

(S9-P85)

**O USO DE ATMOSFERA CONTROLADA COM BAIXOS NÍVEIS DE OXIGÊNIO MANTÉM A QUALIDADE DE GOIABA (*Psidium guajaba* L. cv. 'PEDRO SATO') DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO**

**GUSTAVO H.A. TEIXEIRA, JOSÉ F. DURIGAN, LEANDRA O. SANTOS, FLÁVIA O. OGASSAVARA, RAMILO N. MARTINS, LUÍS C. CUNHA JÚNIOR, JULIANA R. DONADON y CRISTIANE M.A. MORGADO**

UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Tecnologia, 14.884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: [teixeiragha@yahoo.com.br](mailto:teixeiragha@yahoo.com.br), Telefone: 55 16 3209-2675 (246). Fax: 55 16 3202-4275.

**Palavras chave:** respiração – amadurecimento – amaciamento - vida útil.

**RESUMEN**

O efeito da atmosfera de armazenamento com diferentes concentrações de oxigênio (controle, 20%, 15%, 10%, 5% e 1%) foi investigado durante o armazenamento refrigerado de goiabas 'Pedro Sato'. As atmosferas com as menores concentrações de O<sub>2</sub> (5% e 1%) reduziram significativamente a taxa respiratória o que resultou no retardamento do processo de amadurecimento, o que foi confirmado pela manutenção da coloração mais verde (<sup>°h</sup>), maiores teores de açúcares solúveis totais e redutores, bem como, menor solubilização dos compostos pécnicos. Os frutos controle e os armazenados nas maiores concentrações de oxigênio (20% e 15%) apresentaram pico climatérico no 16<sup>º</sup> e 20<sup>º</sup>, respectivamente. Entretanto, este não foi observado para os mantidos nas atmosferas contendo 10%, 5% e 1%. Além dos aspectos fisiológicos, as atmosferas com as menores concentrações de O<sub>2</sub> (5% e 1%) reduziram o desenvolvimento de podridões o que resultou na manutenção da aparência de conseqüentemente da qualidade final do produto após 28 dias de armazenamento a 12,5°C.

**THE USE OF CONTROLLED ATMOSPHERE WITH LOW LEVEL OF OXYGEN MAINTAINS THE QUALITY OF GUAVA FRUIT (*Psidium guajaba* L. cv. 'PEDRO SATO') DURING COLD STORAGE**

**Keywords:** respiration – ripening – softening - shelf-life.

**ABSTRACT**

The effect of storage atmospheres containing different oxygen levels (control, 20%, 15%, 10%, 5% e 1%) was investigated during the cold storage of 'Pedro Sato' guava. Atmospheres with the lowest O<sub>2</sub> concentrations (5% and 1%) significantly reduced the respiratory rates which delayed the ripening process, which was confirmed by the maintenance of greener colour (<sup>°h</sup>), higher total soluble and reducing sugar contents, as well as, lower pectic compound solubilization. Control fruit and those stored at the highest oxygen concentration (20% and 15%) presented climateric pick at the 16<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> day, respectively. It was not observed for fruit maintained at atmospheres containing 10%, 5% and 1%, although. Despite the physiological aspects, the atmospheres with the lowest O<sub>2</sub>

concentrations (5% and 1%) reduced rot development leading better appearance maintenance and consequently better final product quality after 28 days of storage at 12.5°C.

## INTRODUÇÃO

Apesar de ser o segundo produtor mundial de goiabas o Brasil exportou, em 2002, somente 0,06% do total produzido (Rozane et al., 2003). O maior obstáculo para a comercialização da goiaba está relacionado à sua limitada vida de prateleira, cujos frutos apresentam aumentos acentuados na taxa respiratória e na liberação de etileno entrando rapidamente em senescência (Carvalho, 1994). Isso torna os frutos inadequados para o consumo num período muito curto. Segundo Akamine e Goo (1979), o amadurecimento dos frutos colhidos ainda “de vez” ocorre num período de 24 - 48 horas, quando as goiabas são mantidas em condições de ambiente e, após o amadurecimento, a senescência também é rápida, processando-se em um ou dois dias.

Para aumentar a vida pós-colheita de muitas frutas tem-se recomendado o uso da atmosfera controlada (Kader, 1986). Todavia, embora tenha sido testada com sucesso em vários frutos tropicais, a atmosfera controlada não é comumente utilizada em goiabas. Kader (2003) recomendou o uso de atmosfera contendo 2 - 5% de O<sub>2</sub> e 0 - 1% de CO<sub>2</sub> para goiabas armazenadas entre 5 - 15°C. Outras recomendações propõem maior redução nos níveis de oxigênio, associado a aumento no de dióxido de carbono, com evidências que estes frutos não resistam a concentrações maiores que 10% de CO<sub>2</sub> (Broughton e Leong, 1979). Todavia, Castro e Sigrist (1988) relataram que os sintomas de danos por altos níveis de CO<sub>2</sub> só foram observados em atmosferas contendo 20% deste gás, após três semanas de armazenamento a 12°C.

