

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA**

**IGOR GALVÃO SILVA**

**Qualidade pós-colheita de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.)  
McVaugh) em diferentes estádios de maturação,  
submetidos à radiação gama e refrigeração**

**Piracicaba**

**2013**



**IGOR GALVÃO SILVA**

**Qualidade pós-colheita de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.)  
McVaugh) em diferentes estádios de maturação,  
submetidos à radiação gama e refrigeração**

**Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011**

**Dissertação apresentada ao Centro de Energia  
Nuclear na Agricultura da Universidade de São  
Paulo para obtenção do título de Mestre em  
Ciências**

**Área de Concentração: Energia Nuclear na  
Agricultura e no Ambiente**

**Orientadora: Profa. Dra. Marta Helena Fillet  
Spoto**

**Piracicaba**

**2013**

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP**

Silva, Igor Galvão

Qualidade pós-colheita de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) em diferentes estádios de maturação, submetidos à radiação gama e refrigeração / Igor Galvão Silva; orientadora Marta Helena Fillet Spoto. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.

100 f.: il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Antioxidantes 2. Conservação de alimentos pelo frio 3. Frutas tropicais – Amazônia 4. Irradiação de alimentos 5. Maturação vegetal 6. Vida-de-prateleira

I. Título

CDU 634.42 : (664.8.037.1 + 664.8.039.5)

*DEDICATÓRIA*

Dedico de todo o meu coração esta importante conquista aos meus pais, Fernandes Antônio Silva e Luzia Santos Galvão Silva, pelo amor, carinho, dedicação e sabedoria com que me educaram sem os quais nada seria possível. Dedico igualmente às minhas irmãs, Bárbara Silva Galvão e Maíra Silva Galvão e minha sobrinha Estela Galvão Guedes.



## AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa teve apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, processo com número 2012/07934-6.

À Profa. Dra. Marta Helena Fillet Spoto, meu especial agradecimento por ter aceitado ser minha orientadora, incentivos, por todos os conselhos acadêmicos, amizade e por todo o suporte para a realização deste trabalho.

À Profa. Rosalinda Arévalo Pinedo por todo seu apoio, palavras amigas e conselhos acadêmicos e pessoais para a conclusão deste projeto.

Ao Grupo de Extensão em Frutas e Hortaliças – GEFH, aos estagiários Anaile, Ana Caroline, Marta, Talita, Renata, Fernanda e Willian. Aos pós-graduandos Ana Carolina, Vanessa, Paula e em especial à Jacqueline, por toda contribuição direta ou indireta ao trabalho.

Ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, ESALQ/USP.

Ao Laboratório de Frutas e Hortaliças, onde foram realizadas todas as análises.

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, em especial aos funcionários da seção de Pós-Graduação Neuda, Fábio, Sônia e Daiane Vieira.

À Marília Henyei, chefe de Seção Técnica de Biblioteca, por toda atenção e suporte.

À Adna Prado, do Laboratório de Bioquímica por toda atenção, sugestões e esclarecimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos (mestrado), a qual contribuiu de forma significativa para realização deste trabalho.

À Companhia Brasileira de Esterilização / Empresa Brasileira de Radiações (CBE Embrarad), em nome de Marcelli Fontana pela atenção e irradiação dos frutos.

Ao produtor de camu-camu Francisco Koga, por toda atenção na colheita e por acreditar no projeto.

Aos meus amigos, Nilton Fioque, Jennifer Duarte, Rodrigo Bombach, Lívia Lima, Rejane Barbosa, Rosi Mello e Juliana Alves que me ajudaram a suportar a saudade de amigos e família.

MEU MUITO OBRIGADO!



*“Desejo que você*

*Não tenha medo da vida, tenha medo de não vivê-la.*

*Não há céu sem tempestades, nem caminhos sem acidentes.*

*Só é digno do pódio quem usa as derrotas para alcançá-lo.*

*Só é digno da sabedoria quem usa as lágrimas para irrigá-la.*

*Os frágeis usam a força; os fortes, a inteligência.*

*Seja um sonhador, mas una seus sonhos com disciplina,*

*Pois sonhos sem disciplina produzem pessoas frustradas.*

*Seja um debatedor de idéias. Lute pelo que você ama”.*

*Augusto Cury*



## RESUMO

SILVA, I. G. **Qualidade pós-colheita de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) em diferentes estádios de maturação, submetidos à radiação gama e refrigeração.** 2013. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

Objetivou-se realizar a caracterização física, química e funcional do fruto de camu-camu classificados nos estádios 2 (verde-avermelhado) e 4 (roxo), utilizando-se distintas doses de radiação gama (0; 0,5; 1 kGy) e acompanhar a atividade respiratória dos frutos, monitorados por um período de 25 dias em dois níveis de temperatura (5 e 25 °C). Os frutos foram avaliados quanto à cor instrumental da casca, firmeza, sólidos solúveis, acidez, *ratio*, pH, antocianinas, compostos fenólicos, atividade antioxidante, atividade respiratória e teor de ácido ascórbico. A irradiação com dose de 0,5 kGy teve influência positiva nos frutos no estádio 2 armazenados em temperatura ambiente, prolongando seu tempo de vida útil em dois dias, totalizando 9 dias. Os frutos tratados com 1 kGy tiveram seu tempo de vida útil reduzido em 6 dias. Em relação à firmeza, o ponto de maturação teve grande influência nas respostas; comportamento semelhante aconteceu com as antocianinas, onde os frutos no estádio 4 tiveram valores até 10 vezes superiores aos frutos verde-avermelhado (estádio 2), mas, de forma geral, as antocianinas se mantiveram estáveis em relação às doses testadas e ao tempo de armazenamento. A dose de 1 kGy influenciou nos compostos antioxidantes dos frutos refrigerados, diminuindo 83,4 e 67,46% do teor para os frutos nos estádios 2 e 4, respectivamente. O ácido ascórbico no camu-camu se mostrou altamente estável, mesmo quando o fruto já estava impróprio para o consumo, apresentando valores acima de 1000 mg de ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup> de fruto. Exceção foi para os frutos refrigerados tratados com 1 kGy, que apresentaram valores de 263,67 mg 100 g<sup>-1</sup> para os frutos no estádio 2 e 626,1 mg 100 g<sup>-1</sup> para os frutos no estádio 4. De forma geral, a refrigeração teve maior influência na conservação do camu-camu, aumentando em média 18 dias o seu armazenamento, a radiação gama nas doses estudadas não se mostrou um tratamento vantajoso para aumentar a vida útil do camu-camu refrigerado. O fruto do camu-camu apresentou baixos valores de *ratio* (índice de palatabilidade), o que faz do fruto não palatável para o consumo *in natura*, elevados teores de antocianinas, compostos fenólicos, atividade antioxidante e ácido ascórbico.

