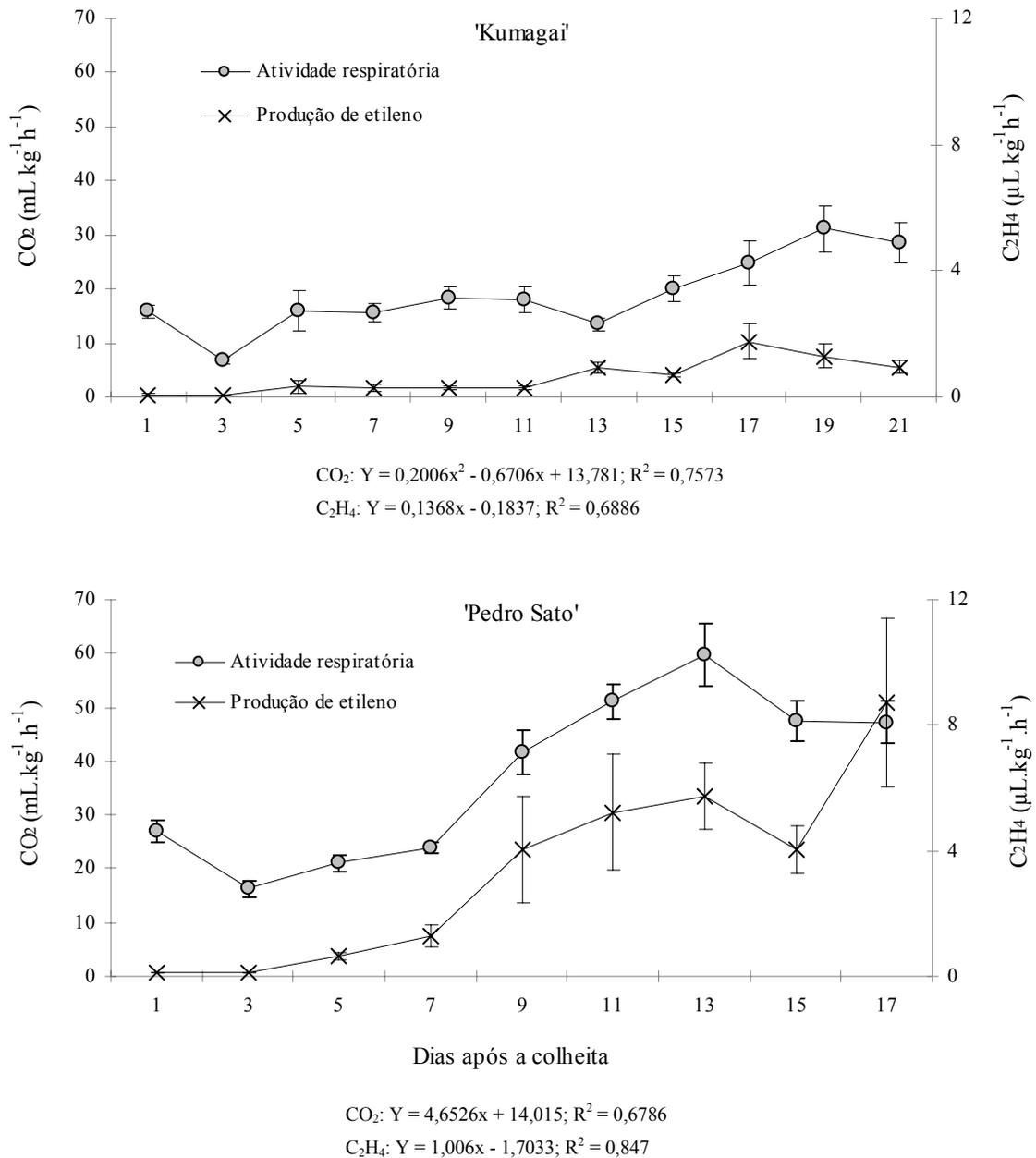


Figura 1 - Produção de CO<sub>2</sub> e de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

Os frutos da variedade Kumagai apresentaram menor produção de CO<sub>2</sub> e de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> quando comparados aos da 'Pedro Sato'. Inicialmente os da 'Kumagai' produziram 16 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> e 0,08 μL de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, enquanto os da 'Pedro Sato' produziram 27 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> e 0,12 μL de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.

A variedade Kumagai apresentou aumento na produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> ao longo do armazenamento, observado pela equação linear apresentada, entretanto, a partir do 11<sup>o</sup> dia esse

aumento foi mais acentuado, passando de 0,28 para 0,93  $\mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ , no que foi seguido pela produção de  $\text{CO}_2$  a partir do 13<sup>o</sup> dia, que também aumentou de 13 para 20  $\text{mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ . Na ‘Pedro Sato’ este aumento ocorreu no nono dia após a colheita, tanto para a atividade respiratória como para a produção de etileno. A partir deste dia, a produção de  $\text{CO}_2$  aumentou de 24 para 42  $\text{mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  e a de etileno de 1,3 para 4,0  $\mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  (Figura 1).

Ao final do armazenamento a produção de  $\text{CO}_2$  foi de 28 e 47  $\text{mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  e a de etileno de 0,9 e 8,7  $\mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ , respectivamente, para ‘Kumagai’ e ‘Pedro Sato’.

É interessante notar que ao longo de todo o experimento, os valores de  $\text{CO}_2$  e de  $\text{C}_2\text{H}_4$  produzidos pelos frutos da variedade Pedro Sato foram duas e quatro vezes maiores, respectivamente, que aqueles observados nos da ‘Kumagai’, o que pode justificar a menor durabilidade dos frutos de ‘Pedro Sato’.

Esses valores se enquadram nas faixas de produção de  $\text{CO}_2$  e de  $\text{C}_2\text{H}_4$ , apresentadas por Kader (2008), para goiabas. Segundo este autor a produção de  $\text{CO}_2$  em goiabas varia de 10 a 70  $\text{mL.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  e a de etileno de 1 a 20  $\mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ . Contudo, diversos fatores podem afetar esses valores, além da interferência da variedade, como o observado neste trabalho. Mercado-Silva et al. (1998) demonstraram, também, a influência da época do ano.

#### 4.1.2 Acetaldeído e Etanol

A produção inicial de acetaldeído e etanol pelos frutos de ‘Kumagai’ manteve-se estável e com valores próximos a 1,0  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de acetaldeído e 5,0  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de etanol até o 15<sup>o</sup> dia, quando aumentou bruscamente, passando para 11  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de acetaldeído e 33  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de etanol. Após esse aumento, a produção de acetaldeído se estabilizou, enquanto a de etanol apresentou tendência a aumentar, de maneira constante até o final do experimento, atingindo valores acima de 65  $\mu\text{g.g}^{-1}$  (Figura 2).

Em ‘Pedro Sato’ observou-se que até o nono dia, a produção foi em torno de 3  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de acetaldeído e 0,5  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de etanol, quando passou a aumentar, atingindo valores na ordem de 36  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de acetaldeído e 28  $\mu\text{g.g}^{-1}$  de etanol (Figura 2).

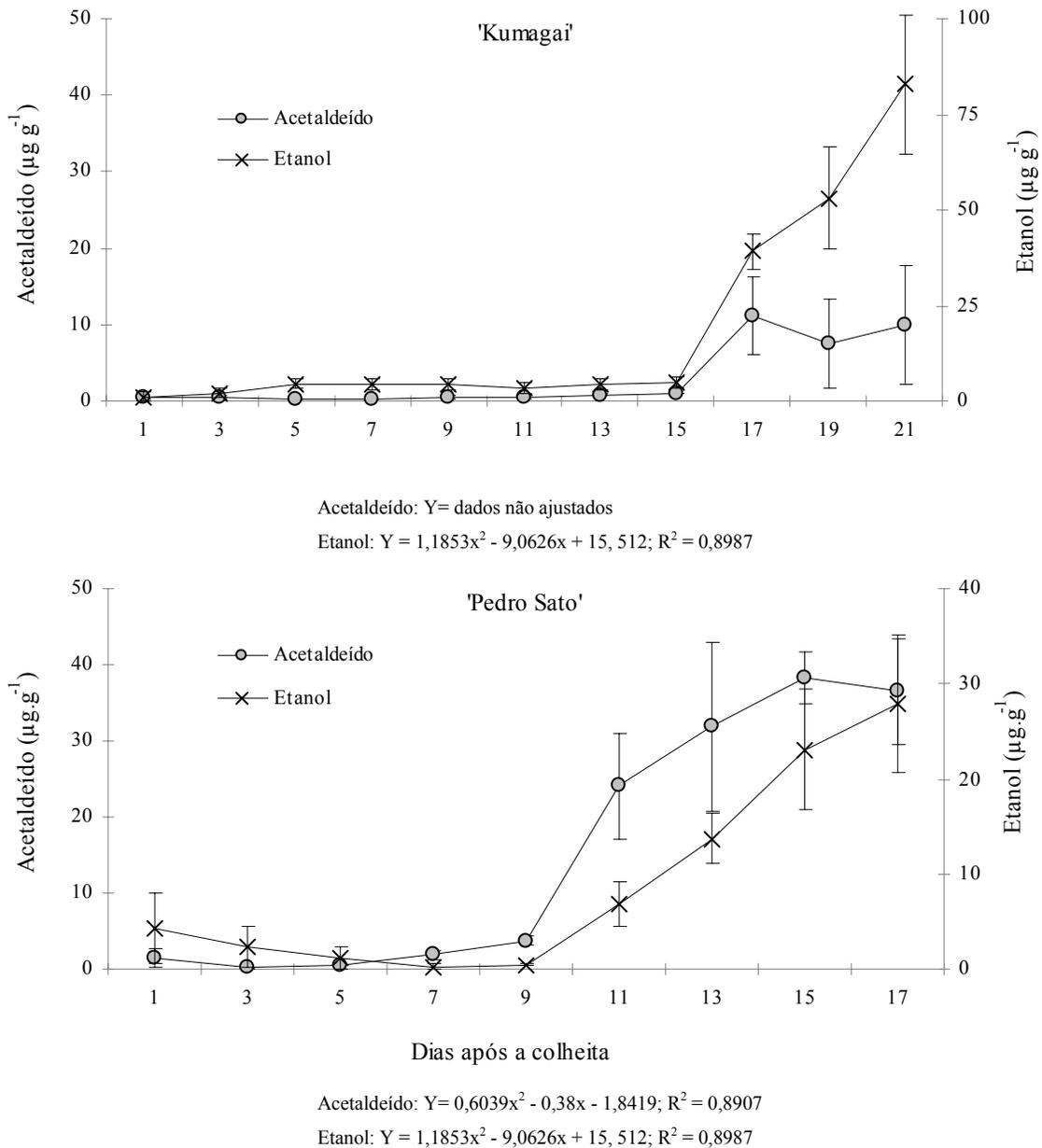


Figura 2 – Produção de acetaldeído e de etanol em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

Ao se comparar a evolução na produção de  $\text{CO}_2$  com os valores de acetaldeído e etanol, pode-se observar que o aumento ocorrido na respiração, provavelmente, seja devido ao metabolismo fermentativo e não relativo à respiração climatérica.

Watkins et al. (1999) e Zaldivar et al. (2007) sugeriram que o acúmulo desses voláteis pode ser indicador de frutos em estágio avançado de amadurecimento, e que o acúmulo de metabólitos fermentativos seja uma resposta ao aumento do CO<sub>2</sub>.

Com o amadurecimento ocorre desorganização celular e degradação de membranas. Dessa forma a fosforilação oxidativa, que ocorre na membrana da mitocôndria, pode ser prejudicada e a produção do NAD<sup>+</sup>, essencial para que ocorra a glicólise e a produção de energia, fica comprometida. Para suprir essa necessidade, é possível que o piruvato não seja mais oxidado e, sim descarboxilado, no metabolismo fermentativo, formando CO<sub>2</sub>, acetaldeído e etanol (TAIZ; ZEIGER, 2004).

#### **4.1.3 Extravasamento de eletrólitos**

Uma característica comum da senescência é o aumento na permeabilidade da membrana, expresso pelo aumento na liberação de íons (STANLEY, 1991; THOMPSON, 1988). Tal fato foi observado em maçãs (LURIE; BEN-ARIE, 1983; LURIE; SONEGO; BEM-ARIE, 1987), tomate (COTE; THOMPSON; WILLEMOT, 1993; PALMA; MARANGONI; STANLEY, 1995), batata (KNOWLES; KNOWLES, 1989), mamão (CHAN, 1991) e flores (FARAGHER; MAYAK; WATCHEL, 1986).

Em maçãs e batatas essa liberação está associada ao aumento da viscosidade da membrana e diminuição do grau de insaturação dos ácidos graxos (LURIE; BEN-ARIE, 1983; LURIE; SONEGO; BEM-ARIE, 1987; KNOWLES; KNOWLES, 1989). Em pepinos, elevada produção de etano, que é uma indicação da peroxidação lipídica, foi paralela à liberação de íons (KUO; PARKIN, 1989). Desta forma, o extravasamento celular de íons tem sido usado como medida indireta da permeabilidade da membrana celular.

Nas goiabas ‘Kumagai’, este extravasamento de íons foi de 7% imediatamente após a colheita, com aumento gradativo até atingir valor máximo aos 21 dias após a colheita, quando chegou a 63% (Figura 3). No entanto, o maior aumento ocorreu entre o 15<sup>o</sup> e o 17<sup>o</sup> dia após a colheita, quando aumentou de 37% para 53%. Nas goiabas ‘Pedro Sato’ a intensidade inicial do extravasamento foi de 11%, aumentando para 54% em nove dias, quando se estabilizou (Figura 3).

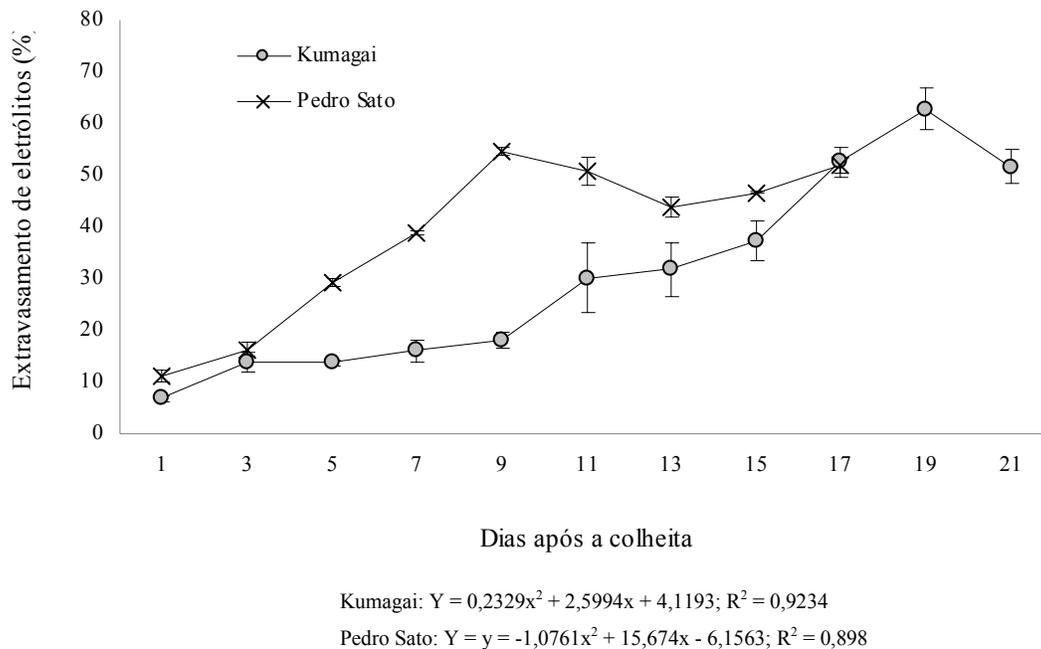


Figura 3 – Extravasamento de eletrólitos em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

#### 4.1.4 Firmeza da polpa e atividade da Pectinametilsterase (PME)

A firmeza da polpa decresceu ao longo do armazenamento em ambas as variedades, enquanto a atividade de pectinametilsterase oscilou ao longo do experimento (Figura 4).

Nos frutos de ‘Kumagai’ a firmeza inicial foi de aproximadamente 100N e reduziu-se até o 17º dia, chegando a 15N, enquanto a atividade da PME reduziu inicialmente e aumentou a partir do 13º dia após a colheita, caracterizado pela equação polinomial apresentada.

Nas goiabas ‘Pedro Sato’ a firmeza diminuiu de 137N para 24N em nove dias após a colheita, quando se estabilizou, sendo que a maior redução ocorreu entre o quinto e o sétimo dia, cerca de 57N. A atividade da PME reduziu linearmente ao longo do amadurecimento, acompanhando a redução na firmeza.

Alguns autores também observaram redução na atividade da PME, que foi correlacionada com o avanço da maturação (LIMA, 2004; LINHARES et al., 2007). No entanto, outros autores observaram aumento em sua atividade com a evolução do amadurecimento em goiabas (CARVALHO, 1999; HUSSAIN; SHAH, 1975; XISTO et al., 2004).

Carvalho et al. (2001), estudando o efeito da atmosfera modificada sobre os componentes da parede celular de goiabas 'Kumagai', também observaram aumento inicial na atividade da PME, seguido de declínio, até o final do período experimental.

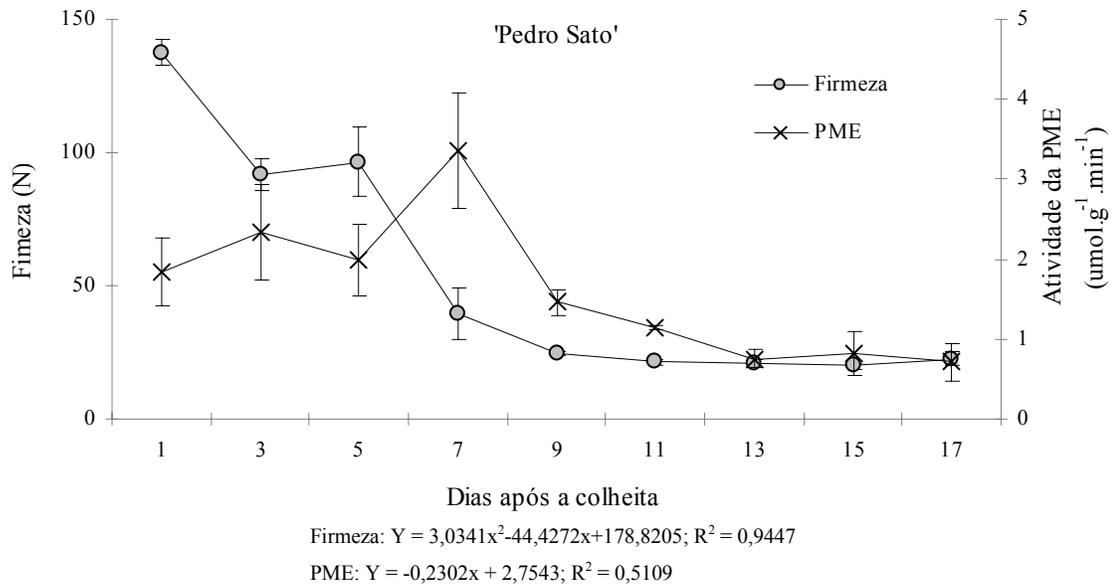
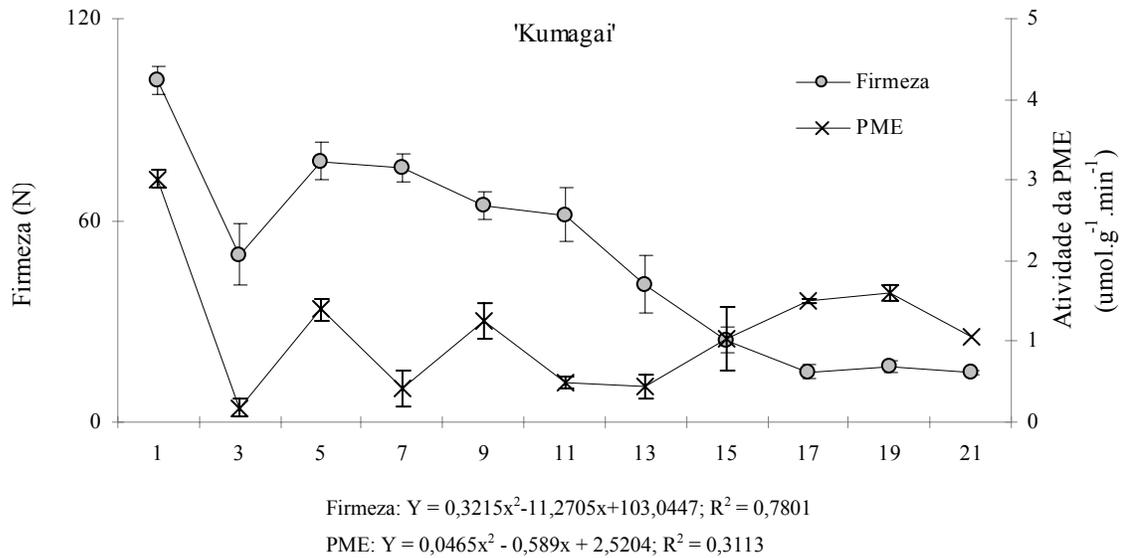


Figura 4 – Firmeza da polpa e atividade da pectinametilesterase em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

Provavelmente outras enzimas de parede celular também estão envolvidas na perda da firmeza, pois se observou que a maior diminuição na firmeza ocorreu antes do aumento na atividade da PME. Enzimas como a poligalacturonase e a D-glicosidase foram relatadas em goiabas, com atividades máximas anteriores ao aumento na atividade da PME (CARVALHO et al., 2001; LINHARES et al., 2007). Contudo, Lazan e Ali (1993) consideram baixa a atividade da poligalacturonase (PG) em frutos tropicais e relatam que enzimas como a celulase e a  $\beta$ -galactosidase apresentam aumento em suas atividades durante o amadurecimento da goiaba.