Segundo Pal e Buescher (1993) a atmosfera controlada retarda o amadurecimento e reduz a produção de etileno de goiabas, mas a respiração dos frutos não é afetada. Por outro lado, Bleinroth (1996) relatou que o controle da atmosfera em 3,0% de O<sub>2</sub> e 8,0% de CO<sub>2</sub> possibilitou a redução da atividade metabólica da goiaba, sem alterar sua qualidade, por cinco a seis semanas a 12°C e por três semanas sob condições de ambiente. Ainda segundo este autor, este aumento no tempo de conservação pode viabilizar o uso do transporte marítimo, normalmente de longa duração, porém mais econômico que o aéreo.

Apesar de existirem algumas recomendações para o controle da atmosfera durante o armazenamento de goiabas, a maior parte delas foi obtida com cultivares diferentes das plantadas no Brasil. Desta forma, este trabalho tem por objetivo avaliar o uso de atmosferas contendo diferentes concentrações de oxigênio durante o armazenamento refrigerado de goiabas ‘Pedro Sato’.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material vegetal e tratamentos preliminares

Os frutos de goiabeira da cultivar ‘Pedro Sato’ foram colhidos em pomar comercial localizado no município de Vista Alegre do Alto, São Paulo (48°21’ W e 21°10’ S). Estes foram colhidos no estágio de maturação 1, de acordo com o recomendado por Azzolini et al. (2004), ou seja apresentavam ângulo hue (°h) variando de 120 a 117. Após a colheita, estes foram cuidadosa e imediatamente levados para o Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas da FCAV – UNESP, campus de Jaboticabal, São Paulo, distante cerca de 20 km, onde foram novamente selecionados.

### Tratamentos, delineamento estatístico e controle da atmosfera

Depois de selecionadas, as goiabas foram armazenadas sob atmosfera controlada (AC) em baldes plásticos de 20 L, a  $12,5 \pm 0,8^\circ\text{C}$ , ventilados com ar umidificado, balanceado com nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e fluxo de  $100 \text{ mL min}^{-1}$ , tendo-se as seguintes concentrações de oxigênio ( $\text{O}_2$ ): 1,0%, 5,0%, 10,0%, 15% e 20% (controle). A testemunha absoluta foi constituída por um grupo de frutos armazenados a mesma temperatura, mas sob condições de atmosfera ambiente na mesma câmara fria. A composição da atmosfera foi controlada diariamente usando-se um cromatógrafo a gás (Finningan, modelo 9001, Finningan Corporation, San Jose, EUA).

Os frutos foram armazenados, nestas condições, por 28 dias e, inicialmente, e a cada 14 dias um grupo era retirado da condição de armazenamento e outro deixado em condição de ambiente ( $25,0 \pm 0,7^\circ\text{C}$  e  $95,4 \pm 4,3\%$  de UR) por até 6 dias, para verificar o efeito da AC sobre o processo de amadurecimento. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial  $6 \times 3$ , ou seja, cinco concentrações de oxigênio (1,0%, 5,0%, 10,0%, 15% e 20%) e a testemunha (sem AC), com os frutos analisados em três datas de amostragem (0, 14 e 28 dias), com três repetições.

### **Atividade respiratória**

Para a determinação da atividade respiratória (produção de  $\text{CO}_2$ ), foi utilizada uma amostra de 0,3 mL que foi injetada em um cromatógrafo a gás (Finningan, modelo 9001, Finningan Corporation, San Jose, EUA) equipado com colunas de aço inox preenchida com Porapak-N e peneira molecular (5A), detectores de condutividade térmica ( $150^\circ\text{C}$ ) e de ionização de chama ( $150^\circ\text{C}$ ), usando nitrogênio com gás de arraste ( $30 \text{ mL min}^{-1}$ ). Os dados foram integrados usando o “software” Borwin (Borwin version 1.20, JMBS Developpements, Le Fontanil, França).

### **Avaliação da qualidade**

Massa fresca. Foi calculada em função da variação da massa de frutos nas diferentes amostragens, através de pesagem em balança semi-analítica com precisão de 0,01 gramas (Marte, modelo AS 2000, São Paulo, Brasil).

Resistência. A resistência da polpa foi determinada com o uso de texturômetro tipo “Effegi Fruit Tester” e ponteira de 8,0 mm de diâmetro, de ponta plana. Foram realizadas duas determinações por fruto em lados opostos na região equatorial, após a retirada da epiderme, sendo os resultados expressos em Newton (N).

Coloração. A coloração da epiderme foi determinada utilizando-se um reflectômetro Minolta (Modelo CR-400, Minolta Corp., Osaka, Japão), que expressa este parâmetro segundo o sistema proposto pela “Commission Internationale de L’Eclairage” (CIE) diretamente em luminosidade ( $L^*$ ), cromaticidade e ângulo Hue. Foram realizadas duas leituras por fruto, em lados opostos da sua região equatorial, sendo utilizados três frutos por repetição.

Físico-químicas e químicas. Após a retirada dos frutos das atmosferas de armazenamento, estes foram homogeneizados e na polpa foi determinado os teores de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT), segundo os métodos preconizados pela A.O.A.C. (1997), proc. 920.151 e 932-12, respectivamente. A polpa das diferentes amostras foi congelada e esta foi armazenada a  $-20^\circ\text{C}$ . Neste material determinou-se os teores de açúcares solúveis totais (AST), pela técnica da antrona (Yemn e Willis, 1954), açúcares redutores (AR) pela técnica do DNS (Miler, 1959). Os teores de pectina total (PT) e solúvel (PS) foram extraídos e dosados pelo método de McCready e McComb (1952). A porcentagem de solubilização das pectinas foi calculada em função da variação entre a pectina total e solúvel nas diferentes amostragens.