**Palavras-chave:** Cobalto-60. Myrtaceae. Ácido ascórbico. Antioxidantes. Antocianinas. Amazônia.



## ABSTRACT

SILVA, I. G. **Postharvest quality of camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) at different stages of maturation, submitted to gamma radiation and cooling.** 2013. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

The objective of this work was to characterize physical, chemical and functional of the camu-camu fruit in its 2 stage (green- reddish) and 4 (purple), using different doses of gamma radiation (0, 0.5, 1 kGy) and to keep up with the respiratory activity over a period of 25 days in two temperature levels (5 and 25 °C). The fruits were evaluated when the instrumental color of skin, firmness, soluble solids, acidity, ratio, pH, anthocyanins, phenolic compounds, antioxidant, respiratory activity and ascorbic acid content. Irradiation with 0,5 kGy had a positive influence on the 2 stage fruits stored at room temperature, extending its lifetime two days, totaling nine days. The fruit treated with 1 kGy had its lifetime reduced by 6 days. About the firmness, the maturation point had great influence on the answers; responses similar happened with anthocyanins, where the purple fruits had values up to 10 times higher than the green-reddish fruits, but, in general, anthocyanins were stable in relation to the doses tested and the storage time. There was a decrease of antioxidants in 83,4 and 67,46% for 2 and 4stages fruits, respectively. Ascorbic acid in camu-camu was highly stable even when the fruit was already unfit for consumption, with values above 1000 mg ascorbic acid 100 g<sup>-1</sup> fruit. There was an exception with the refrigerated fruits treated with 1 kGy, which showed values of 263,67 mg 100 g<sup>-1</sup> for the 4 stage fruits and 626.1 mg 100 g<sup>-1</sup> for the 2 stage fruits. In general, the cooling had a greater influence on the conservation of camu-camu, increasing on average 18 days your storage, the gamma radiation doses studied did not prove advantageous treatment to extend the lifetime of the camu-camu in refrigeration. The camu-camu fruit showed low values of ratio (index of palatability), which makes the fruit unsuitable for fresh consumption, high levels of anthocyanins, phenolic compounds, antioxidant activity and ascorbic acid.

**Keywords:** Cobalt-60. Myrtaceae. Ascorbic acid. Antioxidants. Anthocyanin. Amazon.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>19</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Camu-camu .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Antioxidantes .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.1 Compostos bioativos .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.1.1 Compostos fenólicos .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.1.2 Ácido ascórbico .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3 Irradiação de alimentos .....</b>	<b>30</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1 Matéria-prima.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2 Irradiação e armazenamento.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3 Delineamento experimental .....</b>	<b>40</b>
<b>3.3.1 Codificação dos tratamentos .....</b>	<b>40</b>
<b>3.4 Caracterização física, química e atividade respiratória .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4.1 Despulpamento.....</b>	<b>41</b>
<b>3.4.2 Perda de massa .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4.3 Cor instrumental refletida da casca.....</b>	<b>41</b>
<b>3.4.4 Firmeza .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4.5 Teor de sólidos solúveis (SS) .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4.6 Acidez titulável (AT) .....</b>	<b>42</b>
<b>3.4.7 Ratio (SS AT<sup>-1</sup>).....</b>	<b>42</b>
<b>3.4.8 pH.....</b>	<b>42</b>
<b>3.4.10 Preparo dos extratos alcoólicos .....</b>	<b>42</b>
<b>3.4.10.1 Antocianinas.....</b>	<b>42</b>
<b>3.4.10.2 Compostos fenólicos .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.10.3 Antioxidantes totais .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.11 Avaliação da atividade respiratória.....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.9 Ácido ascórbico.....</b>	<b>44</b>
<b>3.5 Análise estatística.....</b>	<b>44</b>
<b>3.6 Análise de resíduos .....</b>	<b>44</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>91</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A Amazônia apresenta um dos maiores índices de biodiversidade do mundo, no qual estão incluídas espécies vegetais com grande potencial econômico e que ainda permanecem pouco exploradas. Existe um crescente interesse por parte da comunidade científica e da população em geral pelos frutos nativos da Amazônia, seja pela qualidade sensorial ou composição nutricional. Entre esses frutos encontra-se o camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh), nativo das várzeas e lagos da Amazônia, espécie pertencente à família *Myrtaceae*, que dependendo da região pode ser conhecido como caçari, araçá d'água, ou sarão (RIBEIRO et al., 2002).

O fruto vem ganhando reconhecimento nacional e internacional, se posicionando na preferência dos consumidores de frutas tropicais, especialmente pela sua composição nutricional. Por ser pouco conhecido, ainda é uma espécie em domesticação, mas possui grande potencial para fruticultura, pois apresenta boas características agrônomicas, tecnológicas e nutricionais; capaz de colocá-lo no mesmo nível de importância econômica de outras frutas tradicionais da região amazônica como o açaí e o cupuaçu (INPA, 2011; RODRIGUES et al., 2006).

O Brasil é um dos maiores produtores de frutas do mundo, se situando em terceiro lugar em termos de produção mundial, com 42,6 milhões de toneladas produzidas em 2,2 milhões de hectares distribuídos no país (BRAZILIAN FRUIT, 2013), mas possui perdas significativas causadas por alterações na cor, aroma, textura e valor nutritivo, as perdas de frutos no país ultrapassam 30% da produção (GLOBO RURAL, 2013).

Com a comercialização do camu-camu *in natura*, a dificuldade se repete, pois o fruto possui um reduzido tempo de vida útil, devido à sua alta sensibilidade, com danos nos tecidos e na casca durante o manuseio e transporte. Isso leva à perda de peso devido ao ressecamento, aumento da taxa respiratória e da atividade metabólica, em consequência, algumas manifestações visuais de deterioração surgem após curto período de vida útil (5-6 dias) tais como a descoloração, perda de aroma, amolecimento da polpa e presença de fungos (ARÉVALO, 2005a).