Deve-se ressaltar que a firmeza inicial das goiabas ‘Pedro Sato’ foi maior que a observada em goiabas ‘Kumagai’, porém ao final do experimento, a firmeza das duas variedades foi semelhante, o que sugere que a atividade de enzimas de parede celular em goiabas ‘Pedro Sato’ seja maior do que em ‘Kumagai’.

O aumento na atividade da PME nas goiabas ‘Kumagai’ pode ter sido induzido pela ascensão na produção de CO<sub>2</sub> e de etileno, pois logo após este aumento ocorreu incremento na atividade desta enzima. No entanto, esta enzima não foi a principal responsável pela perda de firmeza da polpa, que se deu desde o início do experimento. Por outro lado, ela pode ter sido responsável por finalizar o amolecimento do fruto nos estágios mais avançados do amadurecimento, uma vez que a perda de firmeza se tornou estável em dois dias após o aumento da atividade da PME.

Nas goiabas ‘Pedro Sato’ verificou-se que as variáveis ligadas à textura, ou seja, firmeza da polpa e atividade da PME sofreram alterações antes que ocorresse aumento acentuado de CO<sub>2</sub> e de etileno. Estas duas variáveis, firmeza e atividade da PME, estão intimamente ligadas, já que é possível observar que ao aumentar a atividade enzimática, a firmeza é diminuída.

#### **4.1.5 Coloração da casca e da polpa**

O ângulo de cor ( $^{\circ}$ h), medida indireta de cor da casca, diminuiu gradativamente ao longo do armazenamento em ambas as variedades, ou seja, de verdes os frutos tornaram-se amarelados (Figura 5).

Inicialmente, o ângulo de cor foi de 118 $^{\circ}$  em goiabas ‘Kumagai’ e 116 $^{\circ}$  em ‘Pedro Sato’, indicando coloração verde-escura. Ao final do experimento as goiabas ‘Pedro Sato’, com ângulo de cor de 86 $^{\circ}$ , encontravam-se mais amareladas do que as goiabas ‘Kumagai’, com valor de 92 $^{\circ}$ .

A cor observada na casca de frutos é determinada pela combinação de pigmentos. Em frutas, o pigmento responsável pela coloração verde é a clorofila, a qual é degradada com o amadurecimento, enquanto há síntese ou revelação de outros pigmentos como  $\beta$ -caroteno, licopeno, xantofila, antocianina, dependendo do vegetal (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A cor da polpa foi avaliada observando a cromaticidade (C). Este parâmetro indica a intensidade de uma cor. Em goiabas 'Kumagai' a cromaticidade da polpa manteve-se praticamente estável durante todo o armazenamento, com valores em torno de 26. A polpa desta variedade é quase branca e praticamente não sofre alteração com o amadurecimento, o que explica a estabilidade nos valores de cromaticidade.

A variedade Pedro Sato, de polpa vermelha, apresentou aumento na cromaticidade durante o armazenamento, indicando que a polpa tornou-se mais vermelha com o amadurecimento (Figura 5). Realmente, as goiabas de polpa vermelha possuem polpa com coloração rosada quando verdes e pode atingir coloração vermelho intenso quando completamente maduras. Os valores observados inicialmente nos frutos da variedade Pedro Sato foram de 28, aumentando até o 11<sup>o</sup> dia, quando atingiu valores de 43 e tornou-se estável. Outros autores também observaram aumento na cromaticidade da polpa de goiabas vermelhas e este aumento tem sido atribuído ao aumento na síntese de licopeno (AZZOLINI et al., 2004b; CAVALINI, 2004; JACOMINO; MARTINEZ; KLUGE, 2003; ADSULE; KADAM, 1995).

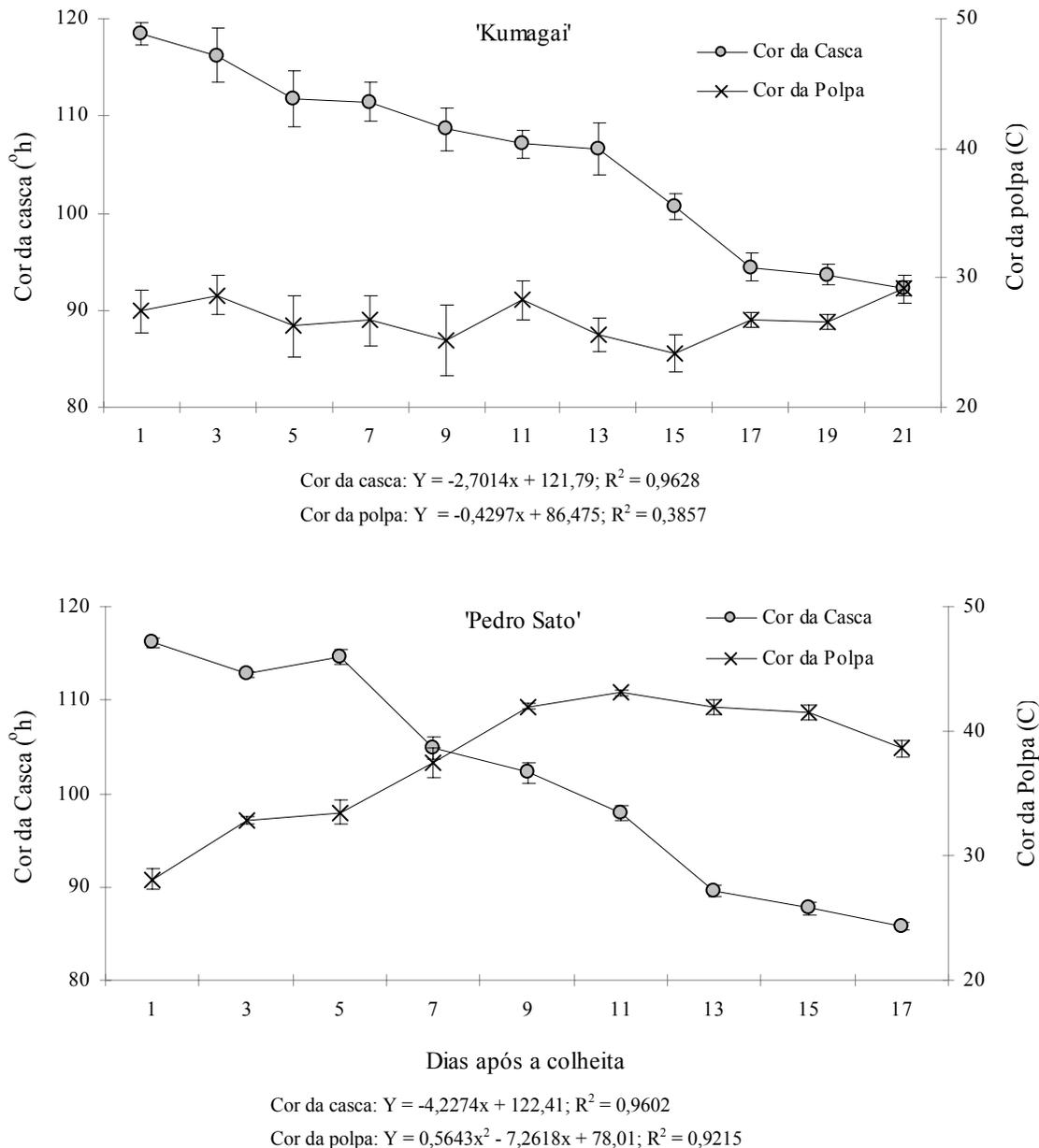


Figura 5 – Cor da casca e da polpa em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

#### 4.1.6 Clorofila e Carotenóides Totais

O teor de clorofila total reduziu ao longo do armazenamento, enquanto o teor de carotenóide manteve-se praticamente constante nas duas variedades (Figura 6).

Nas goiabas 'Kumagai' o teor inicial de clorofila foi de  $3,9 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , mantendo tendência linear decrescente até o final do experimento, observada por meio da equação da reta, quando chegaram a  $1,01 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ . O teor de carotenóide foi de  $0,16 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , e decresceu linearmente até o

final do experimento, com  $0,10 \text{ mg.g}^{-1}$ . Entretanto, o coeficiente angular das equações foi distinto, sendo que para clorofila foi de  $0,2695$  e para carotenóides foi de  $0,0063$ , indicando que a redução no teor de clorofila foi superior à observada no teor de carotenóide. Provavelmente, a redução no teor de carotenóides não seja biologicamente significativa.

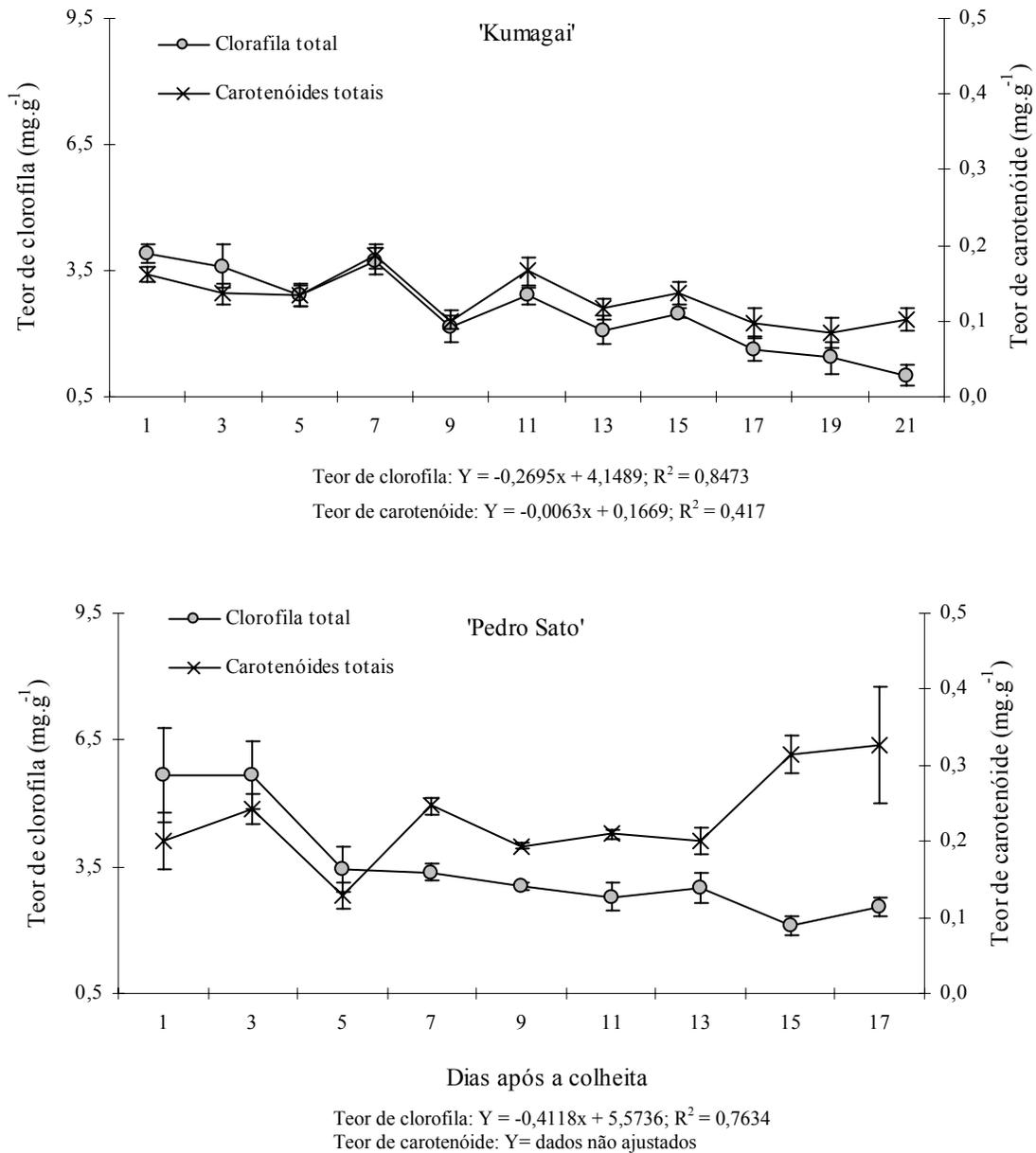


Figura 6 – Teores de clorofila e de carotenóides em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

Nas goiabas ‘Pedro Sato’ os teores iniciais de clorofila foi de  $5,66 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$  e de carotenóides foi de aproximadamente  $0,2 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ . O teor de clorofila total diminuiu do terceiro para o quinto dia, mantendo-se estável até o final do armazenamento, enquanto o teor de carotenóides totais aumentou, principalmente a partir do 13º dia após a colheita. Apesar do teor de clorofila manter-se estável a partir do quinto dia, o ângulo de cor continuou diminuindo, provavelmente devido à síntese de carotenóides totais que confere cor amarela e faz com que o ângulo de cor diminua.

É interessante notar que os teores de pigmentos encontrados na casca dos frutos da variedade Pedro Sato foram aproximadamente três vezes maiores que os observados nos de ‘Kumagai’, o que justifica as cores mais intensas nos frutos de ‘Pedro Sato’ e mais discretas nos de ‘Kumagai’.

Em goiabas ‘Kumagai’, a redução no ângulo de cor foi discreta até o 13º dia após a colheita, acentuando-se entre o 13º e o 17º dia, mesmo momento em que se iniciou o aumento na produção de etileno. O mesmo ocorreu para as goiabas ‘Pedro Sato’ entre o quinto e o sétimo dia. Tal fato sugere que a alteração da cor da casca esteja ligada à concentração de etileno no fruto, mas não significa que seja dependente deste hormônio, visto que mesmo antes da ascensão do etileno era possível notar redução no ângulo de cor.

As demais variáveis relacionadas à alteração da cor, como cor da polpa e teores de clorofila e carotenóides da casca não sofreram influência da atividade respiratória ou da produção de etileno nos frutos da variedade Kumagai. Em goiabas ‘Pedro Sato’, as variáveis cor da polpa e teor de clorofila aumentaram antes da ascensão de  $\text{CO}_2$  e de etileno, enquanto o teor de carotenóides, assim como o ângulo de cor, sofreram maior alteração após esse aumento.

Esses dados corroboram com os de Taiz e Zeiger (2004), ao afirmarem que genes envolvidos na biossíntese de licopeno, aroma e metabolismo respiratório são considerados dependentes do etileno e genes que codificam as enzimas clorofilase e ACC oxidase parecem ser independentes.

#### **4.1.7 Sólidos solúveis e acidez titulável**

Em goiabas ‘Kumagai’ o teor de sólidos solúveis (SS) variou de 8,1 a 7,3 °Brix ao longo do armazenamento, indicando que este teor foi praticamente constante. A acidez titulável (AT)

inicial foi de 0,85% diminuindo acentuadamente a partir do quinto dia, chegando no final do período de armazenamento com a 0,63%.

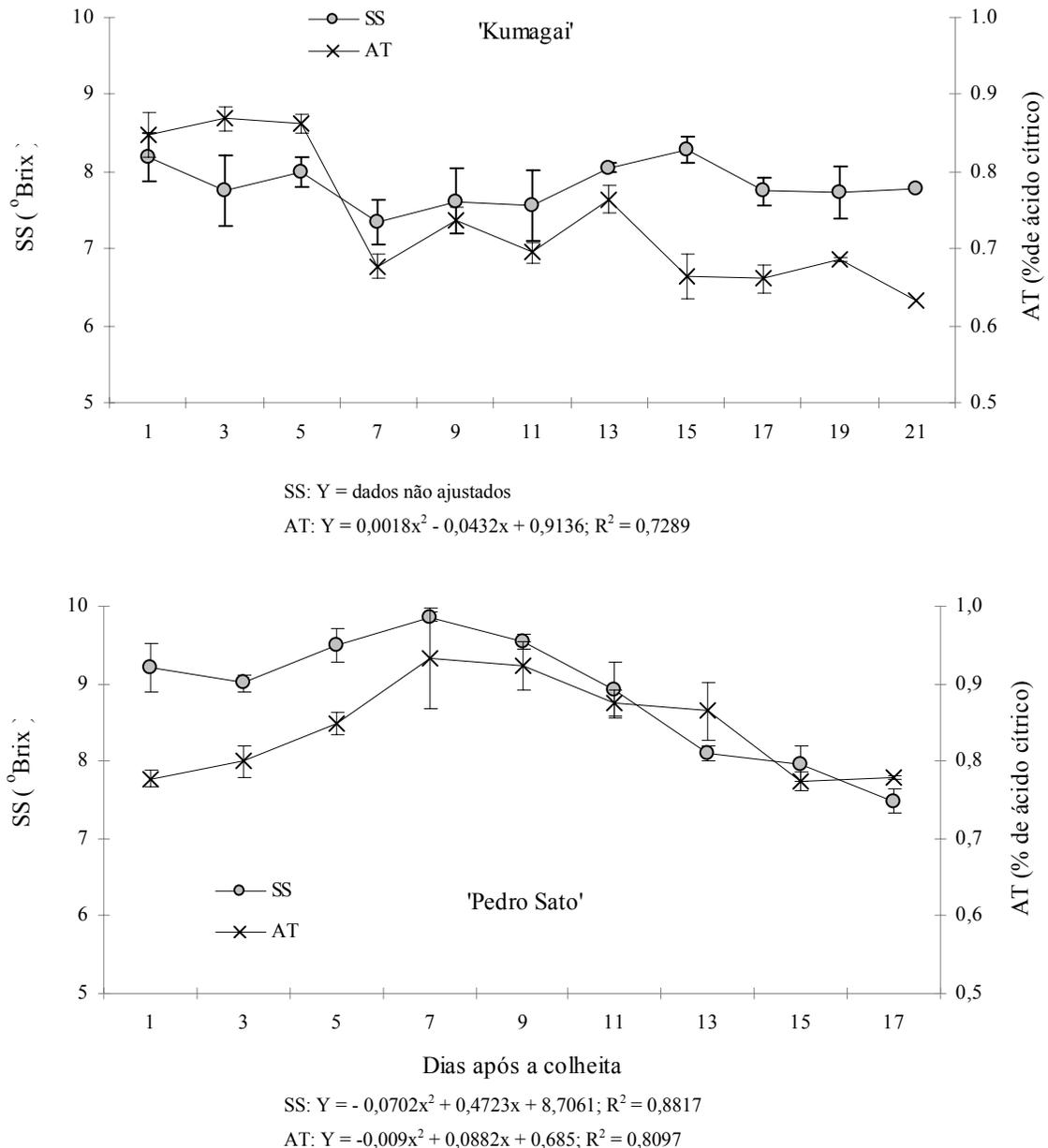


Figura 7 – Teores de sólidos solúveis (SS) e de acidez titulável (AT) em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

Nos frutos de 'Pedro Sato' o teor SS acompanhou o comportamento do teor de AT, ou seja, apresentaram aumento até o sétimo dia, quando diminuiram gradativamente até o final do

experimento. Os valores iniciais de AT e SS foram respectivamente 0,78% e 9,2°Brix, aumentaram no sétimo dia para 0,93% e 9,9 °Brix e passaram a diminuir gradativamente, chegando a valores de 0,78% e 7,5 °Brix no final do experimento (Figura 7).

Os açúcares solúveis representam de 50% a 90% do teor de sólidos solúveis em goiabas (CHITARRA et al., 1981; RATHORE, 1976;), tendo como principal açúcar a frutose, e portanto, fatores que afetam a síntese da frutose, podem afetar o teor de SS. O amido poderia ser outra fonte de variação dos SS, mas, em goiabas são apenas 1-3% do total dos carboidratos não estruturais (ALI; LAZAN, 1997).

Diversos autores também observaram, em goiabas armazenadas, leve aumento inicial no teor de AT, decrescendo posteriormente (AZZOLINI et al., 2004a; JACOMINO, 1999; LIMA; DURIGAN, 2000; MATTIUZ, 2002). Como os ácidos orgânicos representam um dos principais substratos para os processos respiratórios durante o amadurecimento, de forma geral tendem a diminuir durante esta fase (TUCKER, 1993).

Nas goiabas ‘Kumagai’ a AT parece não estar associada ao aumento da produção de etileno, pois sofreu alteração constante durante o armazenamento. O teor de SS também não está correlacionado com o aumento na produção de etileno, visto que este teor manteve-se constante durante o período experimental.

Na variedade Pedro Sato, o consumo de ácidos parece estar relacionado ao aumento na produção de etileno, pois quando este fato ocorreu houve concomitantemente, diminuição nos teores de AT e SS.

#### **4.1.8 Ácido ascórbico**

O teor de ácido ascórbico (AA) apresentou comportamentos distintos nas variedades estudadas. Em goiabas ‘Pedro Sato’ o teor de AA diminuiu ao longo do experimento, enquanto em ‘Kumagai’ aumentou (Figura 8).

Na variedade ‘Pedro Sato’ os teores diminuíram de 75 para 33 mg de ácido ascórbico por 100 gramas de polpa, com redução mais acentuada a partir do quinto dia. Observando-se o erro padrão da média é possível afirmar que, a partir do 13° dia o teor manteve-se constante, com valor próximo a 37 mg.100g<sup>-1</sup>. Durante o amadurecimento de goiabas, observa-se aumento do teor de ácido ascórbico nos estádios iniciais até o amadurecimento completo e, depois de maduro, diminui significativamente (ESTEVES et al., 1983; VAZQUEZ-OCHOA; COLINAS-LEON, 1990).

Em goiabas ‘Kumagai’ o teor de ácido ascórbico aumentou de 105 para 145 mg.100 g<sup>-1</sup>, aos nove dias após a colheita, confirmando o relatado por Jacomino et al. (2000) e Cavalini et al. (2006), fazendo com que Mercado-Silva et al. (1998) sugerissem que durante o armazenamento, pode haver maior síntese de metabólitos intermediários e que estes promovam a síntese da glucose-6-fosfato, o precursor imediato do ácido ascórbico.

É interessante observar que o teor de ácido ascórbico foi duas vezes e meia maior nos frutos da variedade Kumagai que nos da ‘Pedro Sato’.