### **Análises estatísticas**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 3 e os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) sendo analisados estatisticamente através do sistema computacional SAS (1999) utilizando o procedimento PROC MIXED.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Efeito da atmosfera controlada na atividade respiratória**

O armazenamento sob atmosfera controlada (AC) influenciou significativamente a atividade respiratória dos frutos. As goiabas mantidas sob AC contendo 1,0% de O<sub>2</sub> apresentaram as menores taxas respiratórias ao longo de todo o período experimental (P<0,05), sendo seguida das armazenadas a 5,0%, 10%, 15% e 20% de O<sub>2</sub>, e dos frutos controle (Figura 1). Desde o início do armazenamento os frutos controle apresentaram as maiores taxas respiratórias (P<0,05). Estas aumentaram gradativamente até o décimo sexto dia, quando foi observado um pico respiratório, para depois diminuírem e, em seguida, aumentarem novamente a partir do vigésimo segundo dia em decorrência do surgimento de podridões (Figura 1). Com o controle da atmosfera, além da redução na atividade respiratória, houve um retardamento e até mesmo um bloqueio total do aparecimento do pico respiratório. Este efeito também foi observado em outros frutos, como cherimóia (Palma et al., 1993), maçã (Saquet e Streif, 2002), manga (Bender e Brech, 2000) e goiaba (Bleinroth, 1996).

Apesar de terem apresentado taxas respiratórias iguais aos frutos mantidos sob AC contendo 20% de O<sub>2</sub>, as goiabas armazenadas na atmosfera que continha 15% de O<sub>2</sub> mostraram um pequeno pico respiratório somente no vigésimo dia, ou seja, quatro dias após os controle e os mantidos naquela atmosfera (Figura 1). Já nos frutos armazenados em AC contendo 10%, 5,0% e 1,0% de O<sub>2</sub> houve um bloqueio completo do pico respiratório, com os mantidos a 1,0% de O<sub>2</sub> apresentando, além de tudo, manutenção das taxas respiratórias até o vigésimo oitavo dia, pois não ocorreu o desenvolvimento de podridões observado nos demais tratamentos após o vigésimo segundo dia de armazenamento refrigerado (Figura 1).

Estas diferenças estão relacionadas aos componentes da atmosfera que regulam o processo de amadurecimento. Biale (1964) relatou que a disponibilidade dos gases presentes na atmosfera, neste caso o oxigênio, são determinantes para o completo desenvolvimento deste processo e que as respostas a atmosferas com baixa disponibilidade deste gás não são as mesmas para todos os frutos. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o oxigênio é um substrato da respiração e este modula, direta ou indiretamente, as atividades do sistema respiratório e um grande número de sistemas enzimáticos.

A menor atividade respiratória apresentada pelos frutos armazenados em atmosferas contendo baixos níveis de oxigênio, 1,0% e 5,0%, pode estar relacionada ao seu efeito sobre passos chave de regulação da glicólise e, conseqüentemente, da respiração. Segundo Tucker (1993), as reações mediadas pelas enzimas fosfofrutoquinase e piruvato quinase na conversão da frutose-6-fosfato a frutose-1,6-bisfosfato e fosfoenolpiruvato a piruvato, respectivamente, podem ser reguladas pela disponibilidade deste gás.

Além da glicólise, Kader (1995) relatou que o uso de AC tem efeito sobre o ciclo dos ácidos tricarboxílicos (TCA), ao provocar o acúmulo de succinato, um intermediário desta rota metabólica, devido à inibição da succinato desidrogenase e/ou indução de uma redução parcial do TCA através da carboxilação do fosfoenolpiruvato (PEP) pela PEP carboxilase ou PEP carboxiquinase, produzindo oxaloacetato que é reduzido a malato, fumarato e succinato.

O uso adequado da AC pode também contribuir para a redução na sensibilidade do produto à ação do etileno, principalmente em níveis de O<sub>2</sub> inferiores a 8,0% (Chitarra e Chitarra, 2005). Kader (1995) também relatou que em atmosferas com concentrações menores que 8,0% de O<sub>2</sub> ocorreu redução da produção de etileno, através da inibição da atividade da

ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico (ACC) sintase e da ACC oxidase, ambas enzimas chave para o controle da rota metabólica da síntese deste fitoregulador. Gorny e Kader (1996) relataram que em maçãs sob condições de anaerobiose, a conversão do ACC a C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> pode ser completamente inibida porque o O<sub>2</sub> é o substrato na oxidação do ACC a C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> pela ACC oxidase. Atmosferas com reduzidas concentrações de O<sub>2</sub> podem também inibir a biossíntese de etileno pelo impedimento da ligação do C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> com o receptor responsável por disparar a biossíntese autocatalítica deste fitoregulador (Burg e Burg, 1967).

Deste modo, com a regulação destas rotas metabólicas as goiabas armazenadas nas atmosferas contendo baixas concentrações de oxigênio, 1,0% e 5,0%, exibiram menores atividades respiratórias e também um retardamento do processo de amadurecimento.