Neste contexto, a irradiação sendo um tratamento fitossanitário, surge como alternativa para prolongar a vida útil dos frutos. É utilizada principalmente para retardar o amadurecimento e decomposição, mas com o objetivo de manter as características físicas, químicas e nutricionais, induzindo a pequenas alterações fisiológicas. A irradiação mesmo em baixas doses com tratamento combinado de refrigeração, retarda o amadurecimento, brotação,

e promove a desinfecção das frutas e desinfestação de parasitas e pragas. Isto não altera o sabor ou textura das frutas, permitindo que sejam transportadas a grandes distâncias (CGEE, 2010). Com a instrução normativa nº 09/2011 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2011), que regulamenta a utilização da radiação ionizante como tratamento fitossanitário, várias portas devem ser abertas para pesquisas de pós-colheita de frutos, até então entravadas pela falta de uma legislação pertinente, incentivo e divulgação do método.

A falta de informações técnicas sobre o comportamento das frutas diante de diferentes métodos de conservação é uma das grandes dificuldades em se atingir os rigorosos padrões de qualidade e identidade exigidos no mercado nacional e, principalmente, no internacional; o que torna de suma importância o conhecimento das características individuais de cada fruta, uma vez que atualmente muitas etapas do processamento são desenvolvidas através de adaptações às estruturas já existentes e, por terem propriedades diferentes e particulares, os resultados não atingem o mesmo nível de eficiência.

O camu-camu, por ser um fruto sazonal, possui caracterização de fundamental importância, cujas informações referentes às características físicas, químicas e nutricionais (antioxidantes totais, compostos fenólicos, antocianinas, ácido ascórbico) em diferentes estádios de desenvolvimento, ligadas às técnicas de conservação como a irradiação e refrigeração, são fatores consideráveis para conseguir aumentar o tempo de vida útil do fruto.

Sendo assim, o conhecimento de fatores pós-colheita tem grande importância para a ampliação do tempo de armazenamento e comercialização interna e externa do fruto natural. Visando, desta forma, contribuir para o aumento do padrão de qualidade, redução de custos, valorização da espécie e alavancar a economia de propriedades produtoras no estado de São Paulo (Vale da Ribeira, Mirandópolis e Cajati) e em regiões ribeirinhas da Amazônia, que são regiões de grande produção natural e doméstica do fruto de camu-camu, de tal forma que a comercialização seja mais acessível a toda a população.

## 1.1 Objetivos

- Caracterização física, química e nutricional (antioxidantes totais, compostos fenólicos, antocianinas e ácido ascórbico) do fruto de camu-camu nos estádios 2 (verde-avermelhado) e 4 (roxo).
- Estudar as doses de radiação gama ( $^{60}\text{Co}$ ) de 0; 0,5 e 1 kGy como método de conservação para aumentar o tempo de vida útil do camu-camu nos estádios 2 e 4.
- Monitorar fatores de qualidade do fruto refrigerado (5 °C) e armazenado à temperatura ambiente (25 °C) por um período de 25 dias.
- Acompanhamento da atividade respiratória do fruto não irradiado e irradiado em dois níveis de temperatura, 5 °C e 25 °C.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Camu-camu

A família dos frutos mirtáceos possui um significativo uso histórico na medicina tradicional em todo o mundo tropical e subtropical, principalmente relacionados ao poder antioxidante, por serem fontes de substâncias bioativas (CHIRINOS et al., 2010). O camu-camu é botanicamente classificado como uma planta do tipo Fanerógama; subtipo Angiosperma; classe Dicotiledônea; ordem Myrtales; família Myrtaceae; gênero *Myrciaria* e espécie *Myrciaria dubia* (H. B. K.) McVaugh (RIBEIRO et al., 2002).

O camu-camu (*M. dubia*), também conhecido como caçari, ou araçá-d'água, possui o mais elevado teor de ácido ascórbico encontrado em um fruto conhecido, é rico em compostos bioativos e ainda apresenta carotenoides em sua composição. O fruto é globoso de superfície lisa e brilhante, de cor vermelho-escura até negra-púrpura ao amadurecer; alcançando 2-4 cm de diâmetro; massa média 8,4 g, contendo 1 a 4 sementes, sendo mais comum de 2 a 3 (Figura 1). As sementes são reniformes, planas, com 8,0 a 11,0 mm de comprimento e 5,5 a 11,0 mm de largura, planas, cobertas por uma lanugem branca rala, de menos de 1 mm de comprimento; tem 0,75 g de massa aproximadamente (SUQUINO et al., 2001; SILVA; ANDRADE, 1997). Bauer (2000) definiu camu-camu como uma fruta que parece uma cereja, tendo casca vermelha e polpa castanho-amarelada; odor doce, com notas de ameixa, damasco e pêsego; sabor com uma nota inicial muito forte de noz-moscada, cereja, e ameixa, sendo adequado para misturas em sorvetes, sucos e sobremesas.



Figura 1 - Camu-camu (*M. dubia*) Fonte: Arquivo pessoal do autor

O camu-camu é uma planta perene, nativa das várzeas amazônicas, que cresce de forma espontânea nas margens de rios e lagoas de águas escuras e com excelentes opções agrícolas, visto sua extraordinária adaptabilidade às características edafoclimáticas (YUYAMA et al., 2003). Assim, a *M. dubia* fora de seu *habitat* natural demonstra ter boa adaptabilidade à terra firme, solos adubados e com boa drenagem, cuja adaptação está obtendo êxito no Estado de São Paulo, nas regiões de Registro, Cajati, Iguape e Mirandópolis (ARÉVALO; KIECKBUSCH, 2005b; ZANATTA; MERCADANTE, 2007).

Em relação à produção de frutos, no estado silvestre, o camu-camu frutifica quando os rios começam a inundar e tem apenas uma safra, nos meses de dezembro a março (PETERS; VASQUEZ, 1986-1987). Quando cultivado em terra firme, como acontece no estado de São Paulo, a frutificação acontece nos meses de abril, maio e uma safra secundária nos meses de setembro e outubro (ARÉVALO, 2002).