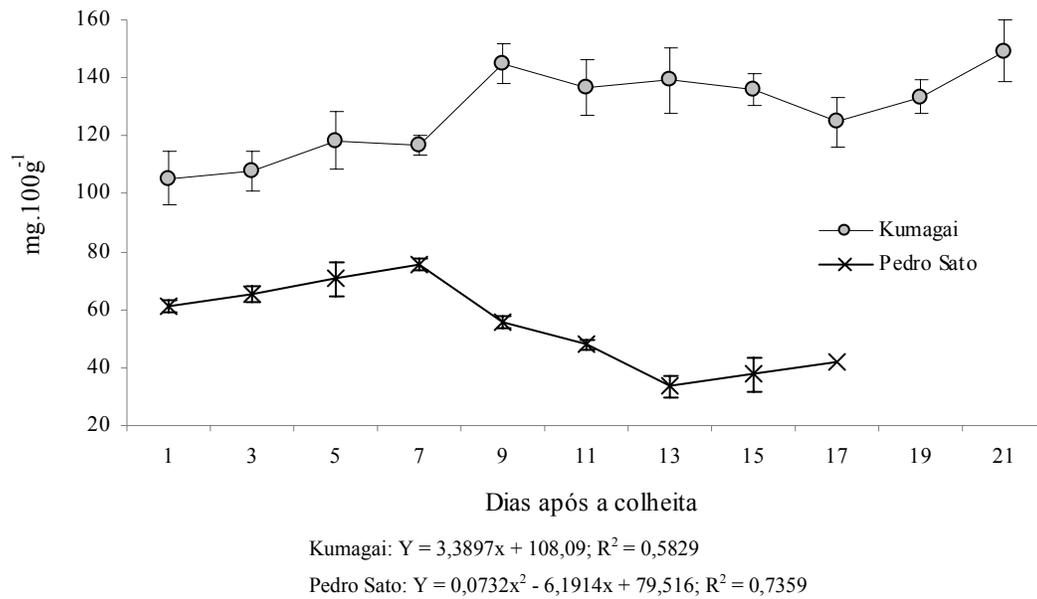


Figura 8 – Teor de ácido ascórbico em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

Das variáveis analisadas, os teores de acetaldeído e etanol foram as que mais contribuíram para indicar o início da senescência, pois o aumento brusco observado nesses teores indica metabolismo fermentativo, comportamento característico da fase de senescência.

O aumento no extravasamento de eletrólitos, coincidente com a elevação dos teores de acetaldeído e etanol, sugerindo desorganização celular, outra característica observada em frutos senescentes. Além disso, a evolução das características físico-químicas vão ao encontro dos resultados dos teores de acetaldeído e etanol e do extravasamento de eletrólitos.

A redução na firmeza da polpa e na cor verde da casca iniciaram-se antes do aumento observado nos teores de acetaldeído, etanol e no extravasamento de eletrólitos. Após essa elevação, essas variáveis referentes ao amadurecimento tornaram-se praticamente estáveis. Com base na análise conjunta dessas variáveis pode-se inferir que a senescência, nas condições estabelecidas neste trabalho, ocorreu entre o 15<sup>o</sup> e o 17<sup>o</sup> dia na variedade Kumagai e entre o nono e 11<sup>o</sup> dia na variedade Pedro Sato.

É interessante notar que todas as alterações observadas foram mais discretas em goiabas 'Kumagai' do que em 'Pedro Sato', o que pode ter contribuído para a maior durabilidade dos frutos de 'Kumagai'.

#### **4.2 Comportamento respiratório (Etapa 2)**

Na segunda etapa, utilizou-se a aplicação de etileno e de reguladores vegetais como ferramentas para se determinar o comportamento respiratório e compreender melhor a relação entre o etileno e o processo de amadurecimento, em goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato'.

Em pós-colheita de frutos climatéricos espera-se que o uso de etileno exógeno, na fase pré-climatérica, leve à antecipação do amadurecimento e por consequência da senescência. Em frutos não climatéricos espera-se que ocorra aumento da atividade respiratória, de forma reversível, sem reflexos no amadurecimento.

O AVG atua inibindo a síntese de etileno endógeno e seu uso em pós-colheita é recente. Devido ao fato de atuar na síntese de etileno, o uso deste regulador vegetal, pode fornecer informações sobre o papel do etileno no amadurecimento e até mesmo dar indicações de quantidades deste hormônio necessárias para desencadear os processos envolvidos no amadurecimento de goiabas.

O 1-MCP inibe a ação do etileno, e têm-se verificado que além de restringir a ação do etileno, pode reduzir sua produção e retardar o amadurecimento de muitos frutos climatéricos (KLUGE; JACOMINO, 2002; SISLER; SEREK, 1997) e de não-climatéricos (SISLER; SEREK, 1997).

#### 4.2.1 Produção de CO<sub>2</sub>

A produção inicial de CO<sub>2</sub> foi de 20 mL kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> em ambas as variedades. O aumento desta variável, durante o amadurecimento, foi mais acentuado em goiabas ‘Pedro Sato’, que atingiram valores próximos de 60 mL.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, diferente das goiabas ‘Kumagai’ que produziram no máximo 42 mL kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> (Figura 9).

Geralmente, a atividade respiratória está diretamente relacionada com a velocidade das reações metabólicas que ocorrem no vegetal, o que justifica a menor vida útil de goiabas da variedade Pedro Sato quando comparada à variedade Kumagai.

A atividade respiratória dos frutos de ‘Kumagai’ tratados com etileno, foi superior a dos demais tratamentos até o nono dia após a colheita, posteriormente esta atividade diminuiu enquanto houve aumento na produção de CO<sub>2</sub> pelos frutos do controle. Os frutos de ‘Pedro Sato’ não responderam à aplicação de etileno. Observando o coeficiente angular das equações das retas é possível afirmar que o aumento na produção de CO<sub>2</sub> nos frutos tratados com etileno foi inferior aos do controle. Este comportamento sugere que o etileno exógeno deva ser responsável por antecipar o amadurecimento dos frutos de ‘Kumagai’, mas não o seja para os frutos da variedade Pedro Sato, sendo necessária a avaliação de outras variáveis para confirmar tal hipótese.

Reyes e Paull, (1995) estudando o efeito da aplicação de etileno em goiabas de distintos estádios de maturação constataram que aquelas colhidas no estágio “verde maduro” não responderam ao tratamento, e que as colhidas no estágio “verde imaturo” tiveram o amadurecimento antecipado. No entanto, Azzolini et al. (2005) estudando o amadurecimento de goiabas ‘Pedro Sato’ observaram que a aplicação de etileno no estágio verde claro não antecipou o amadurecimento.

Os frutos tratados com AVG apresentaram comportamento igual aos frutos do controle, para a produção de CO<sub>2</sub>, em ambas as variedades. Observando o erro padrão da média nos frutos de ‘Kumagai’, nota-se que praticamente não houve diferença na quantidade de CO<sub>2</sub> produzida pelos frutos do controle e aqueles tratados com AVG durante todo o armazenamento. Em goiabas

'Pedro Sato', tanto o coeficiente angular como o erro padrão da média, permitiram afirmar que o tratamento com AVG reduziu a produção de CO<sub>2</sub> quando comparado aos frutos do controle, durante todo o armazenamento.

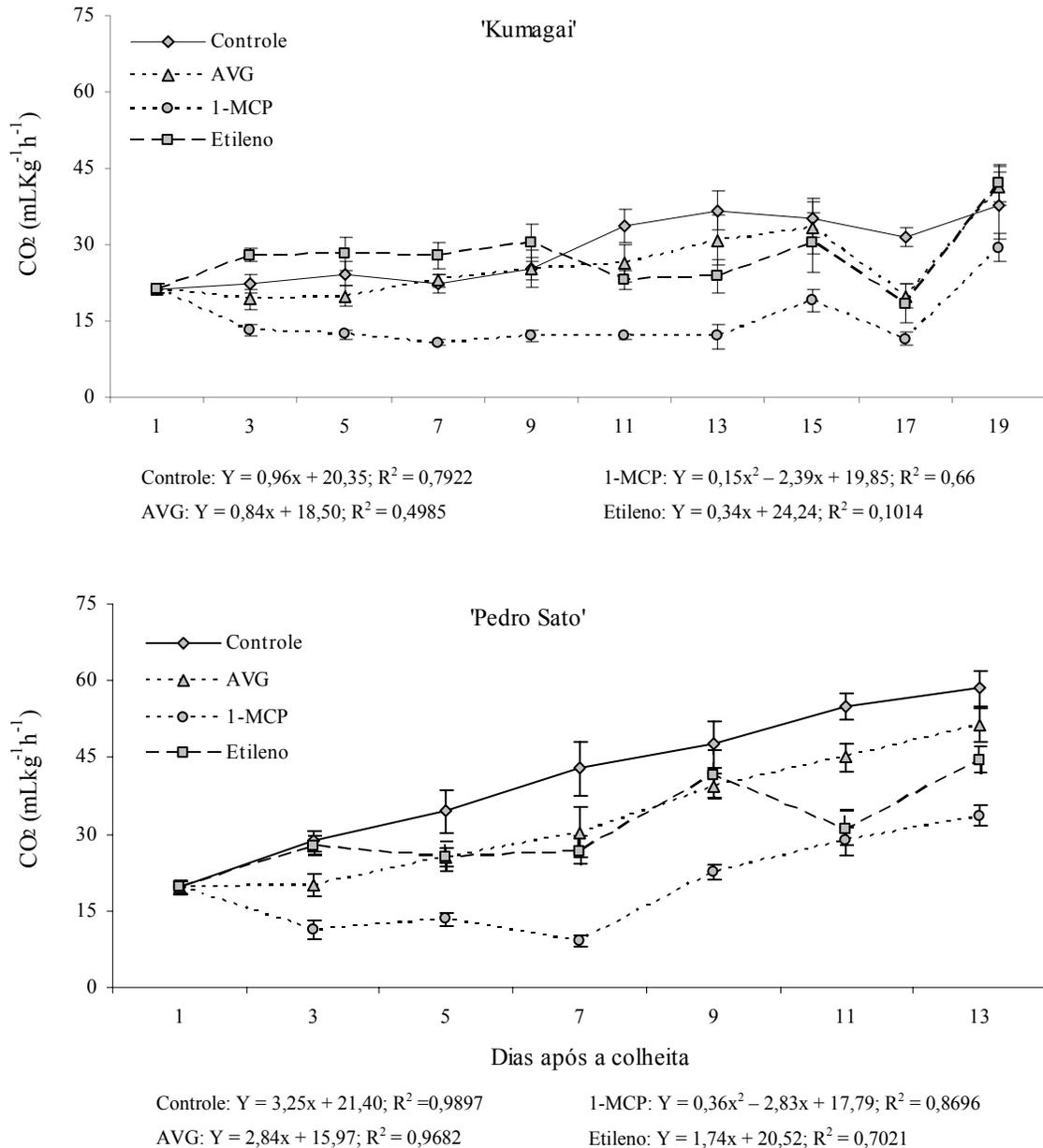


Figura 9 - Atividade respiratória em goiabas armazenadas a 23 ± 1°C e 85 ± 5% UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

O tratamento com 1-MCP resultou na menor produção de CO<sub>2</sub> em comparação aos demais tratamentos, nas duas variedades. A respiração desses frutos foi constante na maior parte do período experimental, aumentando apenas ao final do armazenamento. Sisler e Serek (1997)

observaram que maçãs tratadas com 1-MCP e mantidas a 1°C não responderam ao etileno por meses, porém quando expostas à temperatura de 20°C responderam após 12-14 dias. Dessa forma, Brackmann et al. (2004) supõem que ou o complexo receptor do 1-MCP é metabolizado ou novos receptores são sintetizados em temperaturas mais elevadas.

#### 4.2.2 Produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

A produção de etileno aumentou durante o armazenamento, em ambas as variedades. Os valores iniciais foram semelhantes para ambas, entre 0,4 e 0,6  $\mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ . No entanto, ao final do armazenamento as goiabas ‘Kumagai’ atingiram valores próximos a 3,0  $\mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ , enquanto os frutos de ‘Pedro Sato’ atingiram, no máximo, 2,1  $\mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  (Figura 10).

Em goiabas ‘Kumagai’, este aumento foi constante nos frutos do controle e naqueles tratados com AVG, caracterizado pelas equações lineares apresentadas. O fato do tratamento com AVG não diferir do controle, possivelmente se deve ao fato de que o AVG atua inibindo a síntese de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, no entanto, antes da aplicação deste regulador, já existia etileno endógeno, sugerindo que a quantidade produzida foi suficiente para desencadear o processo de amadurecimento do fruto.

Os frutos tratados com 1-MCP mantiveram a produção inicial até o sétimo dia, quando aumentaram, chegando ao 17<sup>o</sup> dia com produção semelhante aos demais tratamentos.

O etileno exógeno induziu maior produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> nas goiabas deste tratamento, notadamente entre o terceiro e o sétimo dia após a colheita. Dois picos foram observados nesses frutos, possivelmente, o primeiro correspondeu ao etileno necessário para finalizar o amadurecimento e o segundo foi relacionado com a senescência, o qual foi percebido pelo fruto por meio do aumento na respiração. A confirmação desta hipótese só é possível conhecendo a evolução das demais variáveis. É importante ressaltar que, para esta variedade, o tratamento com etileno exógeno induziu o aumento na produção de CO<sub>2</sub>, e assim, pode também ter influenciado no amadurecimento desses frutos.

Nas goiabas ‘Pedro Sato’, o aumento na produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> foi acentuado a partir do terceiro dia, com posterior redução, exceto para aqueles tratados com 1-MCP. Estes frutos apresentaram aumento linear e também foram os que produziram a menor quantidade de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> durante o armazenamento. Os frutos tratados com AVG tiveram comportamento semelhante aos do controle, no entanto, a produção máxima de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> nos tratados com AVG ocorreu dois dias

após aqueles do controle, sugerindo que houve atraso no amadurecimento desses frutos, mesmo que discreto. Não se observou resposta do tratamento com etileno, visto que os teores endógenos deste hormônio mantiveram-se semelhantes aos do controle durante o armazenamento. Segundo Atta-Aly; Brechet e Huber (2000), resposta negativa à aplicação de etileno sugere frutos de comportamento não climatérico.

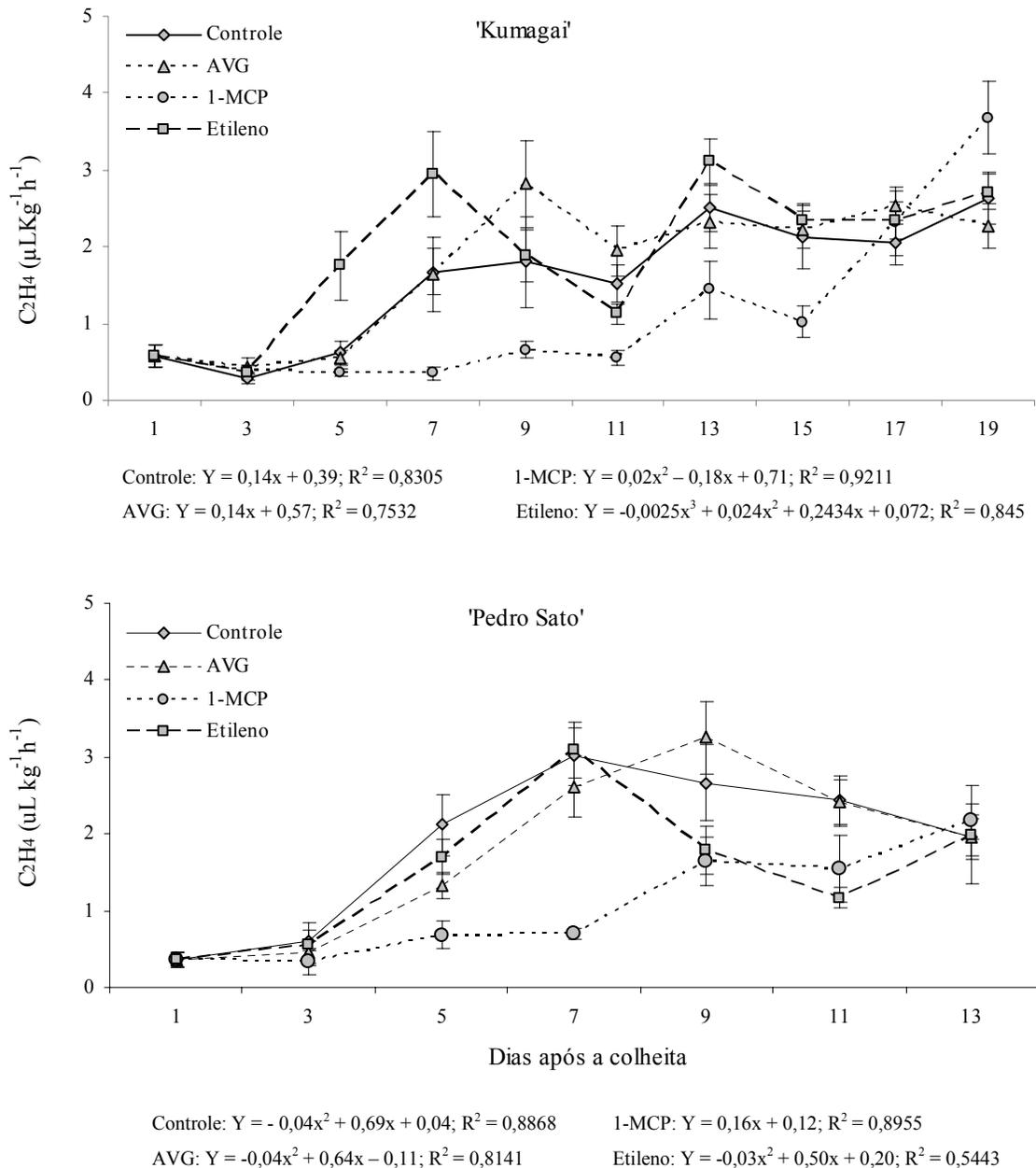


Figura 10 - Produção de etileno em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ C$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

### 4.2.3 Consumo de O<sub>2</sub>

Na etapa 1, observou-se aumento na produção de CO<sub>2</sub> concomitante ao aumento no teor de acetaldeído e etanol. Este fato sugeriu que estivesse ocorrendo fermentação nesses frutos e que o aumento observado na produção de CO<sub>2</sub> fosse devido ao metabolismo fermentativo e não à respiração aeróbica. Assim, a análise do consumo de O<sub>2</sub> poderia esclarecer essa dúvida.

O consumo de oxigênio aumentou em ambas as variedades. Nas goiabas ‘Kumagai’ esse aumento foi gradual, enquanto na variedade Pedro Sato este ocorreu de forma mais evidente entre o quinto e o nono dia (Figura 11).

Na variedade Kumagai, os tratamentos com etileno e com AVG apresentaram comportamentos semelhantes ao controle, havendo diferença apenas naqueles tratados com 1-MCP, que apresentaram menor consumo de O<sub>2</sub> durante o período de armazenamento. Este tratamento reduziu, em média, 50% o consumo de O<sub>2</sub>, quando comparado aos frutos do controle. Dessa forma é possível afirmar que o 1-MCP reduziu o metabolismo respiratório desses frutos. O comportamento observado para consumo de O<sub>2</sub> nesta variedade foi semelhante ao observado na produção de CO<sub>2</sub>.

Na variedade Pedro Sato, os frutos do controle aumentaram o consumo de O<sub>2</sub> até o nono dia de armazenamento, após o que reduziram, chegando no 11<sup>o</sup> dia com consumo semelhante aos demais tratamentos. O comportamento observado nos frutos tratados com AVG e com etileno foi semelhante ao do controle, porém com consumo inferior. Enquanto o consumo máximo de O<sub>2</sub> nos frutos do controle foi de 118,60 mL.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, nos tratados com AVG foi de 81,82 mL.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> e nos tratados com etileno foi de 75,88 mL.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>. O 1-MCP, assim como o observado em goiabas ‘Kumagai’, levou os frutos de ‘Pedro Sato’ a um menor consumo de O<sub>2</sub>. Neste caso, a redução foi de aproximadamente 50%.

É importante ressaltar que enquanto a produção de CO<sub>2</sub> nos frutos desta variedade aumentou continuamente até o final do experimento, o consumo de O<sub>2</sub> reduziu-se a partir do nono dia, sugerindo que o aumento observado na produção de CO<sub>2</sub> tenha sido em função de metabolismo fermentativo.