### **Efeito da atmosfera controlada na vida de prateleira e qualidade**

As goiabas que foram armazenadas sob AC, independentemente da concentração de oxigênio, apresentaram menor perda de massa fresca ( $P < 0,05$ ) que as mantidas em câmara fria (Tabela 1). Estes frutos apresentaram aumentos significativos de perda de massa fresca (PMF) no decorrer do armazenamento e esta atingiu o valor de 22,78% no vigésimo oitavo dia. Nos demais frutos a PMF foi bem menor e não ultrapassou os 2,51% observados nos frutos mantidos na atmosfera contendo 20% de O<sub>2</sub> ao final do período experimental. A principal razão para estas diferenças se deve ao fato de que os gases eram umidificados antes de entrarem nas câmaras de armazenamento. Por outro lado, como a câmara fria não possuía sistema de umidificação, a umidade relativa observada foi de apenas 66,6+4,9%, isto promoveu, seguramente, a desidratação dos frutos.

A elevada PMF dos frutos controle contribuíram significativamente para a piora da qualidade dos mesmos, pois estes se apresentavam murchos e bastante desidratados ao final dos 28 dias de armazenamento refrigerado, bem como, comprometeram sua aparência (Tabela 1) e influenciaram uma série de outros parâmetros qualitativos. Os frutos armazenados sob AC que continham as menores concentrações de oxigênio, 1,0% e 5,0% de O<sub>2</sub>, receberam sempre as melhores notas, em relação aos que estavam nas atmosferas com 10%, 15% e 20% de O<sub>2</sub>, e os controle.

A PMF foi decisiva para a piora na aparência dos frutos controle (Figura 2), por outro lado, os que foram armazenados sob AC não apresentaram PMF acentuadas, sendo a presença de podridões o fator chave para perda de qualidade. Além da aparência, de maneira geral, com a redução do oxigênio disponível houve uma melhora na qualidade dos frutos, principalmente devido à manutenção da coloração e firmeza (Tabela 1).

Os frutos mantidos em atmosfera contendo 1,0% de O<sub>2</sub> apresentaram menores reduções do ângulo hue ( $P < 0,05$ ) que os armazenados nas demais atmosferas (Tabela 1). Este efeito foi mais evidente do vigésimo oitavo dia de armazenamento, onde pôde ser observado um valor mais alto do ângulo hue à medida que se abaixaram as concentrações de oxigênio. A melhor manutenção da coloração esverdeada, maiores valores do ângulo hue, nos frutos mantidos sob AC contendo 1,0% e 5,0% de oxigênio pode estar relacionada a dois fatores: a redução na sensibilidade à ação do etileno, principalmente em níveis de O<sub>2</sub> inferiores a 8,0% (Chitarra e Chitarra, 2005); e a redução na produção de etileno através da inibição da atividade da ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico (ACC) sintase e da ACC oxidase, também em níveis de O<sub>2</sub> inferiores a 8,0% (Kader, 1995). Isto porque a mudança na coloração da epiderme depende da ação do etileno, uma vez presente, este fitoregulador dispara o gatilho do processo de amadurecimento e, conseqüentemente, a expressão de muitas enzimas envolvidas na quebra da clorofila e na síntese de carotenóides (Will et al., 1998).

No momento da colheita os frutos apresentaram luminosidades ( $L^*$ ) semelhantes, independentemente do tratamento aplicado a estes (Tabela 1). Com a mudança de coloração verde para amarela, observada nas goiabas armazenadas sob AC contendo 20%, 15% e 10%

de O<sub>2</sub>, houve um aumento da L\* da epiderme, ou seja, os frutos tornaram-se mais claros. Entretanto, nos mantidos sob AC com 1,0% de O<sub>2</sub> não foi observado este aumento e houve uma manutenção dos valores de L\* inicialmente observados.

A cromaticidade foi maior nas goiabas armazenadas na câmara fria, frutos controle, e nas mantidas sob AC contendo 20%, 15% e 10% de O<sub>2</sub> (Tabela 1). Por outro lado, os frutos armazenados em atmosferas com concentrações menores de oxigênio, 5,0% e 1,0%, apresentaram os menores valores deste parâmetro.

Durante o armazenamento houve uma redução na resistência dos frutos de todos os tratamentos (Figura 3). Esta reduziu progressivamente e este declínio foi de 7,52; 15,66; 11,80; 5,71; 2,44 e 1,44 vezes para os frutos controle, e os armazenados sob AC contendo 20%, 15%, 10%, 5,0% e 1,0% de O<sub>2</sub>, respectivamente. Segundo Bron et al. (2005) a firmeza das goiabas esta relacionada intimamente com a sua coloração. Ao estudarem as modificações de firmeza de goiabas 'Pedro Sato', estes autores observaram uma relação exponencial com a coloração da epiderme ( $^{\circ}h$ ) e a fluorescência da clorofila, com a fluorescência máxima e  $oh$  apresentando as maiores correlações com este parâmetro. De modo semelhante Azzolini et al. (2004) também relataram altas correlações entre a coloração da epiderme e a firmeza de goiabas 'Pedro Sato'.

Semelhante à mudança de cor, o processo de amaciamento dos frutos é desencadeado pelo etileno (Tucker, 1993; Wills et al., 1998; Chitarra e Chitarra, 2005) e o já descrito efeito das atmosferas contendo baixos níveis de oxigênio (menos que 8,0%) na redução da sensibilidade à ação deste fitoregulador, bem como, da redução da sua produção, através da inibição de enzimas chave de sua rota metabólica, pode ser a resposta para a manutenção da resistência dos frutos mantidos em AC contendo 1,0% e 5,0% de O<sub>2</sub>.