A colheita do camu-camu é feita manualmente, tendo-se o máximo cuidado para não danificar o fruto. Pomares implantados em condições de terra firme iniciam a produção dois anos e meio após o plantio. Os frutos estão aptos a serem colhidos no estágio verde-avermelhado, isto é, apresentando coloração verde com pintas arroxeadas. Nesta fase os frutos contêm maior concentração de vitamina C, além de ser o estágio mais conveniente para o aproveitamento industrial, pelo fato de apresentarem consistência, tornando mais fácil a embalagem e o transporte em longas distâncias. Frutos muito maduros e amassados tendem a se deteriorar mais rapidamente, devendo ser consumidos de imediato, nas formas de suco ou *in natura* (RIBEIRO et al., 2002).

Suquino et al. (2001), constataram alta produção de frutos maduros nas plantas com caules de mais de 12 cm de diâmetro, com 3.693 frutos por planta, variando entre 3.201 e 4.185 frutos, correspondendo a 26,5 e 34,7 kg de fruto por planta, respectivamente. Os frutos apresentam elevado teor de ácido ascórbico (em torno de 2.894 mg 100 g<sup>-1</sup> de polpa), que supera frutas tradicionais como a acerola em 1,5 vez (1.790 mg 100 g<sup>-1</sup> de polpa); ao caju em 13 vezes (219,7 mg 100 g<sup>-1</sup> de polpa) e ao limão, em 65 vezes (44,20 mg 100 g<sup>-1</sup> de polpa) (RIBEIRO et al., 2000).

Apesar da descoberta e da divulgação da alta concentração de ácido ascórbico no camu-camu e da sua adaptabilidade em terra-firme, este fruto continua não fazendo parte do hábito alimentar da população da Amazônia. Continua desconhecido da grande população em São Paulo e com baixa demanda pelas agroindústrias (MAEDA et al., 2006).

O teor de ácido ascórbico e de outras características de qualidade atribuídas ao camu-camu, tais como características físicas (coloração, peso, firmeza e tamanho dos frutos) e químicas (compostos fenólicos, antioxidantes, antocianinas), além de serem afetados pela desuniformidade genética das plantas, sofrem influência de vários outros fatores como precipitações pluviais, temperatura, irradiação solar, altitude, adubação, irrigação e a ocorrência de pragas e doenças (NOGUEIRA et al., 2001).

O camu-camu tem em sua composição centesimal por 100 gramas de polpa: 93% de água; 24 calorias; 0,5 g proteínas; 5 g carboidratos; 0,4 g fibras; 0,2 g cinzas (SUQUINO et al., 2001). A composição química da polpa de camu-camu, apresentada na Tabela 1, corresponde a frutos cultivados em terra firme e comercializados pela Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP).

Tabela 1 - Composição da polpa de camu-camu

Características	Valor	Macro e micro nutrientes	Conteúdo (mg 100 g <sup>-1</sup> )
Ácido ascórbico	2635,9 mg 100 g <sup>-1</sup>	K	111,9
Acidez titulável (AT)	2,74%	Ca	5,26
pH	2,72	P	7,5
Sólidos solúveis (SS)	6,90 °Brix	Mg	4,92
Relação (SS) /AT	2,52	Mn	0,317
Umidade	92,4%		
Antocianinas	50 mg 100 g <sup>-1</sup>		

Fonte: (ARÉVALO, 2007).

A grande dificuldade de comercialização do camu-camu *in natura* é o seu reduzido tempo de vida útil, devido principalmente aos danos aos tecidos e à casca durante o manuseio e transporte, levando à perda de peso devido ao ressecamento, aumento da taxa respiratória e da atividade metabólica. Em consequência, algumas manifestações visuais de perecibilidade surgem após curto período de vida útil (3-4 dias pós-colheita), tais como descoloração, perda de aroma, amolecimento da polpa, escurecimento da fruta e presença de fungos, causando desinteresse do consumidor (ARÉVALO; KIECKBUSCH, 2005a, 2005b). Em frutos conservados sob refrigeração, Arévalo e Kieckbusch (2005a) observaram sintomas de degradação, sobretudo odor de fermentação após 40 dias. Entretanto, a degradação do ácido ascórbico se instala muito antes da rejeição pela aparência da fruta.

As frutas, principalmente as que apresentam a coloração vermelha/azul, são as mais importantes fontes de compostos fenólicos em dietas alimentares. Muitos destes compostos apresentam uma gama de efeitos biológicos, incluindo ações antioxidantes, antimicrobiana, anti-inflamatória e vasodilatadora. A cor vermelho-púrpura do camu-camu é devido à presença de antocianinas; por ser um fruto decíduo, as antocianinas estão concentradas no pericarpo (casca) e são transferidas à polpa durante o despulpamento, gerando um produto de coloração muito atraente. Autores destacam a incorporação da casca à polpa, pois a mesma apresenta maior concentração de ácido ascórbico, pigmentos, compostos fenólicos e fornece um aumento de 30% nos rendimentos (MAEDA; ANDRADE, 2003).

O fruto surge como um ingrediente natural funcional promissor e, visto que seu consumo natural é restrito devido à sua elevada acidez e amargor da casca, os frutos são tradicionalmente empregados na fabricação de sucos, sorvetes, bebidas e geleias (INPA, 2011; RODRIGUES et al., 2006). Por apresentar boas características agronômicas, tecnológicas e nutricionais, mostra-se com grande potencial socioeconômico capaz de colocá-lo no mesmo nível de importância de outras frutas tradicionais da região amazônica, como o açaí e o cupuaçu.

Existem diversos estudos ligados à caracterização do camu-camu, que, por ser um fruto sensível e de difícil acesso à grande maioria, está relacionado à polpa do fruto maduro e seus derivados. Maeda et al. (2006), estudaram a estabilidade do ácido ascórbico e de antocianinas em néctar de camu-camu; os frutos foram provenientes do município de Rio Preto da Eva, Amazonas, onde foram despulpados e a polpa avaliada quanto às características de umidade, sólidos solúveis, pH, ácido ascórbico e antocianinas. O armazenamento do néctar em temperatura ambiente apresentou efeito negativo sobre a concentração de ácido ascórbico e pigmentos do tipo antocianinas. No entanto, quando o néctar foi armazenado sob refrigeração, o ácido ascórbico e as antocianinas apresentaram boa estabilidade.