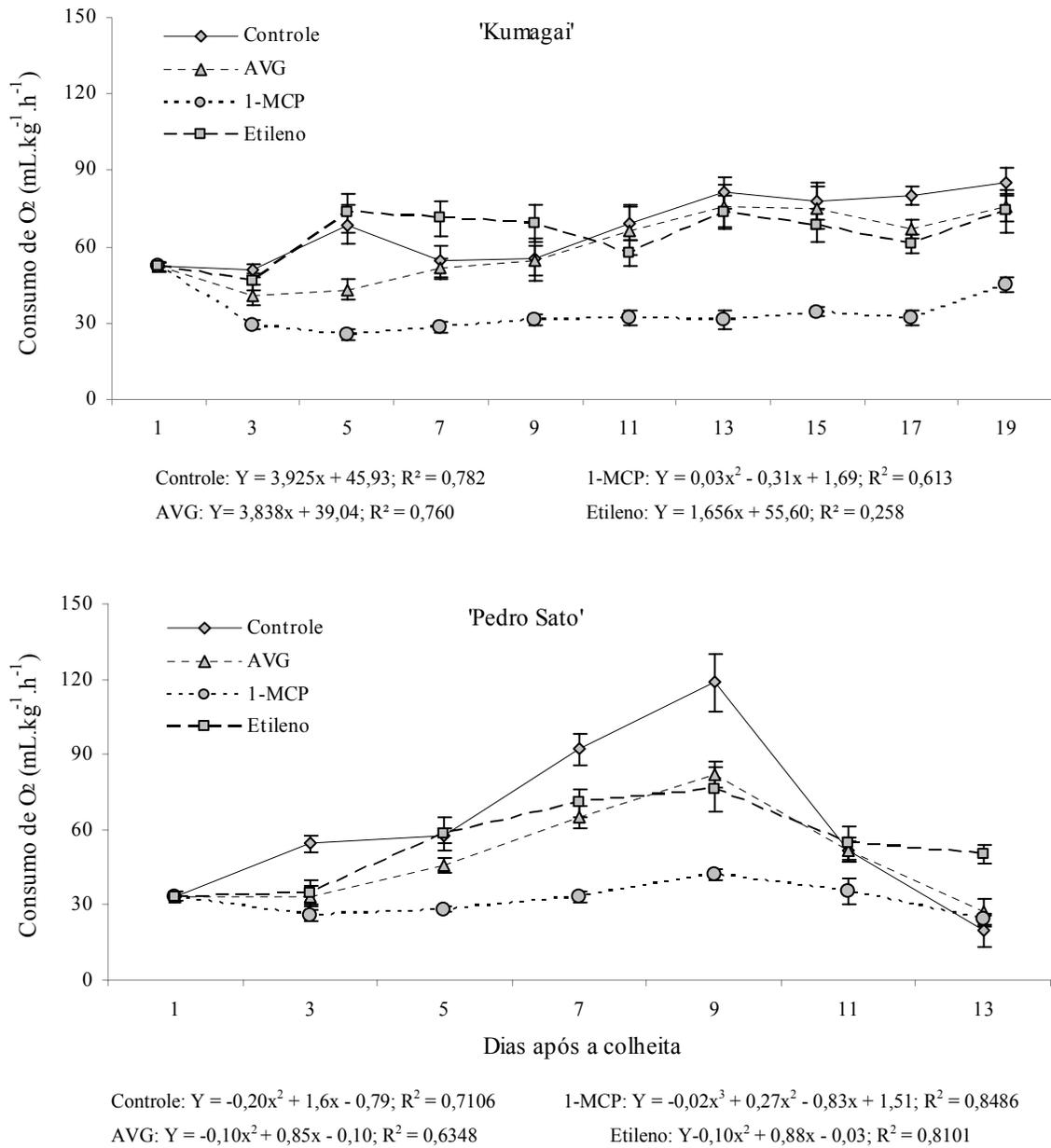


Figura 11 – Consumo de oxigênio em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

#### 4.2.4 Quociente respiratório

O quociente respiratório (Q.R.) corresponde à relação entre a quantidade de CO<sub>2</sub> liberado e a de O<sub>2</sub> consumido e, portanto, indica o tipo de substrato que está sendo utilizado na respiração, bem como se esta é aeróbica ou anaeróbica.

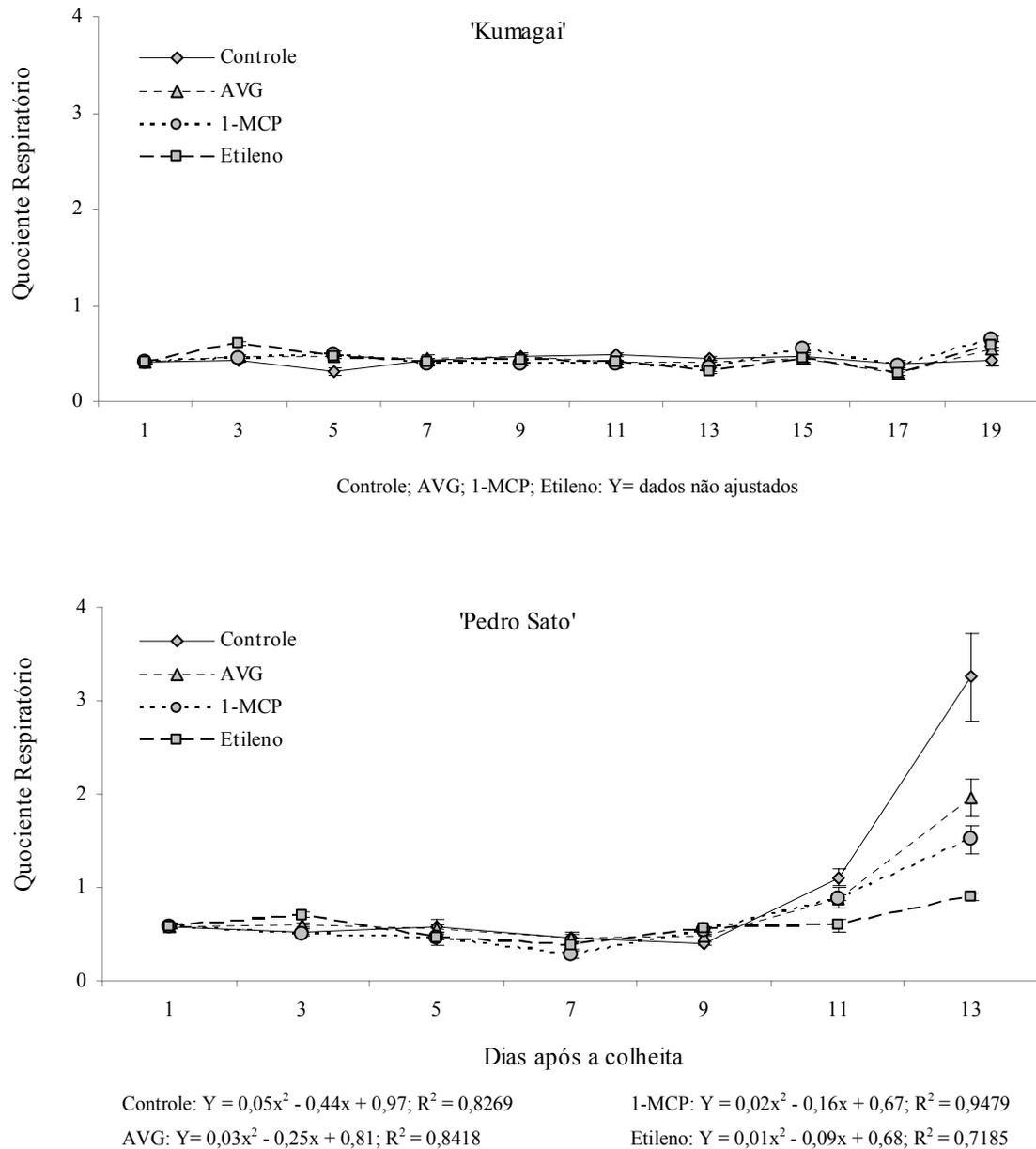


Figura 12 – Quociente respiratório de goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

Fonseca; Oliveira e Brecht (2002) citam que, no metabolismo fermentativo, a produção de etanol envolve a descarboxilação do piruvato a  $\text{CO}_2$  sem consumo de  $\text{O}_2$ , o que foi reafirmado por Saquet e Streif (2002) ao estudarem frutos de maçã dos cultivares Gala, Jonagold e Fuji que apresentaram redução no consumo de  $\text{O}_2$ , em condições de anaerobiose, sem ocorrer redução na produção de  $\text{CO}_2$ . Assim, esses autores afirmaram que o quociente respiratório é o melhor parâmetro para se estudar a provável ativação das vias fermentativas durante o armazenamento.

O Q.R. das goiabas 'Kumagai' manteve-se constante durante todo o experimento, com valores próximos a 0,4 em todos os tratamentos. Na variedade Pedro Sato, esse parâmetro manteve-se constante até o nono dia, com valores semelhantes aos observados em 'Kumagai', para todos os tratamentos. No entanto, após esse período houve aumento acentuado, atingindo, no último dia de armazenamento, valores de 3,3; 2,0; 1,5 e 0,9, respectivamente, para os frutos do controle, tratados com AVG, 1-MCP e etileno (Figura 12).

#### 4.2.5 Carboidratos totais

A evolução do teor de carboidratos totais em goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato' foi distinta, pois os frutos da variedade Kumagai oscilaram ao longo do armazenamento enquanto os da 'Pedro Sato' reduziram linearmente (Figura 13).

A redução no teor de carboidratos é esperada na pós-colheita, principalmente devido à atividade respiratória, mas em 'Kumagai', os frutos do controle mantiveram-se com cerca de  $11 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de carboidratos totais durante a maior parte do experimento, assim como os frutos tratados com AVG. Este fato deve estar associado à baixa atividade respiratória dessa variedade (Figura 9), fazendo com que o consumo de carboidratos seja pequeno. Outro fato pode ser responsável por este comportamento. Pode haver ao mesmo tempo, consumo e conversão de outros compostos em açúcares, como a degradação de polissacarídeos da parede celular. Isto explicaria o aumento de 3% no teor de carboidrato totais aos 13 dias, nos frutos tratados com 1-MCP. Os frutos tratados com etileno apresentaram comportamento semelhante àqueles do controle e dos tratados com AVG, no entanto com valores inferiores.

Em goiabas 'Pedro Sato' todos os tratamentos se comportaram de forma semelhante. No início do amadurecimento os teores foram de aproximadamente  $14 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , os quais decresceram gradativamente até atingirem aproximadamente  $11 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  (Figura 13).

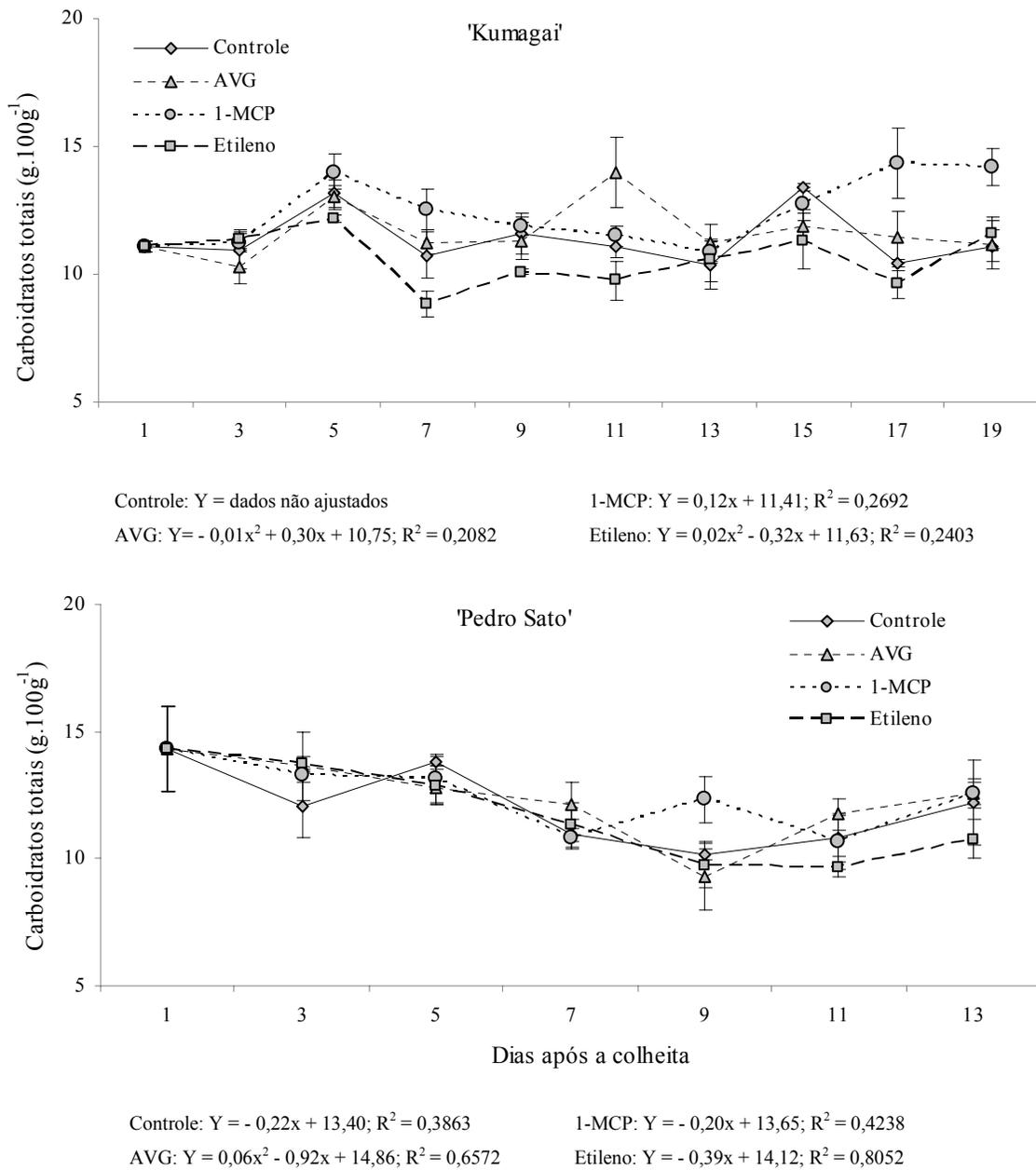


Figura 13 – Carboidratos totais em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

#### 4.2.6 Acetaldeído

O comportamento das duas variedades estudadas foi distinto. Em goiabas ‘Kumagai’ o teor de acetaldeído foi praticamente constante, enquanto as ‘Pedro Sato’ apresentaram valores iniciais constantes, seguidos de aumento acentuado, sendo que a produção de acetaldeído foi mais intensa nas goiabas ‘Pedro Sato’ do que nas ‘Kumagai’.

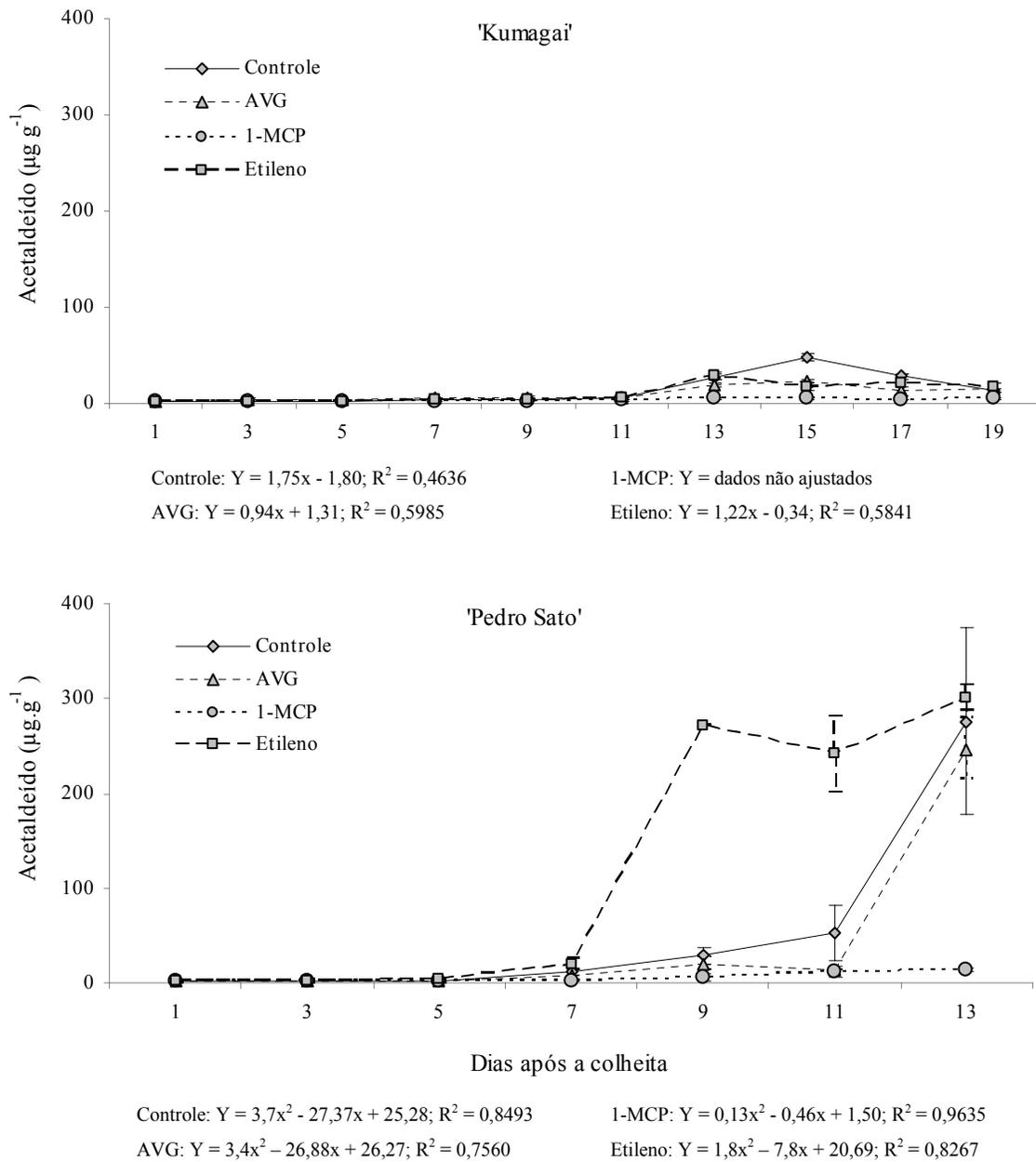


Figura 14 – Produção de acetaldeído em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

Nas goiabas 'Kumagai', o teor inicial de acetaldeído foi de  $2,6 \mu\text{g.g}^{-1}$ , mantendo-o até o 11<sup>o</sup> dia, após o qual houve aumento, exceto nos frutos tratados com 1-MCP que mantiveram os níveis iniciais constantes durante todo o experimento (Figura 14). No entanto, este aumento foi praticamente inexpressivo comparado ao apresentado pelos frutos de 'Pedro Sato'.

Na variedade Pedro Sato, o valor inicial de acetaldeído, de  $1,06 \mu\text{g.g}^{-1}$ , foi mantido até o quinto dia, seguido de aumento em todos os tratamentos. Os frutos tratados com etileno foram os que apresentaram aumento mais acentuado, chegando a valores próximos a  $300 \mu\text{g.g}^{-1}$  ao final do experimento. Observa-se também que esses frutos apresentaram aumento brusco anterior aos demais tratamentos, chegando a  $270 \mu\text{g.g}^{-1}$  já no nono dia.

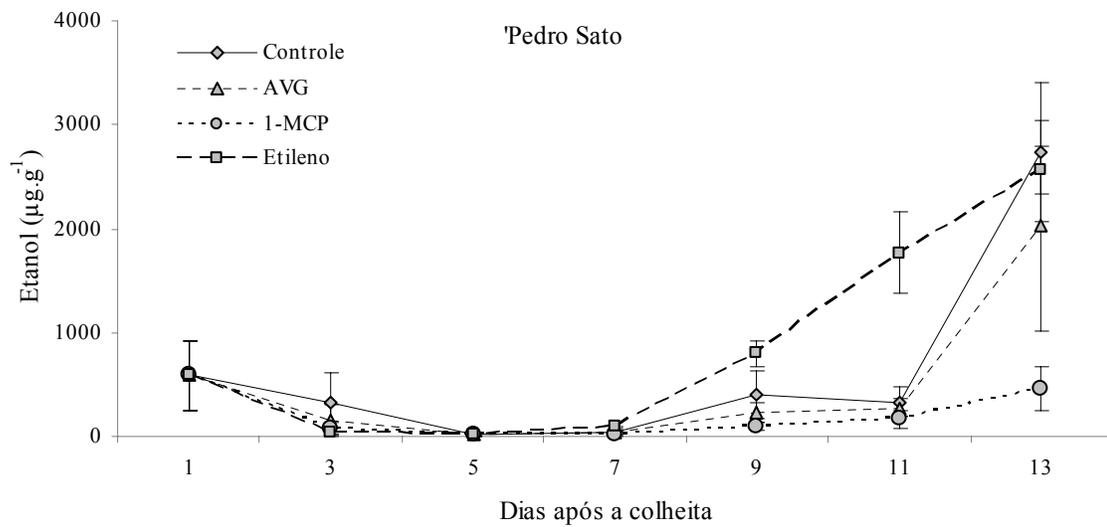
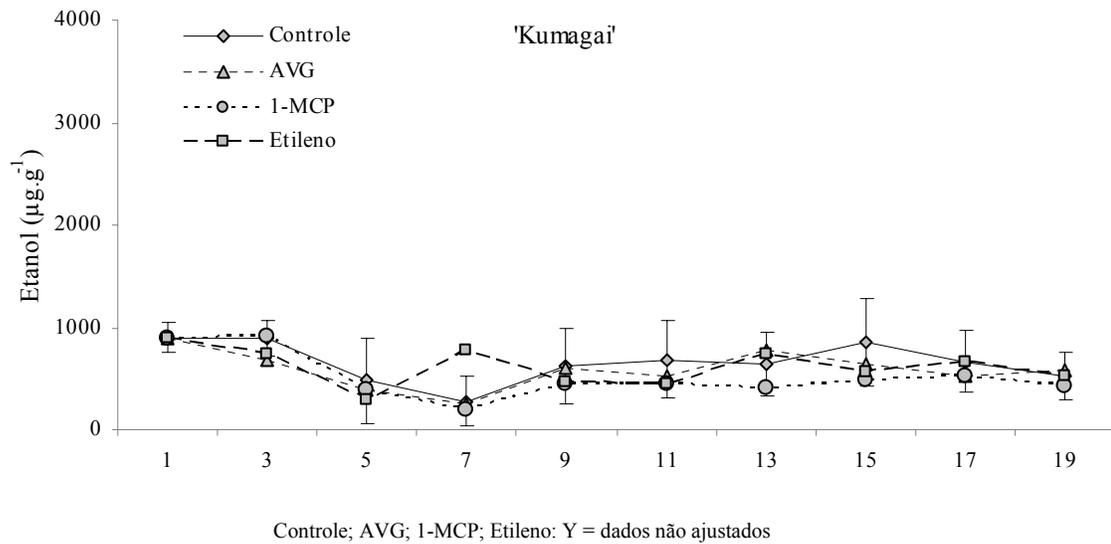
Os frutos tratados com AVG comportaram-se de forma semelhante aos do controle. O teor de acetaldeído aumentou gradativamente até o 11<sup>o</sup> dia, seguido de aumento brusco, de  $30 \mu\text{g.g}^{-1}$  para  $270 \mu\text{g.g}^{-1}$ , em apenas dois dias (Figura 14). Os frutos tratados com 1-MCP também apresentaram aumento ao longo do experimento, verificado por meio das equações quadráticas, mas para este tratamento o aumento na produção de acetaldeído foi mínimo.