Na atmosfera com concentração mais baixa de oxigênio (1,0%) houve uma redução nos teores de pectina total (PT), apesar do processo de amadurecimento ter sido bastante retardado, ao contrário das demais atmosferas onde ocorreu uma manutenção destes teores (Tabela 2). Durante o armazenamento foi observado aumentos na solubilização das pectinas (Tabela 2), com as goiabas armazenadas sob AC contendo 1,0% de O<sub>2</sub>, e as controle, apresentando os menores teores de pectina solúvel. As demais atmosferas, 5,0%, 10%, 15% e 20% de O<sub>2</sub>, não foram eficientes para impedir a solubilização destes compostos. Além da manutenção dos compostos pécicos, os frutos armazenados sob AC contendo 1,0% de O<sub>2</sub> apresentaram também maiores concentrações de açúcares solúveis totais (AST) e redutores (AR) que os demais tratamentos ao longo de todo o armazenamento (Tabela 2).

Apesar da redução do metabolismo observado nos frutos armazenados na atmosfera com a menor concentração de oxigênio (1,0%), esta pouco influenciou os parâmetros físico-químico (Tabela 3). Os teores de acidez titulável (AT) apresentaram grande variação ao longo do armazenamento com aumentos significativos durante o mesmo (Tabela 2). No décimo quarto dia, os frutos armazenados sob AC com 1,0% de O<sub>2</sub> apresentaram os menores teores de AT em relação aos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ). Todavia, após este período não foi mais observado qualquer diferença significativa entre os frutos armazenados sob as diferentes atmosferas. Os teores de sólidos solúveis (SS) tenderam a diminuir com o armazenamento, sendo que no vigésimo oitavo dia houve uma separação em dois grupos: os frutos controle e os armazenados nas atmosferas contendo 20% e 15% de O<sub>2</sub> que apresentaram os menores teores, e os armazenados nas atmosferas contendo 10%, 5,0% e 1,0%, os maiores (Tabela 2).

## CONCLUSÕES

Goiabas da cultivar Pedro Sato tiveram seu processo de armazenamento retardado ao serem armazenadas sob atmosfera controlada contendo 1,0% e 5,0% de oxigênio durante o armazenamento refrigerado por 28 dias. Estas condições promoveram a redução da taxa

respiratória, manutenção da coloração, firmeza, dos teores de açúcares solúveis e totais, menor solubilização das pectinas, não sendo observado qualquer produção de compostos voláteis desagradáveis. Estas atmosferas possibilitaram ainda a redução na incidência de podridões pós-colheita.

### AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de pós-doutorado (Proc. nº 05/56160-0) e do auxílio à pesquisa (Proc. nº 05/56159-1).

### BIBLIOGRAFÍA

- Akamine, E.K.; Goo, T. 1979. Respiration and ethylene production in fruits of species and cultivars of *Psidium* and *Eugenia*. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 104(5):632-635.
- A.O.A.C. 1997. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Patrícia Cuniff, Arlington. p.37-10, 42-2, 44-3, 45-16.
- Azzolini, M.; Jacomino, A.P.; Bron, I.U. 2004. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 39(2):139-145.
- Bender, R.J.; Brecht, J.K.; Sargent, S.A. 2000. Mango tolerance to reduced oxygen levels in controlled atmosphere storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 125(6):707-713.
- Biale, J. B. 1964. Growth, maturation, and senescence in fruits. *Science*. 146(3646):880-888.
- Bleinroth, E.W. 1996. Colheita e beneficiamento. p.35. In: Neto, Á.G., et al. (eds). *Goiaba para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita*. EMBRAPA-SPI, Brasília
- Bron, I.U.; Ribeiro, R.V.; Azzolini, M.; Machado, E.C.; Jacomino, A.P. 2005. Chlorophyll fluorescence emission and its relation to skin color and firmness during ripening of guava fruit. *Fruit*. 60(1):25-32.
- Broughton, W.J.; Leong, S.F. 1979. Maturation of Malaysian fruits. III. Storage conditions and ripening of guava (*Psidium guajaba* L. var. GU3 and GU4). *Mardi Research Bulletin*. 7:12-26.
- Burg, S.P.; Burg, E.A. 1967. Molecular requirements for the biological activity of ethylene. *Plant Physiology*. 42:144-152.
- Carvalho, V.D. de. 1994. Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. *Informe Agropecuário*. 17(179):48-54.
- Castro, J.V.; Sigrist, J.M.M. 1988. Matéria prima. p.121-140. In: Medina, J.C., et al. (eds.). *Goiaba: cultivo, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos*. ITAL, Campinas.
- Chitarra, M.I.J.F.; Chitarra, A.B. 2005. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Editora UFLA, Lavras.
- Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Chemistry*. 40(5):99-100.
- Kader, A.A. 1995. Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres. *Acta Horticulturae*. 398:59-70.
- Kader, A.A. 2003. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears. *Acta Horticulturae*. 600:737-740.
- McCready, P. M.; McComb, E. A. 1952. Extraction and determination of total pectin materials. *Analytical Chemistry*. 24(12):1586-1588.

- Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Analytical Chemistry*. 31(3):426-428.
- Pal, R.K.; Buescher, R.W. 1993. Respiration and ethylene evolution of certain fruits and vegetables. *Journal of Food Science and Technology*. 30:29-32.
- Palma, T.; Stanley, D.W.; Aguilera, J.M.; Zoffoli, J.P. 1993. Respiratory behavior of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) under controlled atmosphere. *HortScience*. 28(6):647-649.
- Rozane, D.E.; Oliveira, D.A.; Lirio, V.S. 2003. Importância econômica da cultura da goiabeira. p.1-20. In: Rozane, D.E.; Couto, F.A.d'A. (eds.). *Cultura da goiabeira: tecnologia e mercado*. UFV – EJA, Viçosa.
- SAS, Institute Inc. 1999. *SAS User's guide: statistics*, Cary.
- Saquet, A.A.; Streif, J. 2002. Respiração e produção de etileno de maçãs armazenadas em diversas concentrações de oxigênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 8(1):71-75.
- Salunkhe, D.K.; Desai, B.B. 1984. p.39-46. *Postharvest biotechnology of fruits*. CRC Press, Boca Raton.
- Tucker, G.A. 1993. Introduction. p.2-51. In: Seymour, G.B.; Taylor, J.E.; Tucker, G.A. (eds.). *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman e Hall, Cambridge.
- Yemn, E.W.; Willis, A.J. 1954. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal*. 57(2):508-514.
- Wills, R.; McGlasson, B.; Graham, D.; Joyce, D. 1998. *Postharvest: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals*. UNSW Press, Sydney.

## TABELAS

**Tabela 1.** Efeito da atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio na perda de massa fresca, coloração, firmeza e aparência de frutos de goiaba ‘Pedro Sato’ armazenados a 12,5°C por 28 dias.

Efeitos principais	PMF <sup>a</sup> (%)	Coloração			Firmeza (N)	Aparência <sup>e</sup> (5 a 1)
		L* <sup>b</sup>	Croma <sup>c</sup>	°h <sup>d</sup>		
Atmosferas (A)						
Testemunha	11,13 a	54,44 b	32,42 ab	112,62 bc	67,43 dc	3,44 b
20% O <sub>2</sub>	1,24 b	56,83 a	34,06 a	110,34 d	60,97 d	3,33 b
15% O <sub>2</sub>	1,17 b	55,99 ab	32,62 a	111,82 dc	69,84 dc	3,33 b
10% O <sub>2</sub>	0,98 b	55,87 ab	32,48 a	114,03 b	81,73 cb	3,78 b
5,0% O <sub>2</sub>	0,85 b	54,39 b	30,61 bc	116,67 a	93,06 ab	4,89 a
1,0% O <sub>2</sub>	0,62 b	54,14 b	30,57 c	118,37 a	109,48 a	5,00 a
Armazenamento <sup>f</sup> (B)						
0	0,00 c	53,60 c	28,16 c	120,17 a	124,75 a	5,00 a
14	2,63 b	54,89 b	33,27 b	114,79 b	83,90 b	3,83 b
28	5,37 a	57,34 a	34,95 a	106,96 c	32,59 c	3,05 c
Interação						
A x B	**	**	**	**	**	**
CV (%)	43,41	2,37	4,02	1,18	18,18	9,71

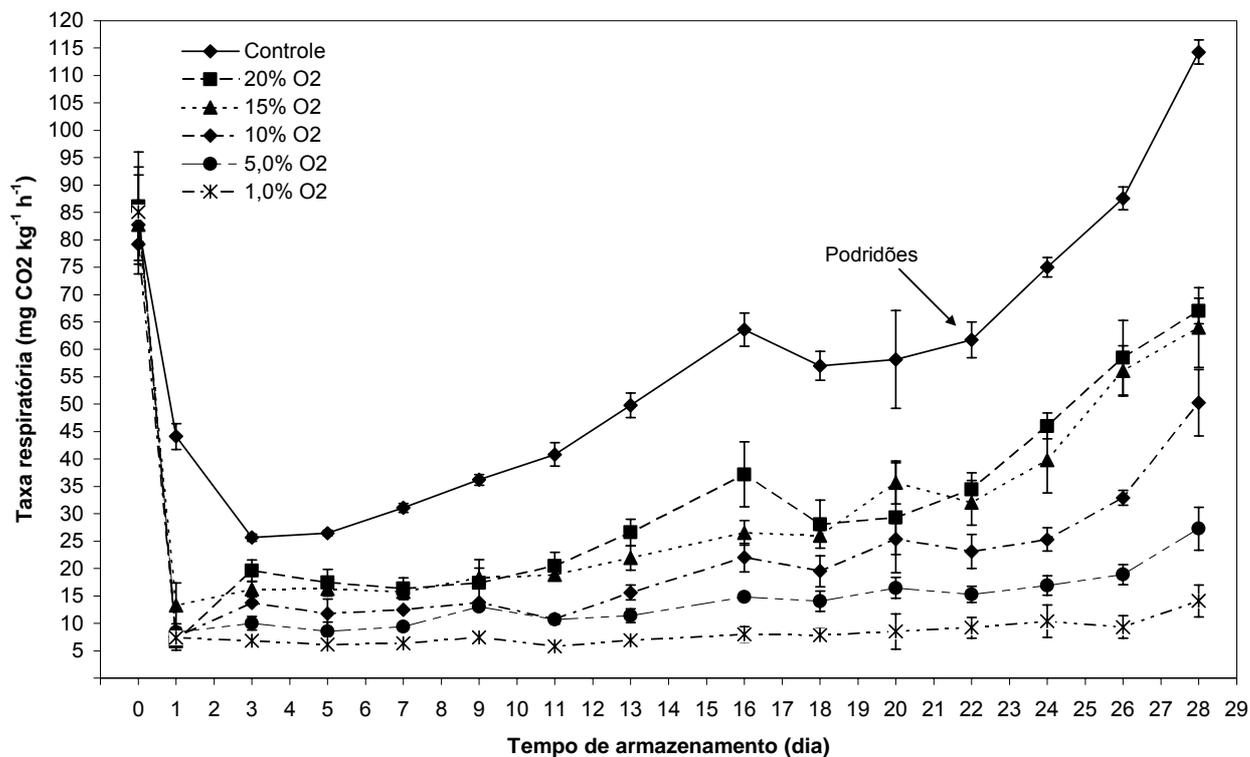
<sup>a</sup> perda de massa fresca acumulada; <sup>b</sup> luminosidade; <sup>c</sup> cromaticidade; <sup>d</sup> ângulo hue; <sup>e</sup> aparência (5, ótimo – 1, péssimo); <sup>f</sup> armazenamento em dias. Médias seguidas da mesma letra dentro de cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). NS, interação não significativa e interação significativa a P = 0,01 (\*\*).