Já Neves et al. (2012) estudaram a caracterização química e a capacidade antioxidante da casca, da polpa e casca-polpa de camu-camu proveniente do município de Boa Vista, Roraima. Os autores também analisaram outros frutos nativos como o açaí, araçá-boi, cajá, caju, inajá, murici e uxi, o fruto com os melhores resultados no contexto de alimentos funcionais, principalmente em relação ao conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante, foi o camu-camu.

Moraes-de-Souza (2011) estudou a estabilidade da polpa de camu-camu submetida aos processos de congelamento, pasteurização, alta pressão hidrostática e liofilização, em frutos provenientes de Mirandópolis, estado de São Paulo. O índice de pH, e os teores de sólidos

solúveis e de acidez titulável de cada uma das polpas não demonstraram efeito dos tratamentos sobre cada um destes parâmetros de identidade e qualidade. Houve estabilidade durante o armazenamento.

Alves et al. (2002) analisaram os frutos provenientes de Belém, estado do Pará quanto a dois estádios de maturação, sendo a cor da casca o critério de separação, entre os frutos verde-avermelhados e roxos. Os autores não encontraram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para as análises de pH, sólidos solúveis e *ratio*. Já a acidez titulável e o teor de ácido ascórbico diferiram nos dois estádios de maturação.

Andrade et al. (1995) avaliaram os frutos de camu-camu provenientes da Amazônia colhidos aos 56, 71, 85, 95, 104 e 113 dias após a antese e avaliados quanto à umidade, rendimento em polpa e vitamina C. Os autores notaram que a taxa de ganho de peso podia ser dividida em três etapas, onde a primeira e a última eram mais lentas, e a segunda bastante acelerada, caracterizada entre os 71 e 85 dias após a antese. Os autores avaliaram o endocarpo, pericarpo e o fruto em diferentes pontos de desenvolvimento após a antese, onde todos os valores aumentaram com o tempo, sendo as maiores médias encontradas no 113º dia.

## 2.2 Antioxidantes

A perda de elétrons a partir de uma substância é chamada de oxidação, a adição de elétrons a outra substância é chamada de redução. Mas nem todas as reações de oxidação-redução (reações redox) envolvem a completa transferência de elétrons de uma substância a outra, gerando compostos reativos. Existe ao ser humano a constante necessidade de oxigênio para converter os nutrientes absorvidos dos alimentos em energia, entretanto, essa conversão tem seu preço. Quando ocorre a reação redox, o oxigênio se oxida doando parte de elétrons, ficando altamente reativo. No entanto, o oxigênio oxidado, ou subprodutos destes, desempenham um papel importante na degradação do nosso corpo, o que reflete em nosso envelhecimento. Esse oxigênio é conhecido internacionalmente como “*Reactive Oxygen Species*” ou ROS, no qual o termo usado para descrever o grau de dano oxidativo em uma célula, tecido ou órgão causados por ROS é conhecido como stress oxidativo (BLOMHOFF, 2010; LAIDLER et al., 2003).

O estresse oxidativo é uma reação química induzida pela presença em nosso corpo de quantidades anormais de ROS. Esta condição de desequilíbrio pode ser consequência do aumento da produção de ROS ou de uma diminuição da eficiência dos sistemas de defesa

antioxidantes. O dano oxidativo pode afetar uma molécula específica ou o organismo inteiro (BLOMHOFF, 2010).

Existem diversas formas de geração do ROS; podem ser gerados por fatores endógenos como subprodutos de reações metabólicas normais e essenciais, como a geração de energias por parte de mitocôndrias ou reações de desintoxicação, ou por fontes exógenas que incluem a exposição à fumaça de cigarro, poluentes ambientais, tais como os emitidos por automóveis e indústrias, o consumo de álcool em excesso, exposição ao amianto, à radiação, infecções bacterianas, fúngicas ou virais (BLOMHOFF, 2005; McCORD, 2000).

Em caso de desequilíbrio favorecendo a produção de ROS, o organismo possui um eficiente e complexo sistema de defesa, que pode ser dividido em enzimático e não enzimático. No último caso é constituído por grande variedade de compostos antioxidantes, que podem ter origem endógena ou dietética. Esse sistema inclui uma série de compostos bioativos, vitaminas, microminerais, proteínas de ligação do metal, compostos polifenólicos. Os antioxidantes são definidos como qualquer substância que, presente em menores concentrações que as do substrato oxidável, seja capaz de atrasar ou inibir a oxidação deste de maneira eficaz. Tais substâncias podem agir diretamente, neutralizando a ação dos radicais livres e espécies não radicais, ou indiretamente, participando dos sistemas enzimáticos com tal capacidade (BLOMHOFF, 2010; HALLIWELL; WHITEMAN, 2004).

### **2.2.1 Compostos bioativos**

Compostos bioativos estão presentes na dieta habitual do ser humano, principalmente no consumo de frutas e hortaliças. Também conhecidos como fitoquímicos, são constituintes extra-nutricionais que vem despertando crescente interesse na comunidade científica. Há evidências de que eles apresentam papéis na redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis, como o câncer e as doenças cardiovasculares, distúrbios metabólicos, doenças neurodegenerativas e enfermidades inflamatórias, por exercerem uma potente atividade biológica, como atividade antioxidante, modulação de enzimas de destoxificação, estimulante do sistema imune, redução da agregação plaquetária, redução da pressão sanguínea e atividade antibacteriana e antiviral (KUSKOSKI, 2005; SOUSA et al., 2007).

### 2.2.1.1 Compostos fenólicos

O termo polifenóis ou compostos fenólicos refere-se a um amplo e numeroso grupo de moléculas encontradas principalmente em frutas e hortaliças. Muito do sabor, odor e coloração de diversos vegetais que apreciamos são gerados por eles, como no caso da canela com o aldeído cinâmico (*Cinnamomum zeyllanicum*) e a vanilina da baunilha (*Vanilla planifolia*), empregados na indústria de alimentos (PERES, 2011).

As plantas têm excelentes propriedades antioxidantes e seus efeitos são principalmente atribuídos aos compostos fenólicos, que constituem um dos principais grupos de metabólitos secundários com uma gama de diferentes estruturas e funções. São classificados em quatro famílias: flavonóides, ácidos fenólicos, lignanas e estilbenos, com base em sua estrutura química, onde existe pelo menos um anel aromático no qual ao menos um hidrogênio é substituído por um grupamento e na maneira que os anéis polifenólicos ligam-se (SHUI; LEONG, 2004).