O aumento apresentado no teor de acetaldeído pelas goiabas ‘Pedro Sato’ ocorreu no mesmo dia em que houve redução no consumo de  $\text{O}_2$  sem, no entanto, reduzir a produção de  $\text{CO}_2$ . Tal fato confirma a hipótese de que o aumento que ocorreu na atividade respiratória desses frutos foi em função do metabolismo fermentativo, dessa forma, os frutos tratados com etileno estavam senescente já no nono dia de armazenamento.

#### **4.2.7 Etanol**

Na respiração anaeróbica o ácido pirúvico é convertido a  $\text{CO}_2$  e acetaldeído e este, posteriormente, é transformado em etanol. O acúmulo tanto de acetaldeído como de etanol, em níveis tóxicos, leva à morte celular (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A produção de etanol pelas goiabas ‘Kumagai’ foi praticamente constante, com valores próximos a  $500 \mu\text{g.g}^{-1}$  em todos os tratamentos (Figura 15). Esses resultados, aliados aos apresentados na análise de acetaldeído e de quociente respiratório, mostram que o aumento na produção de  $\text{CO}_2$  pelos frutos desta variedade, foi devido à respiração aeróbica.



Controle:  $Y = 45,03x^2 - 418,35x + 802,46$ ;  $R^2 = 0,82$

AVG:  $Y = 36,18x^2 - 349,19x + 688,22$ ;  $R^2 = 0,852$

1-MCP: Y = dados não ajustados

Etileno:  $Y = 38,48x^2 - 280,05x + 518,07$ ;  $R^2 = 0,9844$

Figura 15 – Produção de etanol em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

A produção de etanol nos frutos da variedade Pedro Sato aumentou intensamente após o sétimo dia de armazenamento. Assim como o observado para a produção de acetaldeído, os frutos tratados com etileno exógeno, além de produzirem mais etanol, anteciparam o aumento da produção deste, chegando ao final do experimento com  $2500 \mu\text{g.g}^{-1}$  (Figura 15). Os frutos do controle e aqueles tratados com AVG tiveram aumento intensificado entre o 11<sup>o</sup> e o 13<sup>o</sup> dia, passando de  $300 \mu\text{g.g}^{-1}$  para valores na ordem de  $2000 \mu\text{g.g}^{-1}$  de etanol. Nos frutos tratados com 1-MCP, a produção de etanol foi inferior à dos demais tratamentos, com produção máxima de etanol, da ordem de  $450 \mu\text{g.g}^{-1}$  no 13<sup>o</sup> dia.

#### **4.2.8 Extravasamento de eletrólitos**

O extravasamento de eletrólitos aumentou com o amadurecimento dos frutos nas duas variedades e em todos os tratamentos. Inicialmente, os valores foram próximos a 15% de extravasamento, e ao final do período de armazenamento aumentaram, sendo que nas goiabas da variedade Kumagai este aumento foi mais intenso do que nas de 'Pedro Sato'.

Nas goiabas da variedade Kumagai, o aumento no extravasamento de eletrólitos ocorreu em todos os tratamentos até o 15<sup>o</sup> dia após a colheita, sem diferenças significativas. A partir do 17<sup>o</sup> dia observou-se aumento acentuado, principalmente nos frutos do controle, com valores próximos de 100%. É interessante observar que no 15<sup>o</sup> dia ocorreu também a maior produção de acetaldeído, sugerindo que a partir de então as células estejam danificadas, de forma a impossibilitar o funcionamento da cadeia transportadora de elétrons e levando ao metabolismo fermentativo.

Em 'Pedro Sato' o aumento foi gradativo ao longo de todo o experimento, sempre mostrando menor extravasamento nos frutos tratados com 1-MCP e não havendo diferença entre os demais tratamentos. Ao final do experimento os frutos apresentavam aproximadamente 50% de extravasamento de eletrólitos em todos os tratamentos (Figura 16).

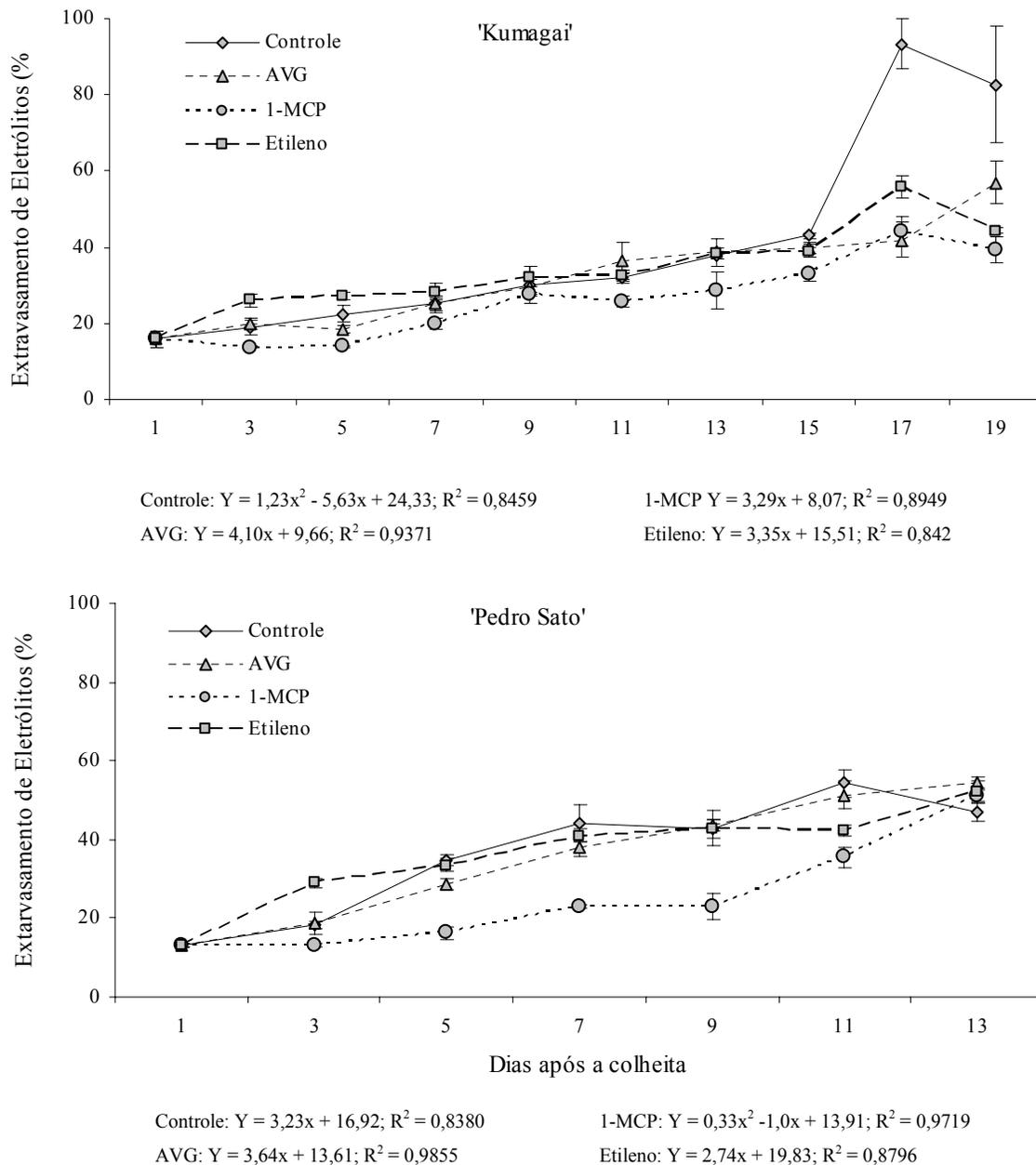


Figura 16 – Extravasamento de eletrólitos em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

#### 4.2.9 Firmeza da polpa

A firmeza da polpa diminuiu com o amadurecimento, nos frutos de ambas as variedades e em todos os tratamentos. Inicialmente a firmeza das goiabas ‘Kumagai’ foi de 70N, inferior às de ‘Pedro Sato’, com 80 N. Ao final do armazenamento, os frutos das duas variedades chegaram a aproximadamente 13 N.

Os frutos do controle perderam firmeza gradativamente, a qual tornou-se estável a partir do 11º dia em frutos de 'Kumagai' e a partir do sétimo dia nos de 'Pedro Sato' (Figura 17).

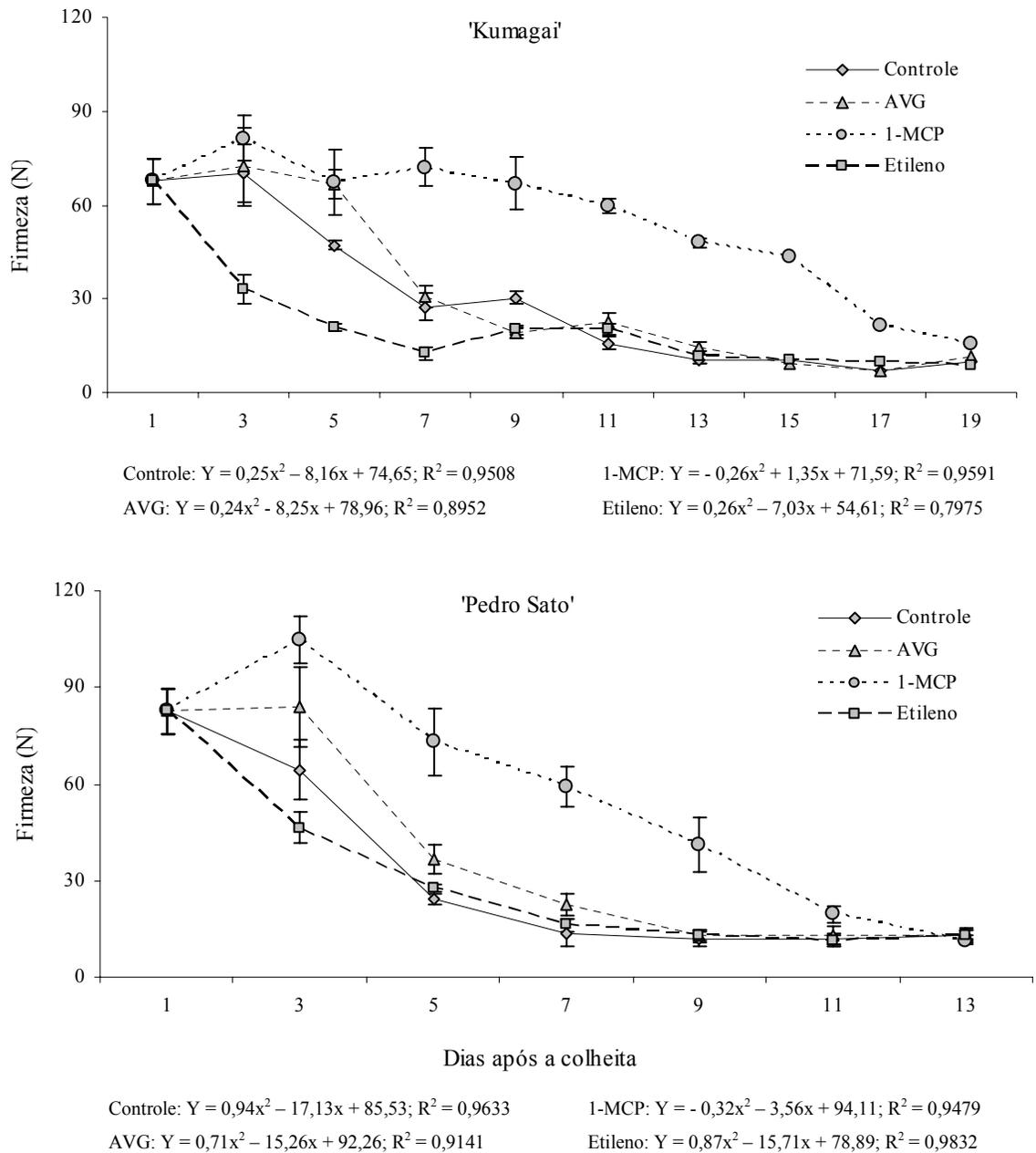


Figura 17 – Firmeza da polpa em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

Em goiabas 'Kumagai', o tratamento com etileno acelerou a perda de firmeza, que se mostrou inferior aos frutos dos demais tratamentos até o sétimo dia. A partir do nono dia, os

frutos do controle e aqueles tratados com AVG atingiram a mesma firmeza dos tratados com etileno. A perda de firmeza está intimamente relacionada ao etileno, que é responsável por ligar-se à proteínas específicas do sistema de endomembranas e promover a síntese de enzimas hidrolisantes que irão atuar na parede celular, resultando no amaciamento do fruto. Diversos autores afirmam que a perda de firmeza é dependente da ação do etileno (GUIS et al., 1997; CHITARRA; CHITARRA, 2005; TAIZ; ZEIGER, 2004). Em ‘Pedro Sato’, no entanto, o tratamento com etileno praticamente não apresentou efeito, e só diferiu do controle no terceiro dia de análise.

A aplicação de AVG não foi efetiva nas goiabas ‘Kumagai’. Entretanto, nas goiabas ‘Pedro Sato’ este tratamento levou a redução menos pronunciada da firmeza até no sétimo dia.

O 1-MCP retardou a perda de firmeza nas duas variedades. Em ‘Kumagai’, manteve a firmeza constante até o 11<sup>o</sup> dia, quando deu início ao amolecimento gradativo, igualando-se aos demais tratamentos no último dia do armazenamento. Em ‘Pedro Sato’, a perda de firmeza foi gradativa e a resistência final foi semelhante à dos demais tratamentos, ao final do experimento (Figura 17).

#### **4.2.10 Atividade da PME**

A atividade da pectinametilesterase (PME) apresentou comportamentos distintos nas variedades estudadas. Nas goiabas ‘Kumagai’ houve aumento constante e mais acentuado ao final do amadurecimento. Nas goiabas ‘Pedro Sato’ os valores de atividade da PME foram praticamente constantes.

Em ‘Kumagai’ foi possível observar aumento ao longo do armazenamento em todos os tratamentos (Figura 18). Este aumento foi intensificado a partir do nono dia de armazenamento. No entanto, após este dia a firmeza da polpa apresentava-se praticamente estável, exceto nos frutos tratados com 1-MCP. Este fato sugere que outras enzimas estejam associadas à perda de firmeza, como foi constatado na primeira etapa.

O tratamento com 1-MCP apresentou aumento acentuado na atividade da PME a partir do 15<sup>o</sup> dia, quando a firmeza dos frutos deste tratamento apresentou a maior redução. Este comportamento indica de que as enzimas que atuaram no início do armazenamento, referentes à perda de firmeza, sejam dependentes de etileno.

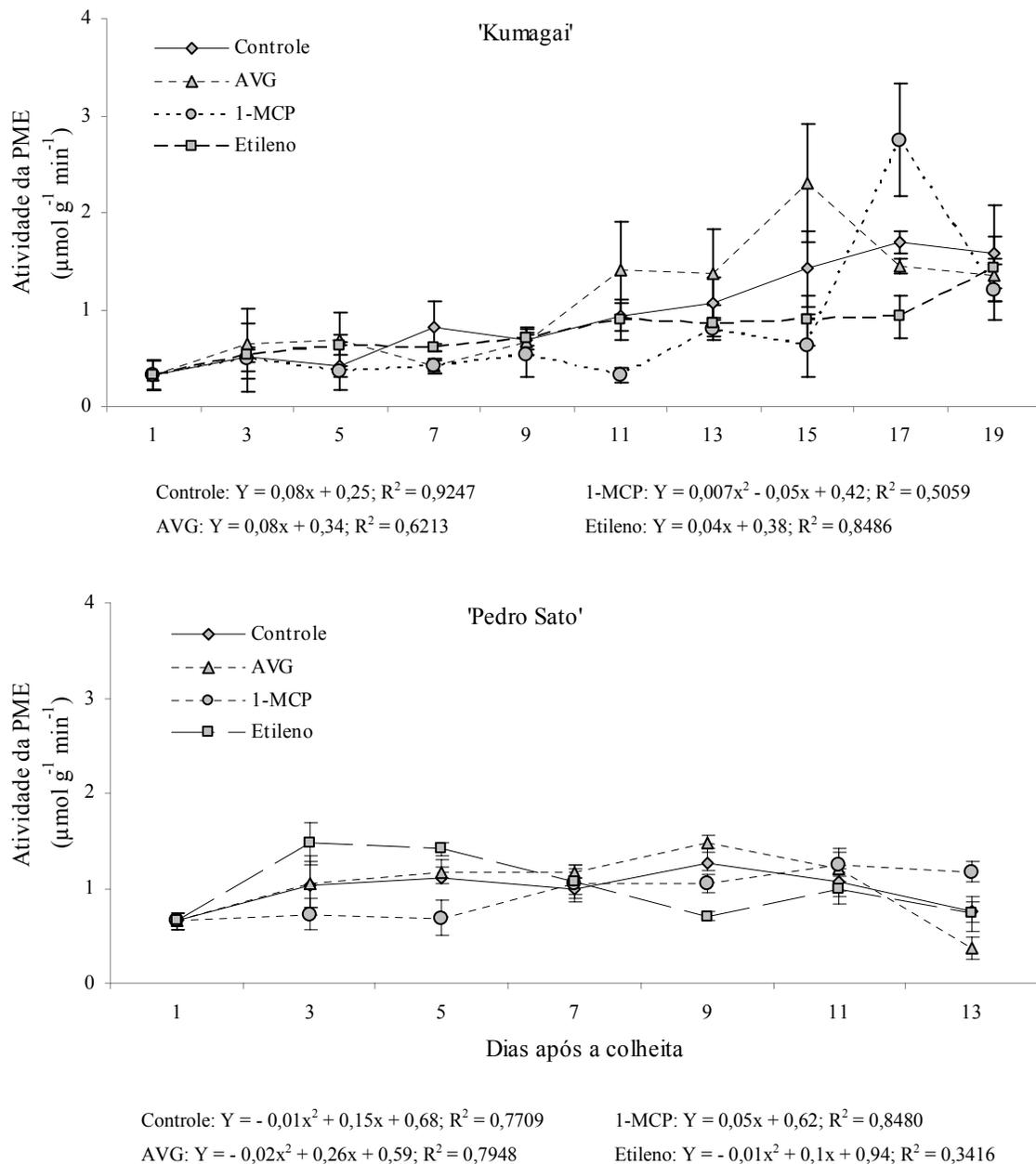


Figura 18 – Atividade da enzima pectinametilesterase em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

Para a variedade Pedro Sato, o comportamento apresentado pelos frutos do controle foi semelhante aos tratados com AVG e etileno. Entretanto, os frutos tratados com etileno tiveram o aumento na atividade da PME antecipada em relação aos demais tratamentos, com aumento até o quinto dia e posterior redução até o final do experimento.

Ainda na Figura 18 é possível observar que o 1-MCP retardou o aumento da atividade desta enzima, mantendo os níveis iniciais até o quinto dia, quando ocorreu aumento gradativo, com atividade ao final do experimento superior à dos demais tratamentos ( $1,2 \mu\text{mol.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ).

#### 4.2.11 Cor da casca

A alteração na cor da casca foi observada pela variação no ângulo de cor ( $^{\circ}\text{h}$ ), partindo de  $116^{\circ}$ , o que corresponde a tons verdes, e chegando a aproximadamente  $90^{\circ}$ , referente à cor amarela. Esta evolução foi observada nos frutos das duas variedades (Figura 19).

A aplicação de etileno acelerou a perda da cor verde em goiabas ‘Kumagai’, que apresentaram  $^{\circ}\text{h}$  inferior aos dos demais tratamentos, já no terceiro dia após a colheita. Os frutos do controle e os tratados com AVG apresentaram o mesmo  $^{\circ}\text{h}$  apenas aos 15 dias após a colheita, quando estes frutos encontravam-se totalmente amarelos, visível nas fotos apresentadas na Figura 20. Nas goiabas ‘Pedro Sato’, a aplicação de etileno não influenciou na evolução da coloração da casca (Figura 19).

O AVG não interferiu na perda da cor verde das goiabas ‘Kumagai’, mas levou a um pequeno atraso nesta evolução nas goiabas ‘Pedro Sato’, nos primeiros nove dias de armazenamento.

O 1-MCP foi eficiente em retardar a perda da cor verde, em ‘Kumagai’, até o nono dia, com diminuição gradativa do  $^{\circ}\text{h}$ , porém sem atingir a coloração observada nos frutos submetidos aos demais tratamentos. Em goiabas ‘Pedro Sato’, o  $^{\circ}\text{h}$  diminuiu a partir do terceiro dia chegando ao final do armazenamento com valores praticamente iguais aos dos frutos submetidos aos demais tratamentos, como é possível observar nas fotos apresentadas na Figura 21.