**Tabela 2.** Efeito da atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio nos teores de açúcares solúveis totais e redutores, pectina total e solúvel e sua porcentagem de solubilização na polpa de goiaba ‘Pedro Sato’ armazenados a 12,5°C por 28 dias.

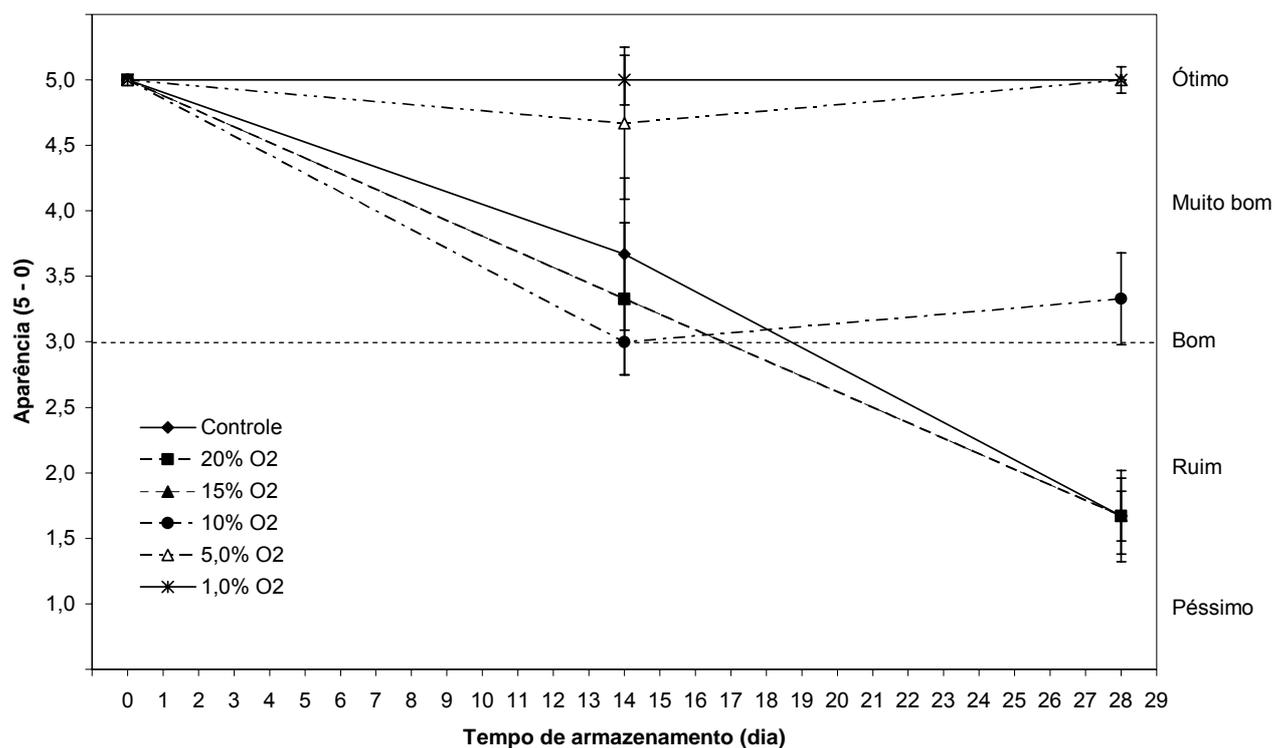
Efeitos principais	AST <sup>a</sup>	AR <sup>b</sup>	PT <sup>c</sup>	PS <sup>d</sup>	AT <sup>a</sup>	SS <sup>b</sup>
	(g 100g <sup>-1</sup> )	(%)				
Atmosferas (A)						
Controle	4,12 c	2,51 b	1,27 a	0,26 ab	0,54 a	8,69 c
20% O <sub>2</sub>	4,01 c	2,41 b	1,26 ab	0,30 a	0,49 b	9,03 abc
15% O <sub>2</sub>	4,01 c	2,44 b	1,24 ab	0,29 a	0,49 b	8,84 bc
10% O <sub>2</sub>	4,22 bc	2,54 b	1,27 a	0,27 a	0,49 b	9,11 abc
5,0% O <sub>2</sub>	4,47 ab	2,58 b	1,25 ab	0,27 a	0,49 b	9,34 ab
1,0% O <sub>2</sub>	4,67 a	2,82 a	1,18 b	0,21 b	0,46 b	9,43 a