A maioria dos compostos fenólicos tem propriedades antioxidantes e são os mais abundantes em nossa dieta. O consumo estimado é em torno de 1000 mg dia<sup>-1</sup>, no qual o ácido fenólico representa um terço do total de ingestão e os flavonóides a maior parte do restante, o que é significativo em comparação com o consumo diário estimado de fitonutrientes, tais como carotenóides, vitamina E, e vitamina C (estimados em 5, 12 e 90 mg dia<sup>-1</sup>, respectivamente) (WILLIAMSON; MANACH, 2005).

As antocianinas são pigmentos da classe dos flavonóides, responsáveis pelas cores: azul, violeta, vermelho e rosa de flores e frutas. São as mais importantes fontes de compostos fenólicos em dietas alimentares. Elas contêm, sobretudo, os derivados do ácido hidrobenczoico e do ácido hidrocínâmico, que compreendem as antocianinas, os flavonóides, as catequinas e os taninos (hidrolisados ou condensados). Fatores ambientais, como o tipo de solo, exposição solar, temperatura e volume de chuvas têm efeitos importantes sobre o teor dos compostos fenólicos em plantas. O grau de maturação também afeta a concentração e proporção em que ocorre a diminuição do ácido fenólico e o aumento da antocianina (SOUZA, 2007; WALLACE et al., 2009; WILLIAMSON; MANACH, 2005).

O camu-camu, durante o amadurecimento, apresenta uma variação de cor do verde à púrpura, como resultado do aumento dos teores de antocianinas (MAEDA et al., 2006; GENOVESE et al., 2008), as quais estão concentradas no pericarpo (casca) e são transferidas à polpa durante o despulpamento, gerando um produto de coloração muito atraente. Estes

pigmentos são compostos fenólicos, solúveis em água, pertencentes ao grupo dos flavonóides e responsáveis pela coloração intensa da maioria das flores e frutos (REYES, 2007).

Estudos extensivos concluíram que as antocianinas têm atividade antioxidante comparada a das vitaminas C e E. O potencial antioxidante desses compostos se deve à deficiência de elétrons do núcleo flavílio e à presença de hidroxilas livres, sendo regulado por diferenças na estrutura química. Variando a posição e os tipos de grupos químicos nos anéis aromáticos das antocianinas, varia também a capacidade de aceitar elétrons desemparelhados de moléculas de radicais livres (GALVANO et al., 2004).

A estabilidade das antocianinas tem sido um problema para a indústria de alimentos, uma vez que elas interagem com o ácido ascórbico, metais, açúcares, oxigênio, luz e temperatura, produzindo polímeros e a degradação dos produtos (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007; MERCADANTE; BOBBIO, 2008). As antocianinas também podem ser degradadas por enzimas endógenas presentes nos tecidos das plantas, tais como glicosidases, polifenoloxidasas e peroxidases. Por serem termorresistentes, a inativação térmica destas enzimas, em especial a peroxidase em produtos derivados de vegetais, fica dificultada, sendo alternativamente inibidas pela adição de compostos, como os sulfitos (dióxido de enxofre) e o ácido ascórbico. No entanto, a adição desses aditivos para inibir as enzimas favorece a degradação das antocianinas por mecanismos não enzimáticos (RODRIGUEZ-SAONA et al., 1999; MALIEN-AUBERT et al., 2001).

Zanatta (2004), através de análises de espectrometria de massa e espectroscopia de ressonância magnética nuclear de prótons do camu-camu proveniente das regiões de Iguape e Mirandópolis, SP, detectou altas concentrações de antocianinas, em média 56,4 mg 100 g<sup>-1</sup> e 30,1 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. A cianidina-3-glicosídeo representou 88% do total das antocianinas e a delphinidina-3-glucosídeo contribuiu com 3 a 4%.

Segundo Arévalo (2007), a perda do conteúdo de antocianinas totais na polpa de camu-camu tratada termicamente e armazenada a -20°C por 180 dias foi da ordem de 40% e sem tratamento foi de 51%. Estas perdas de antocianinas foram acentuadas e muito

semelhantes à cinética de degradação do ácido ascórbico com o tempo de armazenamento. Ainda segundo Arévalo (2007), a instabilidade do pigmento na polpa de camu-camu durante o armazenamento pode ser devido à alta concentração de ácidos, sobretudo o ácido ascórbico presente na mesma.

### **2.2.1.2 Ácido ascórbico**

O ácido ascórbico é uma vitamina hidrossolúvel que pode ser sintetizada a partir da D-glicose ou D-galactose por plantas e muitas espécies de animais, com exceção dos primatas e de certas aves; por isso, ele deve ser adquirido a partir da dieta, sendo encontrado abundantemente em frutas e hortaliças e, em menor quantidade, em produtos cárneos e no leite bovino *in natura* (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004; FRANKE et al., 2004). É conhecido por prevenir o escorbuto e por atuar em importantes processos metabólicos, na síntese de lipídeos e proteínas, metabolismo de carboidratos, respiração celular, formação e manutenção de colágeno, regeneração dos tecidos, prevenção de sangramento, reduzindo o risco de infecções e facilitando a absorção de minerais. Tem recebido destaque por sua ação antioxidante, protegendo as células e os tecidos do processo oxidativo (FRANKE et al., 2004; GARDNER et al., 2000; KIM et al., 2002; SILVA, 2005; SUNTORNSUK et al., 2002).

Nos últimos anos tem havido maior preocupação, por parte dos consumidores, em relação à qualidade nutricional dos alimentos. No caso do ácido ascórbico existe um interesse tanto dos consumidores quanto dos fabricantes de alimentos, uma vez que este nutriente é um dos mais sensíveis às condições de processamento e de estocagem. A sua degradação, causando escurecimento, descoloração de pigmentos endógenos, perda ou mudança do sabor ou do odor, e perda nutricional, está relacionada com diversos fatores como oxigênio, pH, luz, temperatura e teor de água ou atividade de água e tem sido tema de diversos trabalhos (YAMASHITA et al., 1999; ZANONI et al., 1999; CARVALHO; LIMA, 2002).