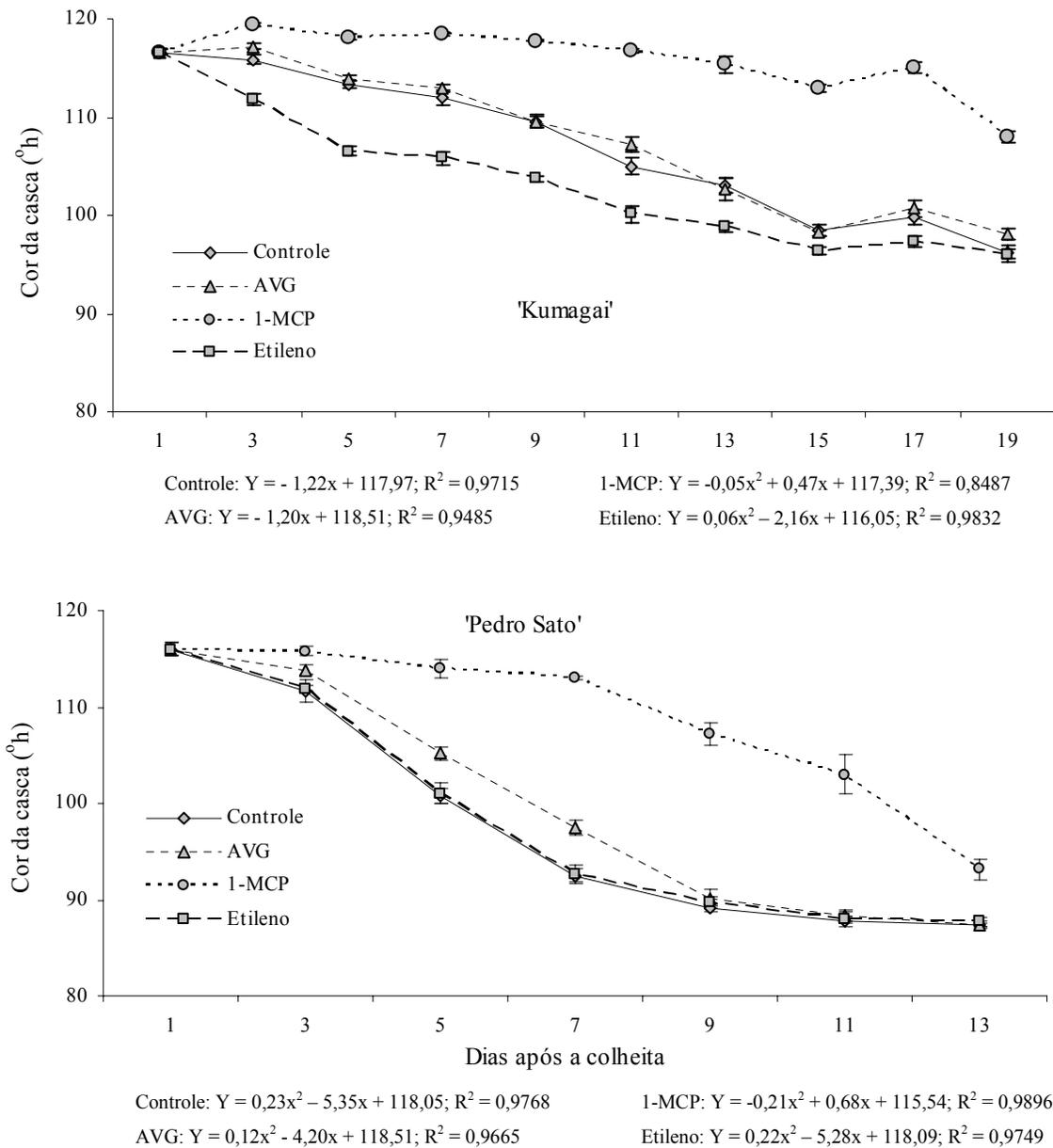


Figura 19 – Cor da casca de goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

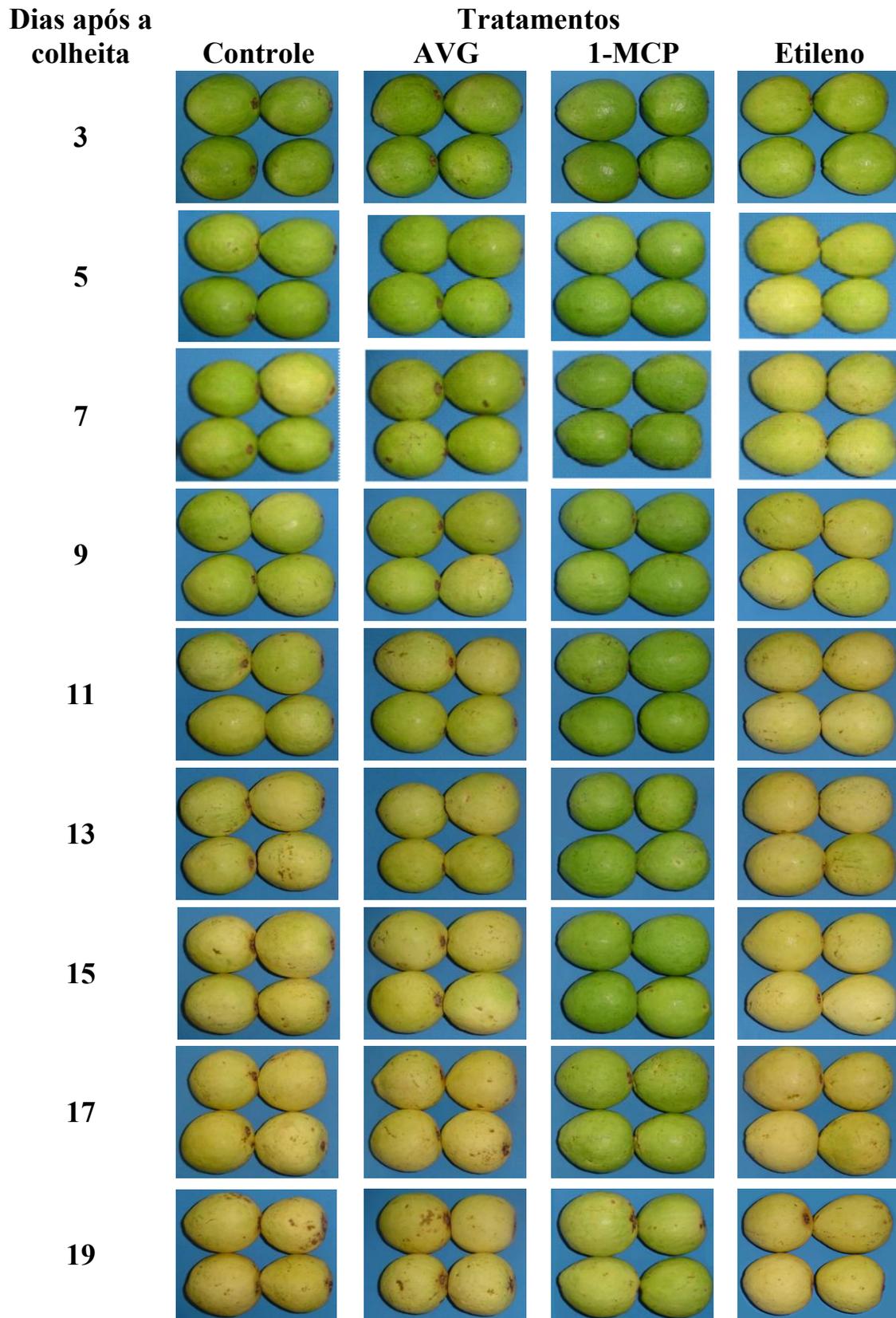


Figura 20 – Goiabas ‘Kumagai’ armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR

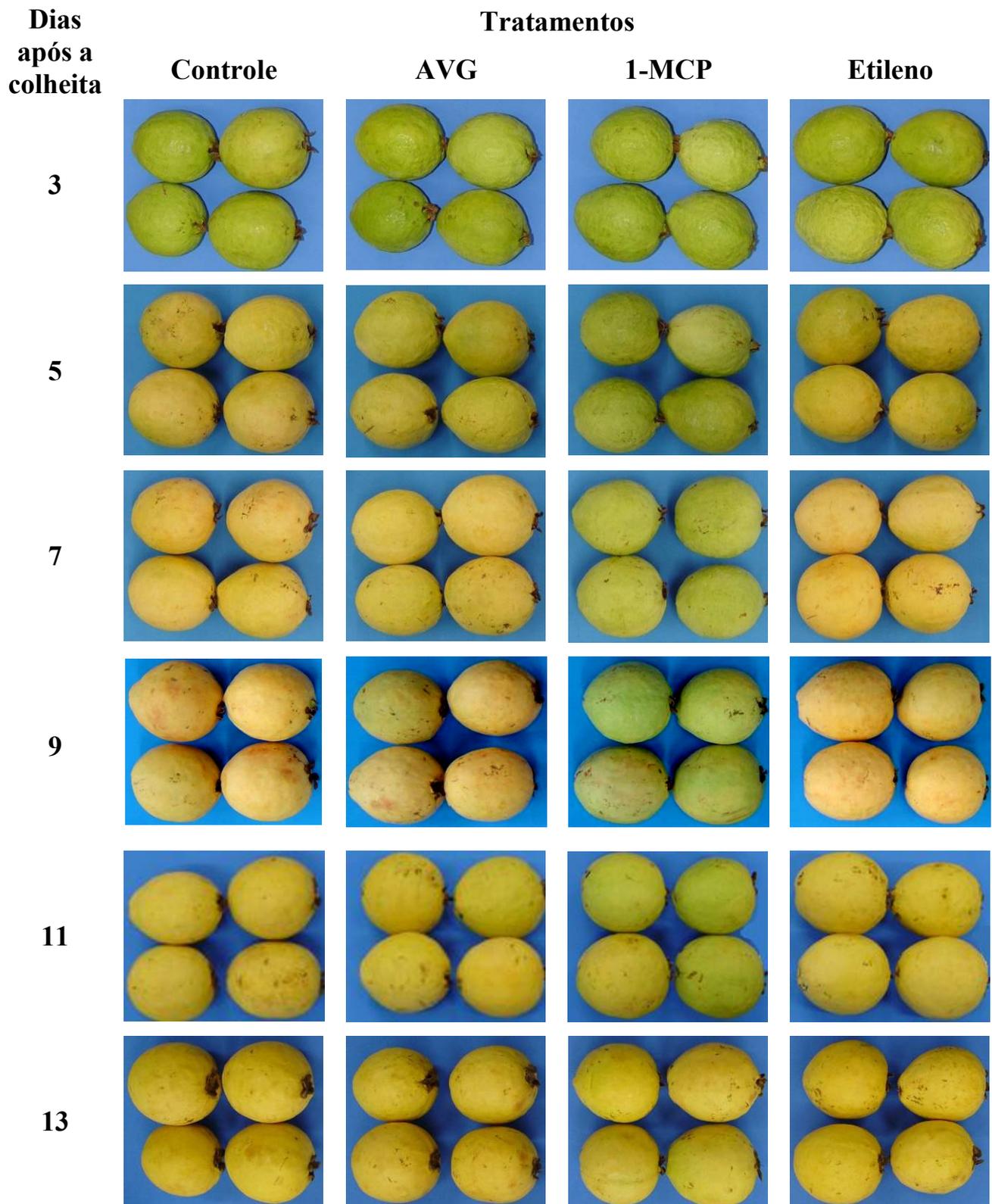


Figura 21 – Goiabas ‘Pedro Sato’ armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR

#### **4.2.12 Cor da polpa**

A alteração na cor da polpa foi observada pela alteração na intensidade de cor, expressa pela cromaticidade (C). Em goiabas ‘Kumagai’ não se observou diferença entre os tratamentos, cujos valores foram próximos de 25, com apenas discreta diminuição no valor deste parâmetro, indicando escurecimento da polpa, pois esta variedade é de polpa branca. O escurecimento presente nesses frutos pode ter ocorrido devido à atividade de enzimas do sistema oxidativo, como a peroxidase e polifenoloxidase, que oxidam os compostos fenólicos, resultando no escurecimento (FLURKEY; JEN, 1978; GOY et al., 1992; VIGYÁZO-VÁMOS, 1981).

Nas goiabas ‘Pedro Sato’ foi possível observar aumento gradativo na cromaticidade até o sétimo, quando se estabilizou. Este comportamento foi observado nos frutos do controle e naqueles tratados com AVG e com etileno. Os valores iniciais situavam-se ao redor de 32 e finais próximos de 50, o que caracterizou aumento na intensidade da cor desses frutos. Os frutos tratados com 1-MCP diferiram dos demais tratamentos, pois sofreram alteração menos intensa (Figura 22).

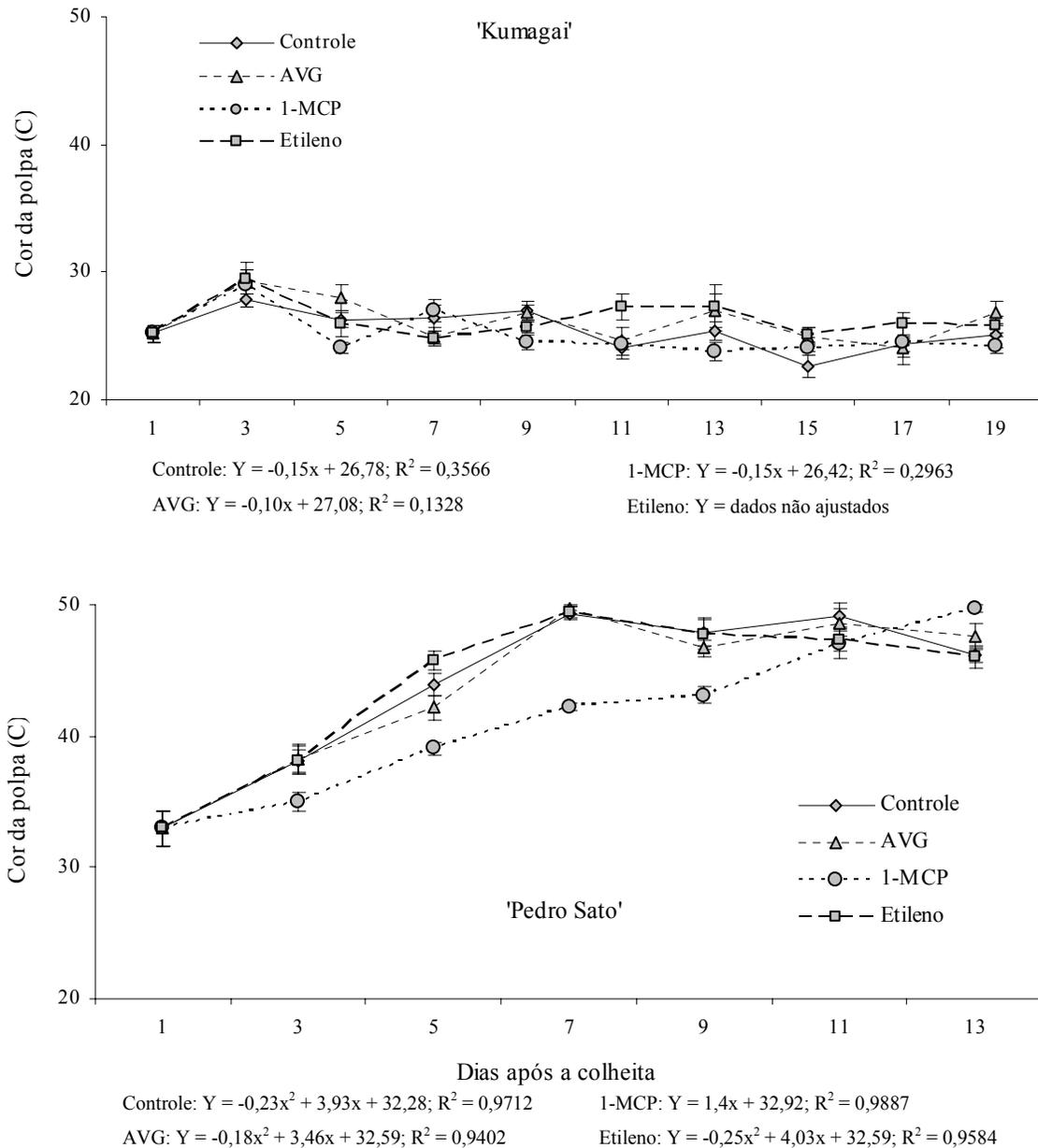


Figura 22 – Cor da polpa de goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

#### 4.2.13 Clorofila Total

A intensidade na degradação da clorofila foi praticamente igual nos frutos das duas variedades, no entanto, nos de ‘Kumagai’ os teores iniciais foram maiores que nos da variedade Pedro Sato (Figura 23). Tal fato indica que os frutos de ‘Kumagai’ tinham tom de verde mais escuro que os de ‘Pedro Sato’.

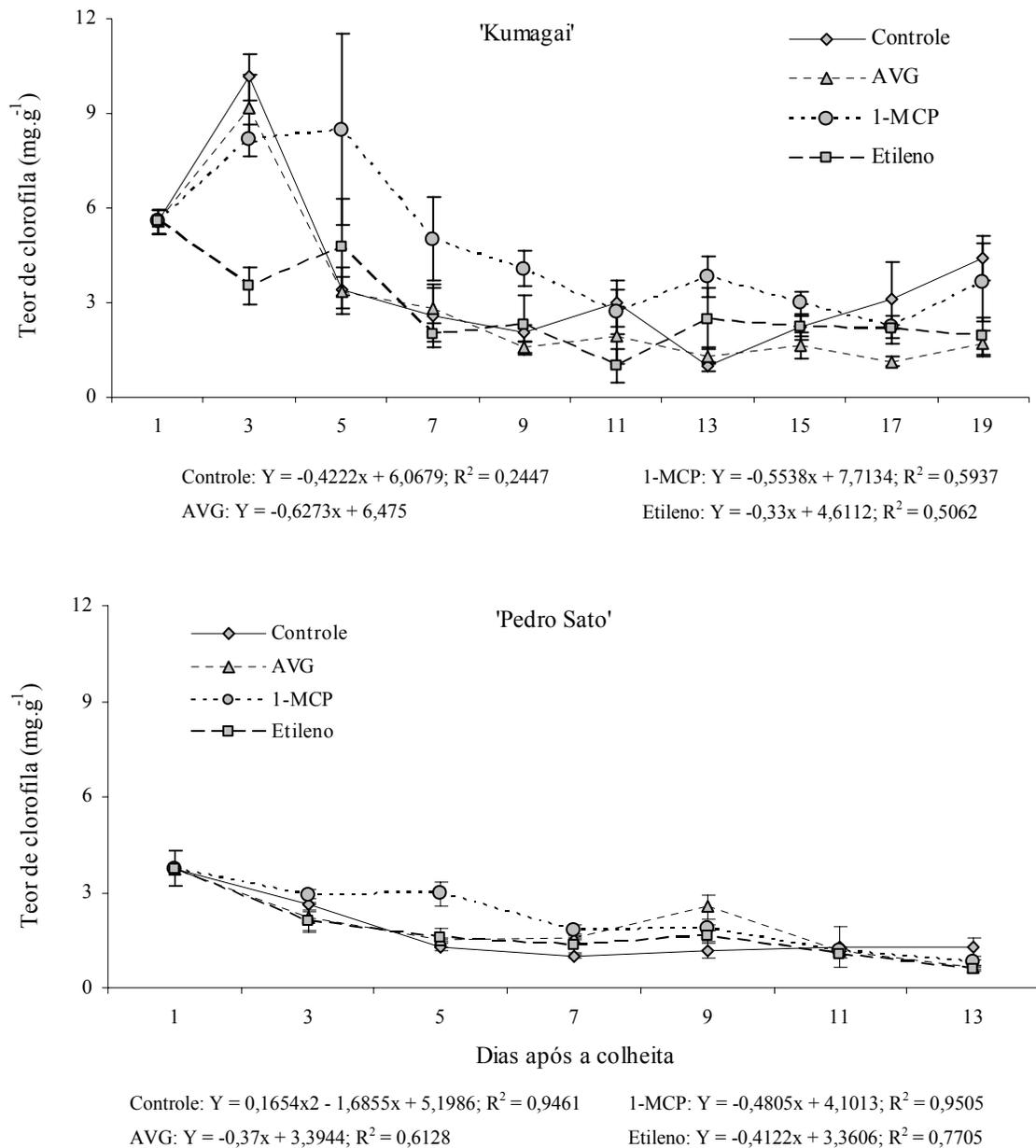


Figura 23 – Teor de clorofila em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

A aplicação do etileno antecipou a degradação da clorofila, em dois dias nas goiabas ‘Kumagai’ e não apresentou efeito nas goiabas ‘Pedro Sato’. Este comportamento também foi observado ao avaliar-se a coloração da casca, o que sugere que o etileno aumentou a atividade da enzima clorofilase nos frutos de ‘Kumagai’ e não influenciou nas goiabas ‘Pedro Sato’. O tratamento com AVG não levou a diferenças do controle, independente da variedade. Nas goiabas

tratadas com 1-MCP o teor de clorofila foi mantido nos primeiros cinco dias em ambas as variedades.

#### **4.2.14 Carotenóides Totais**

O comportamento das variedades estudadas foi distinto em relação à síntese de carotenóides. Nas goiabas da variedade ‘Kumagai’ os teores diminuíram linearmente ao longo do armazenamento, com base nas equações obtidas, para todos os tratamentos. Nas goiabas ‘Pedro Sato’ observou-se aumento ao final do armazenamento. No último dia do experimento, os frutos desta variedade apresentaram aumento acentuado deste teor, sendo que nos frutos do controle este aumento foi maior que nos demais tratamentos. Os frutos tratados com etileno e aqueles com AVG apresentaram comportamento semelhante aos do controle, apenas os frutos tratados com 1-MCP mantiveram-se com teores praticamente constantes durante todo o experimento (Figura 24).

É importante notar que a maior redução tanto no ângulo de cor da casca, assim como na cromaticidade da polpa nos frutos de ‘Pedro Sato’ ocorreu até o sétimo dia, antes do aumento no teor de carotenóides. Esta observação sugere que a principal alteração na cor dessa fruta seja devido à degradação da clorofila. Possivelmente, o aumento ocorrido após o sétimo dia esteja relacionado com a atividade antioxidante deste pigmento.