Armazenamento <sup>f</sup> (B)						
0	4,85 a	2,83 a	1,27 a	0,09 c	0,46 b	9,87 a
14	4,59 b	2,69 b	1,26 a	0,33 b	0,51 a	9,08 b
28	3,31 c	2,13 c	1,20 b	0,39 a	0,52 a	8,26 c
Interação						
A x B	**	**	**	**	**	**
CV (%)	4,32	5,88	4,41	13,77	5,56	4,53

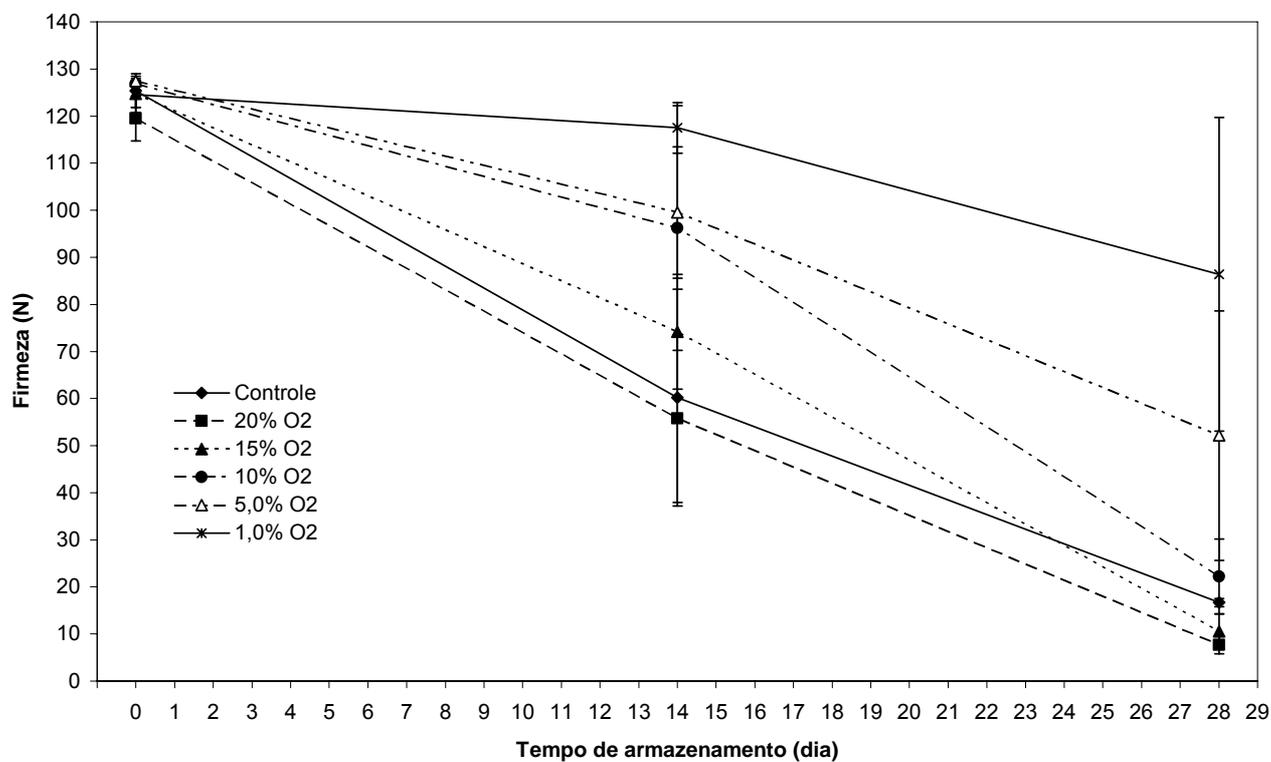
<sup>a</sup> açúcares solúveis totais; <sup>b</sup> açúcares redutores; <sup>c</sup> pectina total; <sup>d</sup> pectina solúvel; <sup>e</sup> solubilização da pectina (% = PS x 100/PT); <sup>f</sup> armazenamento em dias. Médias seguidas da mesma letra dentro de cada coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). NS, interação não significativa e interação significativa a P = 0,01 (\*\*).

**Figuras**

**Figura 1.** Efeito da atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio na taxa respiratória de frutos de goiaba 'Pedro Sato' armazenados a 12,5°C por 28 dias. As barras verticais indicam os desvios padrões de três repetições.



**Figura 2.** Efeito da atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio na aparência de frutos de goiaba 'Pedro Sato' armazenados a 12,5°C por 28 dias.



**Figura 3.** Efeito da atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio na firmeza de frutos de goiaba 'Pedro Sato' armazenados a 12,5°C por 28 dias.