Para melhor conservação do ácido ascórbico nos alimentos, Camargo et al. (1984), recomenda o armazenamento à baixa temperatura, um rápido pré-aquecimento para destruir as enzimas oxidantes, além do mínimo contato com o oxigênio atmosférico, sendo sua conservação favorecida em meio ácido. Segundo os autores a pasteurização, o cozimento, a desidratação e a evaporação destroem parcialmente o ácido ascórbico, devido à sua alta solubilidade.

O ácido ascórbico por ter atividade antioxidante e é a primeira linha de defesa contra radicais livres derivados do oxigênio em meio aquoso, capturando as espécies reativas do

oxigênio - (ROS) também no interior da células ou no sangue. Tem efeito sinérgico com a vitamina E, e também regenera a forma reduzida de fontes de vitamina E. O ácido ascórbico tem grande importância fisiológica devido à sua participação em diversos eventos no organismo, como formação do tecido conjuntivo, produção de hormônios e anticorpos, biossíntese de aminoácidos e prevenção de escorbuto. É considerado um antioxidante fisiológico versátil, pois pode exercer ação nos compartimentos intra e extracelulares (BENDICH; LANGSETH, 1995).

Em muitas frutas o conteúdo de ácido ascórbico aumenta durante a maturação na árvore, em outras o teor de ácido ascórbico aumenta após a colheita. No camu-camu constatou-se variação senoidal no teor de ácido ascórbico desde os estádios verdes até a senescência, com o fruto mantido na árvore (ANDRADE, 1991).

A natureza química do fruto pode determinar a degradação ou estabilidade do ácido ascórbico. Alguns componentes naturais das frutas têm efeito inibidor sobre a degradação, como os flavonóides, que podem reduzir a oxidação de ácido ascórbico por meio de mecanismos de complexação com metais ou agindo como receptores de radicais livres (MAEDA et al., 2006). No entanto, alguns flavonóides, como as antocianinas, podem gerar perdas de ácido ascórbico por meio de reações de condensação de ácido ascórbico, resultando na perda de ambos os componentes (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007).

Gardner et al. (2000) avaliaram a capacidade antioxidante de sucos de diversas frutas e verificaram que foi maior naqueles sucos com altas concentrações de ácido ascórbico, sendo este ácido responsável por 65 a 100% do total da capacidade antioxidante de sucos derivados de frutas cítricas. Os autores referem-se ao ácido ascórbico como sendo um dos mais importantes antioxidantes hidrossolúveis nas células, com alta biodisponibilidade, sendo capaz de proteger as biomembranas e as LDL (lipoproteínas de baixa densidade do colesterol) dos danos da peroxidação. Segundo Kim et al. (2002), o ácido ascórbico é o antioxidante majoritário que ocorre naturalmente na dieta humana.

Segundo Brasil (1998), para que o alimento seja considerado “vitaminado” é necessário que se enriqueça ou fortifique esse alimento desde que 100 mL ou 100 g do produto, pronto para o consumo, forneça no mínimo 7,5% da IDR (Ingestão Diária Recomendada) de referência, para líquidos e 15% da IDR de referência, para sólidos. Esses alimentos, de acordo com o regulamento técnico de informação complementar poderão ter no rótulo: Fonte de Vitamina. Os alimentos que fornecerem 15% da IDR para líquidos e 30% para sólidos, podem receber a denominação de “Alto teor ou Rico em vitamina”. Os valores de IDR para o ácido ascórbico encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Vitamina C por idade (mg dia<sup>-1</sup>)

<b>Idade</b>	<b>Quantidade (mg dia<sup>-1</sup>)</b>
lactentes 0 – 6 meses	25
crianças 7 – 11 meses	30
1 – 3 anos	30
4 – 6 anos	30
7 – 10 anos	35
adultos	45

Fonte: Brasil (2005)

O camu-camu tem peso médio de aproximadamente 9 g e seus valores iniciais, quanto ao teor de ácido ascórbico, deram superiores a 2000 mg 100 g<sup>-1</sup>, ou seja, um único fruto fornece cerca de 180 mg de ácido ascórbico, o que equivale a quatro vezes mais do que o valor de IDR para um adulto. O peso de 1 g de camu-camu fornece cerca de 20 mg de ácido ascórbico, o que já o colocaria como um alimento com denominação de rico em vitamina C. Quanto ao ácido ascórbico, a sua administração em quantidades acima das necessidades fisiológicas exerce poucos efeitos demonstráveis, sua ingestão em grandes quantidades também é útil no tratamento de indivíduos portadores de escorbuto, doença causada pela deficiência de vitamina C no organismo, cujos sintomas são rapidamente aliviados (GOODMAN et al., 2005; ROTTA, 2003).

### 2.3 Irradiação de alimentos

A irradiação em alimentos é um método físico de conservação muitas vezes descrito como pasteurização a frio, uma vez que todo o processo decorre à temperatura ambiente e não existe aquecimento do alimento (CGEE, 2010). O processo consiste na exposição de alimentos por um tempo pré-determinado a uma fonte de radiação ionizante.

O desenvolvimento da irradiação de alimentos vem sendo promovido pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA, Viena, Áustria), pela Organização Mundial da Saúde (OMS, Genebra, Suíça), e pela Organização de Alimentos e Agricultura (FAO, Roma, Itália), sendo que o Grupo Consultivo Internacional de Irradiação de Alimentos (ICGFI, Viena, Áustria) é seu órgão regulamentador por congregar estas três organizações, representando mais de quarenta países que se interessam pelo assunto, entre estes o Brasil. Neste contexto, existem diversas pesquisas no âmbito, não apenas científicos, mas também tecnológicos, econômicos, sociais, etc., que visam à divulgação e introdução desta tecnologia

em bases comerciais em todos os países, buscando vantagens sob o ponto de vista de salubridade, praticidade e também econômico (KÄFERSTEIN; MOY, 1993).

A irradiação de alimentos já é aprovada para uma longa e crescente lista de países para diferentes tipos de alimentos, como vegetais, carnes, frangos, mariscos (DELINCÉE, 1998). No Brasil, o assunto foi inicialmente regulado em todo território nacional, pelas disposições internacionais do Decreto Lei nº 72.718 de 2 de agosto de 1973, e definitivamente regulamentado pela Resolução RDC nº21, de 26 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (BRASIL, 2001).