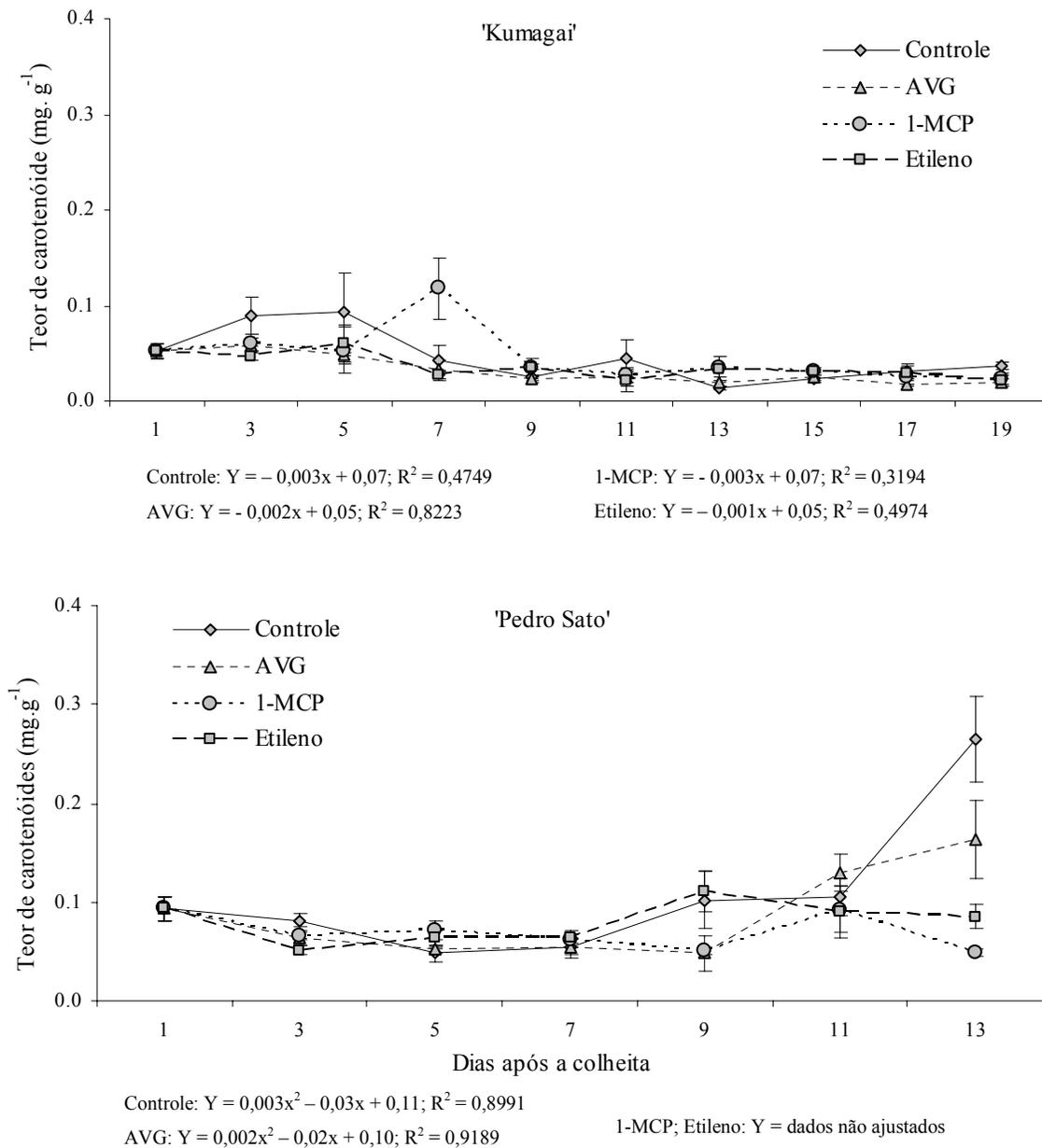


Figura 24 – Teor de carotenóides em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

#### 4.2.15 Sólidos solúveis

As duas variedades apresentaram aumento acentuado seguido de redução no teor de sólidos solúveis, no entanto, sem haver efeito dos tratamentos.

Em goiabas ‘Kumagai’ o maior aumento ocorreu no 11<sup>o</sup> dia, chegando a 9,5 °Brix. No 13<sup>o</sup> dia houve redução acentuada deste teor. Em goiabas da variedade ‘Pedro Sato’ o aumento ocorreu no nono dia de armazenamento (9,3 °Brix), conforme o observado na figura 25.

Provavelmente, a redução observada no teor de SS indique que os frutos estão entrando em senescência, pois nesta fase os açúcares e principalmente os ácidos são consumidos.

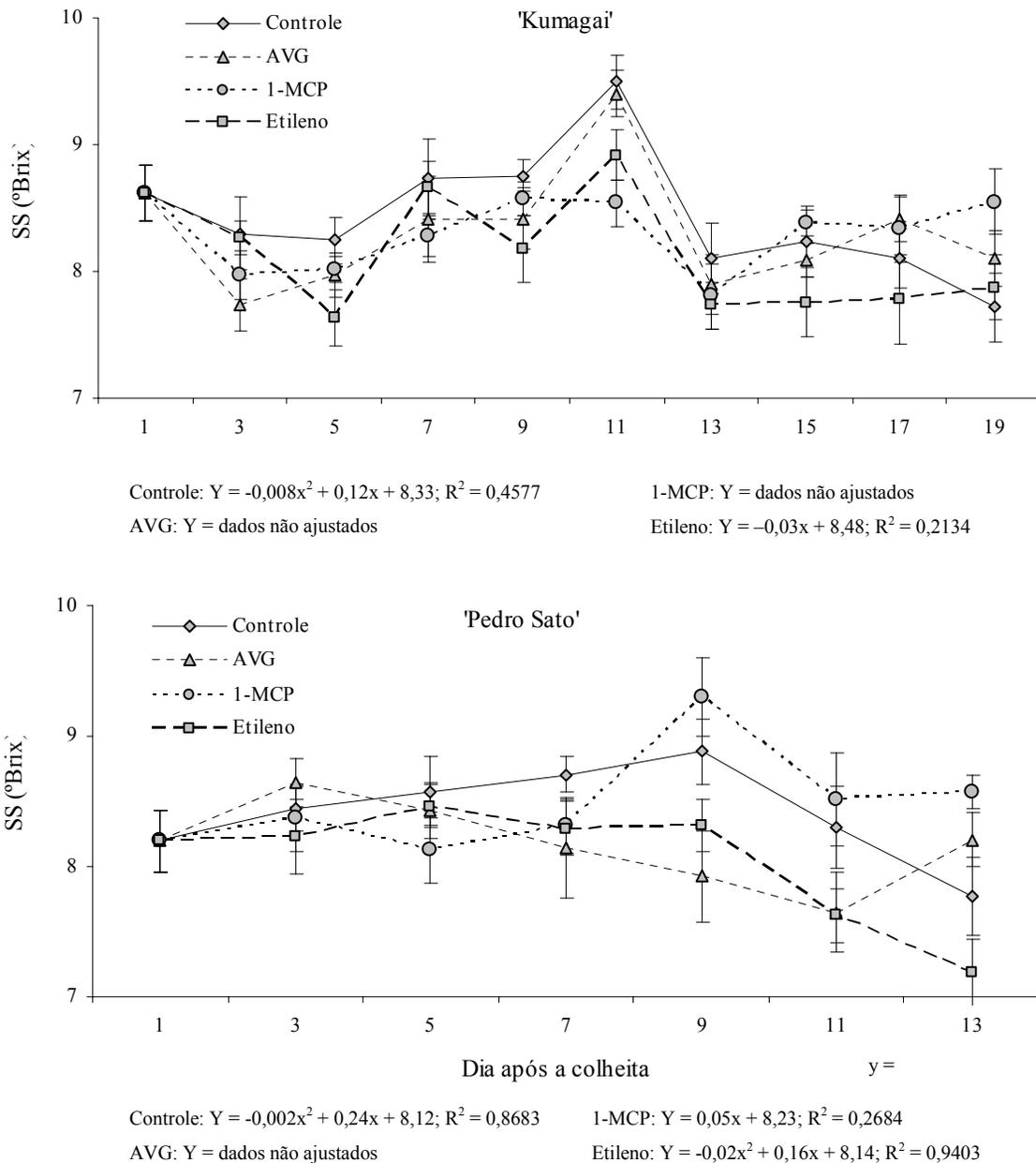


Figura 25 – Sólidos solúveis em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

#### 4.2.16 Acidez titulável

As duas variedades apresentaram diminuição no teor de acidez titulável durante o armazenamento, sendo que os frutos da variedade Pedro Sato apresentaram-se mais ácidos que os da 'Kumagai'.

Em goiabas 'Kumagai', os frutos tratados com AVG e etileno apresentaram comportamento semelhante ao observado nos frutos do controle, ou seja, estes frutos apresentaram redução linear no teor de AT. O tratamento com 1-MCP retardou a perda de acidez, mantendo os teores iniciais até o 15º dia seguido de redução acentuada, igualando-se aos valores proporcionados pelos demais tratamentos.

Na variedade Pedro Sato, os frutos tratados com 1-MCP diferiram dos demais. Neste tratamento, os teores iniciais até o 11º dia, com 0,71% de acidez, que diminuiu para 0,63% no 13º dia. Os demais tratamentos não diferiram do controle, com acidez de 0,64% no início do experimento, e mantendo esse valor até o sétimo dia, quando diminuiu esse teor, chegando a 0,50% de acidez ao final do experimento (Figura 26).

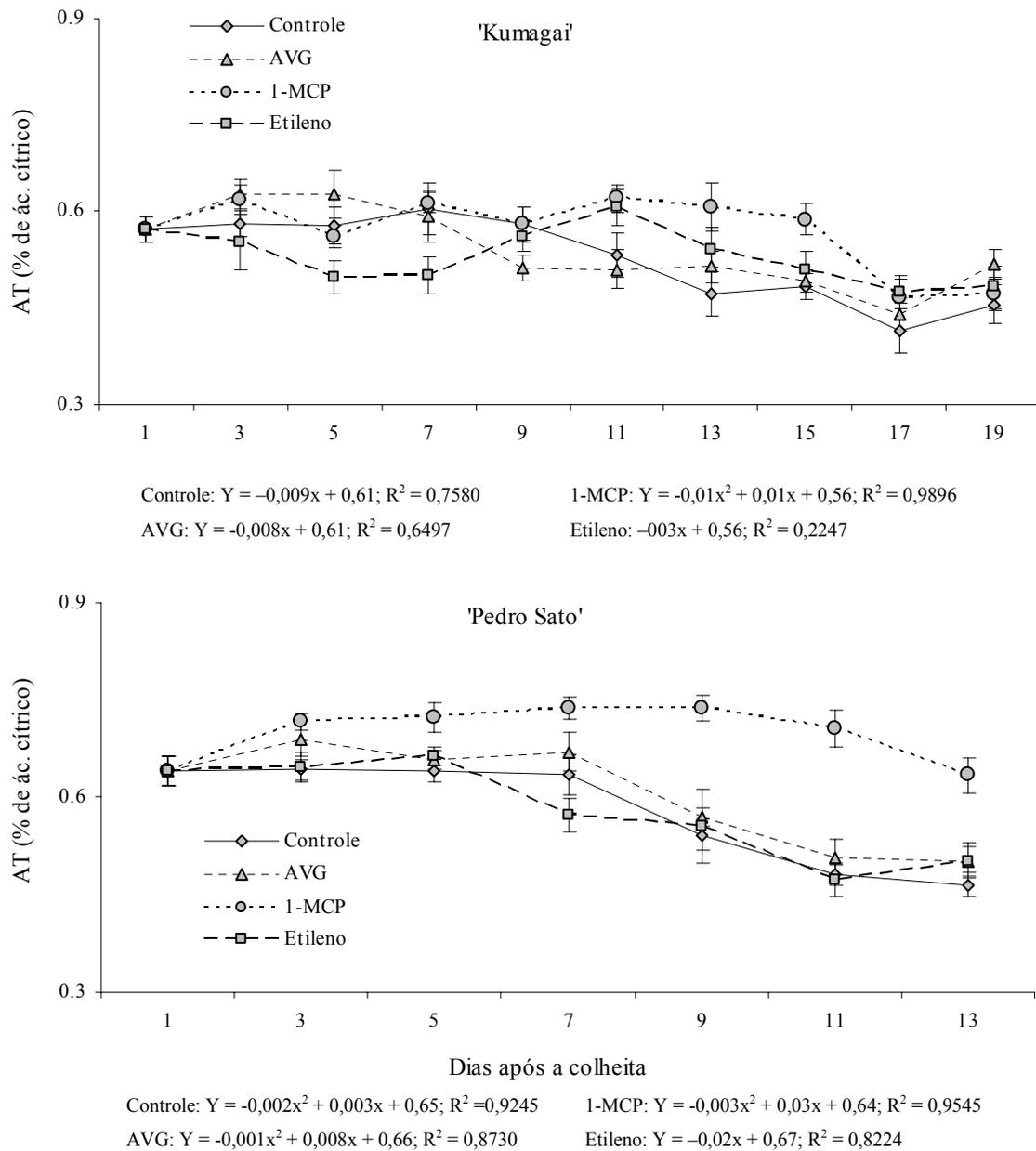


Figura 26 – Acidez titulável em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

#### 4.2.17 Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico (AA) evoluiu de maneira distinta entre as variedades. Enquanto nas goiabas 'Kumagai' houve aumento gradativo e constante, nas goiabas 'Pedro Sato' praticamente não se observou alteração. Além disso, os valores inicialmente observados mostram que o teor deste ácido nos frutos da variedade Kumagai foi duas vezes maior que nos frutos da variedade Pedro Sato.

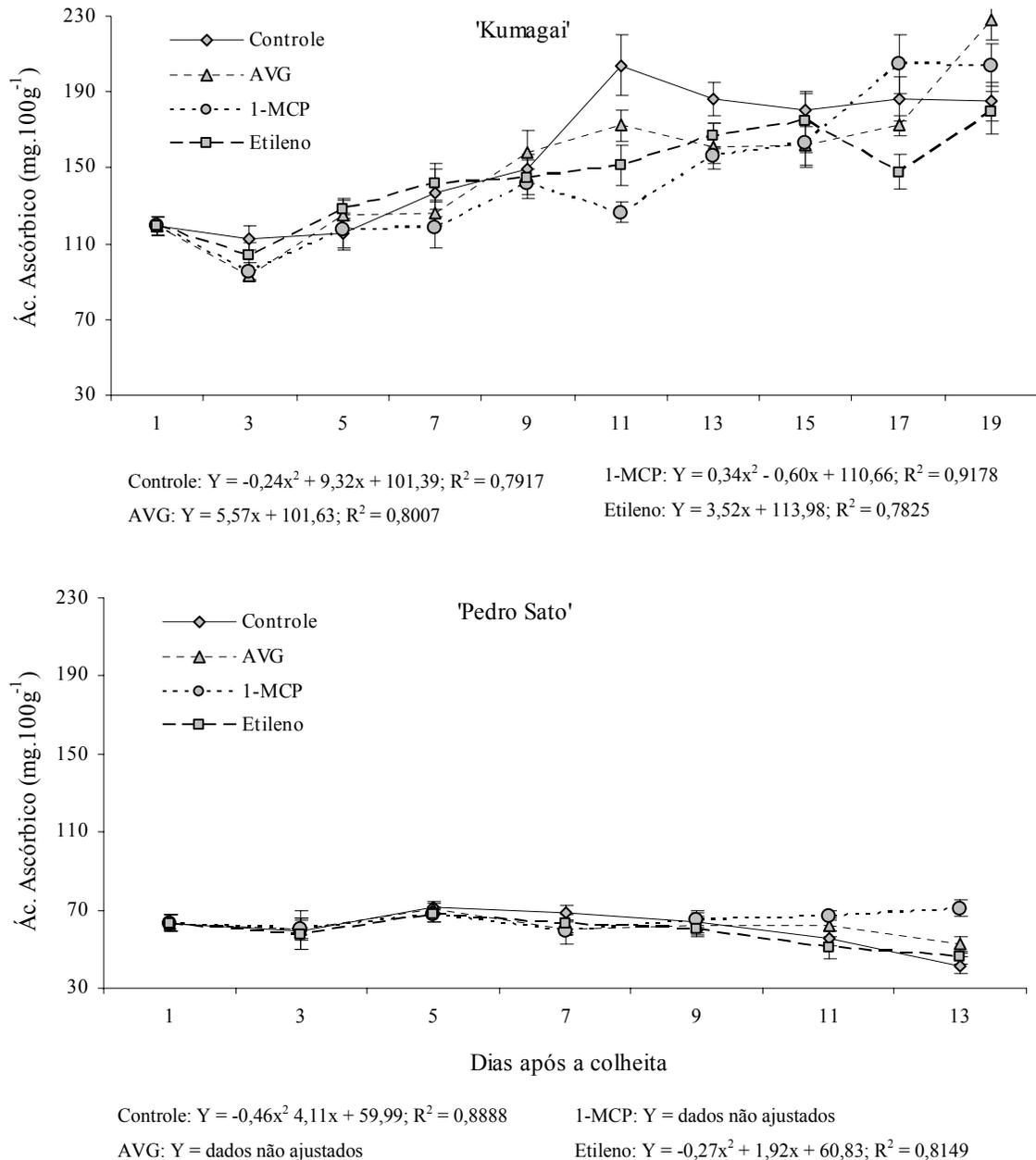


Figura 27 – Ácido ascórbico em goiabas armazenadas a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média

O valor inicial de AA nas goiabas 'Kumagai' foi de 120 mg.100g<sup>-1</sup>, aumentando para valores próximos a 200 mg.100g<sup>-1</sup> ao final do armazenamento. Na variedade Pedro Sato os valores estiveram sempre em torno de 60 mg.100g<sup>-1</sup> (Figura 27).

Durante o amadurecimento, normalmente ocorre aumento no teor de AA, mas quando excessivamente maduro, este conteúdo diminui (DHILLON et al., 1987; ESTEVES et al., 1983; VAZQUEZ-OCHOA; COLINAS-LEON, 1990). No entanto, em goiabas 'Kumagai' observou-se aumento ao longo do amadurecimento, assim como o observado por Cavalini et al. (2006) e Jacomino et al. (2000).

O ácido ascórbico, além da função vitamínica, atua como antioxidante. Provavelmente, a diferença no comportamento de AA apresentado nas variedades estudadas esteja relacionada a esta função, visto que os frutos da variedade Kumagai apresentaram alterações mais discretas que os da 'Pedro Sato'.

O comportamento da atividade respiratória pode ser dividido em climatérico e não-climatérico. Nos frutos climatéricos ocorre aumento na atividade respiratória durante o amadurecimento, e nos não climatéricos a elevação da taxa respiratória é ausente (Rhodes, 1980). Lelièvre et al. (1997) afirmam que em geral o amadurecimento climatérico está associado ao aumento na produção de etileno. Segundo Giovannoni (2001), em frutos climatéricos o etileno é necessário para coordenar e completar o amadurecimento. Desta forma, para determinar o padrão respiratório, é necessário observar a relação entre aumento na produção de  $C_2H_4$  e de  $CO_2$  e o início do amadurecimento.

Em goiabas da variedade Kumagai observou-se resposta à aplicação de etileno e de 1-MCP, comportamento esperado em frutos climatéricos. Por outro lado, estes frutos não apresentaram pico na produção de  $CO_2$  e nem de  $C_2H_4$ , mas amadureceram após a colheita. Esta afirmação se baseia na evolução das variáveis relacionadas ao amadurecimento do fruto, como redução na firmeza da polpa, amarelecimento da cor da casca, aumento nos teores de sólidos solúveis e de ácido ascórbico e redução no teor de acidez titulável.

Em goiabas da variedade Pedro Sato, os frutos amadureceram após a colheita, comportamento típico de frutos climatéricos, no entanto, a elevação dos níveis de  $C_2H_4$  ocorreu após o início do amadurecimento. Além disso, não houve resposta ao etileno exógeno, o que normalmente ocorre em frutos não-climatéricos.

Baseado nessas constatações é possível afirmar que as goiabas da variedade Kumagai e Pedro Sato não devem ser classificadas como climatéricas, nem tão pouco como não climatéricas baseado nos conceitos clássicos atualmente utilizados.

Deve-se considerar que uma revisão dos conceitos atuais sobre os padrões respiratórios e de amadurecimento torna-se necessária, buscando a possibilidade de se ter classificações mais amplas, e que englobem todos os frutos. Como hormônios, de um modo geral, são ativos em quantidades mínimas, o amadurecimento dos frutos poderia ser desvincilhado do aumento autocatalítico de  $C_2H_4$ , procurando-se novas possibilidades para a classificação dos diversos tipos de comportamento apresentados. Fica em aberto a possibilidade de novos estudos que justifiquem a necessidade de alguns frutos manterem a respiração e a produção de etileno constante ao longo do amadurecimento, enquanto outros apresentem aumento constante ou até mesmo necessite de climatério para amadurecer.

## 5 CONCLUSÕES

- Os teores de acetaldeído e de etanol e o extravasamento de eletrólitos foram os índices que mais contribuíram para indicar o início da fase de senescência. O aumento brusco apresentado nos teores de acetaldeído e de etanol indica início do metabolismo fermentativo, comportamento característico de senescência, além do aumento no extravasamento de eletrólitos, sugerir descompartimentação celular.
- Frutos da variedade Pedro Sato não podem ser classificados como climatéricos, nem tão pouco como não climatéricos, apesar de amadurecerem após a colheita, o pico de produção de etileno ocorre após o amadurecimento dos mesmos. Além disso, não respondem à aplicação de etileno.
- Frutos da variedade 'Kumagai' respondem à aplicação de etileno, porém não apresentam comportamento climatérico na produção de  $\text{CO}_2$  e de  $\text{C}_2\text{H}_4$ , desta forma, não devem ser classificados como climatéricos e nem de não climatéricos, com base nos conceitos atuais.

## REFERÊNCIAS

ABDI, N.; HOLFORD, P.; McGLASSON, W.B.; MIZRAHI, Y. Ripening behaviour and responses to propylene in four cultivars of Japanese type plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 12, p. 21-34, Aug. 1997.

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. **Ethylene in plant biology**. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego: Academic Press, 1992. 414p.

ADSULE, R.N.; KADAM, S.S. Guava. In: SALUNKHE, D.K.; KADAM, S.S. (Ed.). **Handbook of fruit science and technology, production composition, storage and processing**. New York: Marcel Dekker, 1995. cap. 9 p.419-433.

ALI, Z.M.; LAZAN, H. Guava. In: MITRA, S.K. **Postharvest of physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB International, 1997. p.145-165.

ALI, Z.M.; CHIN, L.; LAZAN, H. A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. **Plant Science**, Shannon, v. 167, p.317-327, Aug., 2004.

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplast Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 24, n. 1, p. 1-15, Jan. 1949.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. Food composition, additives, natural contaminants. S.L.: AOAC international, 1995. cap.37 p.1-23.

ATTA-ALY, M.A.; BRECHT, J.K.; HUBER, D.J. Ethylene feedback mechanisms in tomato and strawberry fruit tissues in relation to fruit ripening and climacteric patterns. **Postharvest Biology and Technology**, New York, v. 20, n. 2, p. 151-162, Sept., 2000.

AUTIO, W.R.; BRAMLAGE, W.J. Effects of AVG on maturation, ripening and storage of apple. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, n. 6, p. 1074-1077, Nov. 1982.

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

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.P.; BRON, I.U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 139-145, fev. 2004a.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.P.; SPOTO, M.H.F. Estádios de maturação e qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.29-31, abr. 2004b.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.P.; BRON, I.U.; KLUGE, R.A.; SCHIAVINATO, M.A. Ripening of "Pedro Sato" guava: study on its climacteric or non-climacteric nature. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 17, n. 3, p.299-306, July/Sept. 2005.

BASHIR, H.A.; ABU-GOUKH, A.A. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chemistry**, Oxford, v. 80, p. 557-563, Apr. 2003.

BASSETTO, E.; JACOMINO, A.P.; PINHEIRO, A.L. Conservation of "Pedro Sato" guavas under treatment with 1-methylcyclopropene. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 433-440, maio 2005.

BIALE, J.B. The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. **Advances in Food Research**, New York, v. 10, p. 293-354, Apr. 1960.

BIALE, J.B.; BARCUS, D.E. Respiratory patterns in tropical fruits of the amazon Basin. **Tropical Science**, London, v. 12, n. 2, p. 93-104, Jan. 1970.

BLEINROTH, E W **Tecnologia pos colheita de frutas tropicais**. Campinas : Ital, 1992. 203 p.

BOLLER, T.; HERNER, R.L.; KENDE, H. Assay for and enzymatic formation of an ethylene precursor, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. **Planta**, Heidelberg, v. 145, p. 293-303, Jan. 1979.

BRACKMANN, A.; SESTARI, I.; STEFFENS, C.A.; GIEHL, R.F.H. Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1415-1420, set/out, 2004.

BRAZ, V.B.; NUNES, E.S.; VIEIRA, G.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; BERTINI, L.A.; COUTO, F.A.D. Indução do amadurecimento de mangas cv. Tommy Atkins e cv. Ubá pela aplicação de ethephon pós-colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 225-232, Feb. 2008.

BRODY, A.L. **Envasado de alimentos en atmosferas controladas, modificadas y vacio**. Zaragoza: Acribia, 1996. 220p.

BRON, I.U.; RIBEIRO, R.V.; CAVALINI, F.C.; JACOMINO, A.P.; TREVISAN, M.J. Temperature-related changes in respiration and Q10 coefficient of Guava. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p.458-463, Sept./Oct. 2005.

BROWN, B.I.; WILLS, R.B.H. Post-harvest changes in guava fruit of different maturing. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 19, n. 3/4, p. 237-243, Apr. 1983.

BULK, R.E.; BABIKER, E.F.E.; EL-TINAY, A.H. Changes in chemical composition of guava fruits during development and ripening. **Food Chemistry**, Oxford, v. 59, n. 3, p. 395-399, July 1997.

CARVALHO, H.A. **Utilização da atmosfera modificada na conservação pós-colheita de goiaba Kumagai**. 1999. 115 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

CARVALHO, V.D. Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.48-54, out. 1994.

CARVALHO, H.A.; CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B.; CARVALHO, H.S. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n.3, p. 605-615, maio/jun., 2001.

CAVALINI, F.C. **Índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas 'Kumagai' e 'Paluma'**. 2004. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CAVALINI, F.C.; JACOMINO, A.P.; LOCHOSKI, M.A.; KLUGE, R.A.; ORTEGA, E.M.M. Maturity indexes for ‘Kumagai’ and ‘Paluma’ guavas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 176-179, Aug. 2006.

CHAN JÚNIOR, H.T. Ripeness and tissue depth effects on heat inactivation of papaya ethylene-forming enzyme. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, p.996-998, Aug. 1991.

CHAN JÚNIOR, H.T.; KWOK, S.C.M. Identification and determination of sugars in some tropical fruit products. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 40, n. 2 p. 419-420, Mar. 1976.

CHITARRA, M.I.F. Características das frutas de exportação. In; GONGATTI NETO, A.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F.G.; GARCIA, E.E.C.; BLEINROTH, E.W.; MATALLO, M.; CHITARRA, M.M.I.F.; BORDIN, M. R. **Goiaba para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, 1996. cap.1, p.9-11. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 20).

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

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B.; CARVALHO, V.D. Algumas características dos frutos de duas cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.) em fase de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6., 1981, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981. v.2, p.771-780.

COTE, E, THOMPSON, J.E.; WILLEMOT, C. Limitation to the use of electrolyte leakage for the measurement of chilling injury in tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 3, p.103-110, Aug. 1993.

DEKAZOS, E.D. Effect of aminoethoxyvinylglycine on bloom delay, fruit maturity, and quality of 'Lorin' and 'Rio Oso Gem' peaches. **HortScience**, Alexandria, v. 16, n. 4, p. 520-522, Apr. 1981.

DHILLON, B.S.; SINGH, S.N.; KUNDAL, G.S.; MINHAS, P.P.S. Studies on the developmental physiology of guava fruit (*Psidium guajava* L.) II. Biochemical characters. **Punjab Horticultural Journal**, Chandigarh, v. 27, n. 3/4, p. 212-221, Mar. 1987.

DHINGRA, M.K.; GUPTA, O.P.; CHUNDAWAT, B.S. Studies on pectin yield and quality of some guava cultivares in relation to cropping season and fruit maturity. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 20, n. 1/2, p.10-13, Jan, 1983.

DUBOIS, M.; GILLERS, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Easton, v. 28, n. 3, p. 350-56, Mar. 1956.

ESTEVEES, M.T.C.; CARVALHO, V.D. de; CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B.; PAULA, M.B. de. Caracterização dos frutos de seis cultivares de goiabeiras (*Pisidium guajava* L.) na maturação. I –Determinações físicas e químicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., Florianópolis, SC. 1983, **Anais...** Florianópolis: SBF, 1984. v.2 p.477-489.

FAGUNDES, A.F.; DABUL, A.N.G.; AYUB, R.A. Aminoethoxivinilglicina no controle do amadurecimento de frutos de caqui cv. Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 73-75, Apr. 2006.

FAN, X., ARGENTA, L., MATTHEIS, J. Inhibition of Ethylene Action by 1-methylcyclopropene Prolongs Storage Life of Apricots. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, n.2, p.135-142, Sept. 2000.

FAN, X., BLANKENSHIP, S., MATTHEIS, J.P. MCP inhibits apple fruit ripening. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.124, n.6, p.690-695, June 1999.

FAN, X.; MATTHEIS, J.P.; DUCHANAN, D. Continuous requirement of ethylene for apple fruit volatile synthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 5, p. 1959-1953, Apr. 1998.

FARAGHER, J.D., MAYAK, S.; WATCHEL, E.J. Changes in physical properties of cell membranes and their role in senescence of rose flower petals. **Acta Horticulturae**, Noordwijkerhout, v.181, p. 371-375, Mar. 1986.

FENG, X.; APELBAUM, A.; SISLER, E.C.; GOREN, R. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, p. 143-150, Sept. 2000.

FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p.675-703, June, 1991.

FLURKEY, W.H.; JEN, J.J. Peroxidase and polyphenoloxidase actives in developing peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, p. 1826-1831, Nov. 1978.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J.K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 52, n. 2, p.99-119, Apr. 2002.

GERHARDT, L.B.A.; MANICA, I.; KIST, H.; SIELER, R.L. Características físico-químicas dos frutos de quatro cultivares e três clones de goiabeira em Porto Lucena, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 185-192, fev., 1997.

GIOVANNONI, J. Molecular biology of fruit maturation and ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 52, p. 725-749, June 2001.

GOLDING, J.B.; SHEARER, D.; WYLLIE, S.G.; MCGLASSON, W.B. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, n. 1, p.87-98, Sept. 1998.

GOY, P. A.; FELIX, G.; MÉTRAUX, J.P.; MEINS JÚNIOR, F. Resistance to disease in the hybrid *Nicotina glutinosa* x *Nicotina debneyi* is associated with high constitutive levels of  $\beta$ -1,3-glucanase, chitinase, peroxidase and polyphenoloxidase. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, Michigan, v. 41, n. 1, p. 11-21, July 1992.

GRIERSON, D. Senescence in fruits. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 5, p. 859-862, May, 1987.

GUIS, M.; BOTONDI, R.; BEN AMOR, M.; AYUB, R.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.C.; LATCHE, A. Ripening-associated biochemical traits of cantaloupe Charentais melons expressing an antisense ACC oxidase transgene. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, p. 748-751, Nov. 1997.

HARRIS, D.R.; SEBERRY, J.A.; WILLS, R.B.H.; SPOHR, L.J. Effect of fruit maturity on efficiency of 1-methylcyclopropene to delay the ripening banana. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, p. 303-308, Nov. 2000.

HUAI, Q.; XIA, Y.; CHEN, Y.; CALLAHAN, B.; LI, N.; KE, H. Crystal structures of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase in complex with aminoethoxyvinylglycine and pyridoxal-5'-phosphate provide new insight into catalytic mechanisms. **The Journal of Biological Chemistry**, Maryland, v. 276, n. 41, p. 38210-38216, Oct. 2001.

HUSSAIN, A.; SHAH, A. H. Activity of pectic enzymes (pectinesterase and polygalacturonase) during the ripening of guava fruit. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, Lyallpur, v. 12, n.3/4, p. 191-194, Apr. 1975.

IWATA, T.; OMATO, I.; OGATA, K. Relationship between the ripening of harvested fruits and the respiratory pattern. III. Changes of ethylene concentration in fruits and responses to applied ethylene with relation to the respiratory pattern. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 38, p. 64-72, Jan. 1969.

JACOMINO, A.P. **Conservação de goiabas 'Kumagai' em diferentes temperaturas e materiais de embalagem**. 1999. 90p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1990.

JACOMINO, A.P.; MARTINEZ OJEDA, R.; KLUGE, R.A. Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 401-405, dez. 2003.

JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A.; BRACKMANN, A.; CASTRO, P.R.C. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 303-308, abr./jun. 2002.

JACOMINO, A.P.; SARANTOPOULOS, C.I.G.L.; SIGRIST, J.M.M.; KLUGE, R.A.; MINAMI, K. Armazenamento de goiabas 'Kumagai' sob diferentes temperaturas de refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 3, p. 165-169, nov. 2000.

JIANG, Y.M.; JOYCE, D.C.; MACNISH, A.J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 187-193, June 1999a.

JIANG, Y.M.; JOYCE, D.C.; MACNISH, A.J. Responses of banana fruit to treatment with 1-methylcyclopropene. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v. 28, p. 77-82, June 1999b.

JU, Z. BRAMLAGE, W.J. Desenvolvemental changes of cuticular constituents and their association with ethylene during fruit ripening in 'Delicious' apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, n. 3, p. 257-263, Febr. 2001.

KADER, A.A. **Guava: Recommendations for maintaining postharvest quality**. Disponível em: <http://postharvest.ucdavis.edu/produce/producefacts/Fruit/Guava.shtml>. Acesso em: 16 out. 2008.

KAYS, S.J.; PAULL, R.E. **Postharvest biology**. Athens: EP press, 2004. 568p.

KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P. Shelf life of peaches treated with 1-methylcyclopropene. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n.1, p.69-72, Jan./Mar. 2002.

KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; OJEDA, R.M.; BRACKMANN, A. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 895-901, jul. 2002.

KNOWLES, N.R.; KNOWLES, L.O. Correlations between electrolyte leakage and degree of saturation of polar lipids from aged potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber tissue. **Annals of Botany**, Leicester, v.63, p.331-338, Mar. 1989.

KU, V.V.V.; WILLS, R.B.H. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. **Postharvest of Biology and Technology**, Amsterdam, v.17, p.127-132, Oct. 1999.

KUO, S.; PARKIN, K.L. Chilling injury in cucumbers (*Cucumis sativa* L.) associated with lipid peroxidation as measured by ethane evolution. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, p.1488-1491, Nov. 1989.

LAZAN, H.; ALI, Z.M. Cell wall hydrolases and their potential in the manipulation of ripening of tropical fruits. **Asean Food Journal**, Kuala Lumpur, v.8, n.2, p.47-53, Aug. 1993.

LELIÈVRE J.M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M. PECH J.C. Ethylene and fruit ripening. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 101, p. 727-739, July 1997.

LIEBERMAN, M. Biosynthesis and action of ethylene. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 30, p. 533-591, June 1979.

LIMA, A.V. **Qualidade pós-colheita da goiaba Pedro Sato tratada com cloreto de cálcio e 1-MCP em condições ambiente**. 2004. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

LIMA, M.A.; DURIGAN, J.F. Conservação de goiabas 'Pedro Sato' associando-se refrigeração com diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, p. 232-236, ago. 2000.

LINHARES, L.A. **Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas ‘Pedro Sato’ tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno.** 2005. 135p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

LINHARES, L.A.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D. Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas Pedro Sato tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 829-841, maio/jun., 2007.

LURIE, S.; BEN-ARIE, R. Microsomal membrane changes during the ripening of apple fruit. **Plant Physiology**, Rockville, v. 73, n. 3, p. 636-638, Nov. 1983.

LURIE, S.; KLEIN, J.D. Cyanide metabolism in relation to ethylene production and cyanide insensitive respiration in climacteric and non-climacteric fruits. **Journal of Plant Physiology**, Leipzig, v. 135, n. 5, p. 518–521, Apr., 1990.

LURIE, S.; SONEGO, L.; BEN-ARIE, R. Permeability, microviscosity and chemical changes in the plasma membrane during storage of apple fruit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 32, n. 1/2 p. 73-83, June 1987.

MANICA, I.; ICUMA, I.M.; JUNQUEIRA, N.T.V.; SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Fruticultura tropical: Goiaba.** Porto Alegre: Cinco continentes, 2000. 373p.

MASIA, A.; VENTURA, M.; GEMMA, H.; SANSAVINI, S. Effect of some plant growth regulator treatments on apple fruit ripening. **Plant Growth Regulator**, Dordrecht, v. 25, n. 2, p. 127-134, July 1998.

MATTIUZ, B. **Fisiologia e qualidade pós-colheita de goiabas.** 2002. 118p. Tese (Doutorado na área de Fitotecnia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal. 2002.

McGLASSON, W.B. Ethylene and fruit ripening. **HortScience**, Alexandria, v. 20, n. 1, p. 51-54, Jan. 1985.

MEDINA, J.C. **Goiaba, da cultura ao processamento e comercialização.** Campinas: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da Agricultura, Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1978. 106 p. (Série Frutas tropicais, 6).

MERCADO-SILVA, E.; BAUTISTA, P.B.; GARCIA-VELASCO, M.A. Fruit development, harvest index ripening changes of guavas produced in central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 13, n. 2, p. 143-150, Apr. 1998.

MOKADY, S.; COGAN, U.; LIEBERMAN, L. Stability of vitamin C in fruit and fruit blends. **Journal Science Food Agricultural**, New York, v. 35, p. 452-456, Apr. 1984.

MOWLAH, G.; ITOO, S. Guava (*Psidium guajava* L.) sugar components and related enzymes at stages of fruit- development a ripening. **Journal of Japanese Society of Food Science and Technology**, Tokyo, v. 29, n. 8, p. 472-476, Aug. 1982.

NAKATSUKA, A.; SHIOMI, S.; KUBO, Y.; INABA, A. Expression and internal feedback regulation of ACC synthase and ACC oxidase genes in reaping tomato fruit. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v.38, p.1130-1110, Nov. 1997.

NULTSCH, W. **Botânica geral**. Trad. de P.L. de Oliveira. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 489p.

OETIKER, J.H.; YANG, S. F. The role of ethylene in fruit ripening. **Acta Horticultural**, The Hague, v. 398, p. 167- 178, Mar. 1995.

OLIVEIRA, E.N.J. **Alterações pós-colheita da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil) durante o amadurecimento**. 2002. 71p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

OLIVEIRA, M.A. **Utilização de película de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (*Psidium guajava*)**. 1996. 73p. Dissertação (Mestrado na área de Ciência e tecnologia de alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

OWENS, K.W.; TOLLA, G.E.; PETERSON, C.E. Introduction of staminate flowers on gynoeceious cucumber by aminoetoxyvinylglycine. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 3, p. 256-257, Mar. 1980.

P'ERIN, C.; G'OMEZ-JIM'ENEZ, M.; HAGEN, L.; DOGIMONT, C.; PECH, J. C.; LATCH'E, A.; PITRAT, M.; LEL'EVRE, J. M.. Molecular and genetic characterization of a non-climacteric phenotype in melon reveals two loci conferring altered ethylene response in fruit. **Plant Physiology**, Rockville, v. 129, p. 300–309, Apr. 2002.

PALMA, T, MARANGONI, A.G.; STANLEY, D.W. Environmental stresses affect tomato microsomal membrane function differently than natural ripening and senescence. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 6, n. 3/4, p. 257-273, Oct. 1995.

PALOU, L.; CRISOSTO, C.H. Postharvest treatments to reduce the harmful effects of ethylene on apricots. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 599, p. 31-38, Feb. 2003.

PORAT, R.; HALEVY, A.H.; SEREK, M.; BOROCHOV, A. An increase in ethylene sensitivity following pollination is the initial event triggering an increase in ethylene production and enhanced senescence of *Phalaenopsis* orchid flowers. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.88, p.243-250, Apr. 1995.

PURVIS, A.C. The role of adaptive enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues. **Hortscience**, Alexandria, v. 32, n. 7, p. 195-168, Dec. 1997.

RATHORE, D.S. Effect of season on growth and chemical composition of guava (*Psidium guajava* L.) fruits. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 51, p. 41-47, Sept. 1976.

REYES, M.U.; PAULL, R.E. Effect of storage temperature and ethylene treatment on guava (*Psidium guajava* L.) fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 6, n. 3/4, p. 365-370, Oct. 1995.

RHODES, M.J.C. The maturation and ripening of fruits. In: THIMANN, K.V.; ADELMAN, R. C.; ROTH, G.S. **Senescence in plants**. Florida: CRC Press, 1980. cap.8 p.157-205.

RUPASINGHE, H.P.V.; MURR, D.P; PALIYATH, G.; SKOG, L. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. **Journal of Horticultural Science Biotechnology**, Kent, v. 75, p. 271-276, Mar. 2000.

RYALL, A.L.; LIPTON, W.J. **Handling, transportation and storage of fruits and vegetables**. 2nd ed. Westport: Avi, 1979. v.1 587p.

SAQUET, A.A.; STREIF, J. Respiração e produção de etileno de maçãs armazenadas em diversas concentrações de oxigênio. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, n.1, p.71-75, jan./abr. 2002.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. A volatile ethylene inhibitor improves the postharvest life of potted roses. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, p. 572-577, May 1994.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. 1-methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, Kyoto, v. 394, p. 337-345, Sept. 1995.

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 454 p.

SINGH, S.P.; PAL, R.K. Controlled atmosphere storage of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 47, n. 3, p. 296-306, Mar. 2008.

SINGH, B.P.; SINGH, H.K.; CHAUHAN, K.S. Effect of post-harvest calcium treatments on the storage life of guava fruits. **Indian Journal Agricultural Science**, New Delhi, v. 51, n. 1, p. 44-47, Jan, 1981.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Physiologia plantarum**, Copenhagen, v. 100, p. 577-582, July 1997.

SISLER, E.C.; SEREK, M.; DUPILLE, E. Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene, and 3,3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v. 18, p. 169-174, Mar. 1996.

STANLEY, D.W. Biological membrane deterioration and associated quality losses in food tissues. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.30, p.487-553, Aug. 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TAVARES, S. **Maturação e conservação do tangor ‘Murcote’ (*Citrus reticulata* Blanco x *C. sinensis* Osbeck) e da lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus Latifolia* Tanaka) sob efeito de biorreguladores**. 2003. 115p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

THOMPSON, J.E. The molecular basis for membrane deterioration during senescence. In: NOODEN, L.D.; LEOPOLD, AC. **Senescence and aging in plants**. San Diego: Academic Press, 1988. p. 51-83.

TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. cap.1 p. 2-51.

VAZQUEZ-OCHOA, R.I.; COLINAS-LEON, M.T. Changes in guavas of three maturity stages in response to temperature and relative humidity. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 1, p. 86-87, Jan. 1990.

VENDRELL, M.; PALOMER, X. Hormonal control of fruit ripening in climateric fruits. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 463, p. 325-334, Sept. 1997.

VIGYÁZO-VÁMOS, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 20, p. 49-127, Nov. 1981.

WATKINS, C.B.; NOCK, J.F.; WHITAKER, B.D. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air controlled atmosphere storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.19, n.1, p.17-32, May 2000.

WILLS, R.H.H.; LEE, T.H.; GRAHAM, W.B.; HALL, E.G. **Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. Kensington: New South Wales University Press, 1981. 161p.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales**. Trad. de J.B. Gonzáles. 2nd .ed. Zaragoza: Acribia, 1998. 240p.

XISTO, A.L.R.P. **Conservação pós-colheita de goiaba ‘Pedro Sato’ com aplicação de cloreto de cálcio em condições ambiente**. 2002. 47p. Dissertação (Mestrado na área de fitotecnia ) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

XISTO, A.L.R.P.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D.; SANTOS, C.D. Textura de goiabas “Pedro Sato” submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 28, n. 1, p. 113-118, jan./fev., 2004.

YANG, S.F. Biosynthesis and action of ethylene. **HortScience**, Alexandria, v. 20, n. 1, p.41-45, Feb, 1985.

ZALDIVAR, C.P.; ABDA, J.B.; EBELER, S.E.; KADER, A.A. Quality and chemical changes associated with flavor of camarosa strawberries in response to a CO<sub>2</sub> enriched atmosphere. **Hortscience**, Alexandria, v. 42, n.2, p.299–303, Apr. 2007.