Segundo Brasil (2001), através da Resolução RDC nº 21, alimento irradiado é todo aquele intencionalmente submetido ao processo de irradiação com doses controladas de radiação ionizante, já embalado ou a granel, com finalidade sanitária, fitossanitária e ou tecnológica. Qualquer alimento pode ser tratado por radiação desde que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar a finalidade pretendida, e a dose máxima absorvida não comprometa as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento.

Na rotulagem dos Alimentos Irradiados, além dos dizeres exigidos para os alimentos em geral e específico do alimento, deve constar: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO", com as letras de tamanho não inferior a um terço (1/3) da letra de maior tamanho nos dizeres de rotulagem. Quando um produto irradiado é utilizado como ingrediente em outro alimento, deve declarar essa circunstância na lista de ingredientes, entre parênteses, após o nome do mesmo. Nos locais de exposição à venda de produtos a granel irradiados (frutas) deve ser fixado cartaz, placa ou assemelhado com a seguinte informação: "ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO". Através desta regulamentação, não há restrições quanto a doses a serem aplicadas, e também não há restrições quanto a produtos alimentícios a serem irradiados que constavam na legislação anterior (BRASIL, 2000).

A ANVISA, seguindo o Codex Alimentarium (CODEX, 2005), deixa como opcional a inclusão do símbolo internacional do uso da radiação ionizante, radura, ilustrado na Figura 2. Contudo, o FDA (Food and Drug Administration) americano, desde 1986, tornou compulsório o uso do radura (juntamente com o texto escrito) nos alimentos irradiados que são comercializados nos EUA. Esta rotulagem é exigida para informar aos consumidores que eles estão comprando um alimento que foi processado por irradiação. O aviso é necessário porque a radiação não deixa nenhum vestígio aparente indicando que o alimento foi processado. O consumidor, em geral, não pode detectar se um alimento foi irradiado, seja pela textura, cor,

aroma ou aparência. Isto contrasta com outras técnicas de processamento, tais como cozinhar, enlatar ou congelar, processos em que se percebe o tratamento (COUTO; SANTIAGO, 2010).



Figura 2 - Radura  
Fonte: (CODEX, 2005)

A interação das radiações ionizantes com a matéria é um processo que se passa em nível atômico. Ao atravessarem um material, estas radiações transferem energia para as partículas que se encontram em sua trajetória. Esta energia transferida é denominada dose absorvida e é definida como a quantidade de energia cedida à matéria pelos fótons ou partículas ionizantes. O processo possui alta confiabilidade, fácil monitoramento (uma vez que a única variável a ser controlada é o tempo), existe possibilidade de validação de processo segundo normas internacionais ISO 11137 e EN 552 e o fato de não haver resíduos, são fatores importantes do ponto vista da competitividade (COUTO; SANTIAGO, 2010). Também se apresenta a possibilidade de efetuar o tratamento dos alimentos após sua embalagem e a conservação em seu estado fresco. As radiações ionizantes, caracterizadas pelas radiações gama, são capazes de esterilizar alimentos ou reduzir a carga microbológica, permitindo ampliar o período de armazenamento de alimentos não processados (CGEE, 2010; FIGUEIREDO, 1990).

A principal ação da radiação ionizante sobre os microrganismos ocorre por meio de alterações do material genético, podendo ocorrer também alterações nas membranas celulares e enzimas. O comportamento microbiano ante a radiação é variável, dependendo principalmente da intensidade do tratamento e do tipo de microrganismo. Sabe-se que as bactérias gram-positivas, esporos bacterianos, vírus e leveduras são, de modo geral, mais tolerantes à irradiação do que as bactérias gram-negativas e os bolores. Estima-se que os microrganismos mais sensíveis sejam destruídos com doses de aproximadamente 2 kGy,

enquanto os mais resistentes, como o vírus, necessitam de exposição a doses bem superiores (cerca de 50 kGy) para serem inativados (SOARES et al., 2011).

Alguns fatores podem influenciar a resistência microbiana ante a irradiação, protegendo ou favorecendo a destruição dos microrganismos. A presença de proteínas, polissacarídeos e as baixas temperaturas (congelamento) protegem os microrganismos das radiações ionizantes, enquanto na presença de oxigênio, sal e água, os efeitos das radiações são mais expressivos (SOARES et al., 2011).

A irradiação de alimentos pode oferecer uma ampla série de benefícios para a indústria e o consumidor. De um ponto de vista prático a International Atomic Energy Agency - divide o tratamento em três categorias (IAEA, 1992):

- Baixas doses de irradiação, até 1 kGy (tem função de inibir o brotamento, retardar o amadurecimento, desinfestação de insetos e inativação de parasitas);
- Médias doses de irradiação, de 1 a 10 kGy (redução de microrganismos deteriorantes, redução ou eliminação de microrganismos patogênicos não esporulados);
- Altas doses, acima de 10 kGy (esterilização industrial).

A radiação gama penetra em quase todos os tipos de material, não há manuseio dos produtos no processo, o volume de produto tem baixa influência no processo e ainda não há necessidade de testes microbiológicos pós-esterilização. No Brasil já existem empresas que possuem irradiador próprio para esterilizar seus produtos, como a Jhonson & Jhonson, e outras que prestam serviços, como a CBE Embrarad (Companhia Brasileira de Esterilização / Empresa Brasileira de Radiações) (COUTO; SANTIAGO, 2010).

A influência da irradiação na qualidade nutritiva dos alimentos não é maior do que a de outros processos convencionais utilizados para o tratamento e conservação como pode-se observar no Quadro 1. Ao contrário do processo térmico, a energia da radiação consumida é insuficiente para aumentar a energia térmica das moléculas que a absorvem. Além disso, a energia necessária para a esterilização promovida pela radiação é 50 vezes menor que a requerida pelo calor (PEREIRA, 2004). As perdas nutricionais geralmente são menores se o oxigênio for excluído e se a temperatura durante a irradiação for baixa. Com doses elevadas o efeito da irradiação depende do tipo de vitamina, da temperatura, da dose, do alimento e da sua embalagem (HENRY; CHAPMAN, 2002).

Quadro 1- Comparativo entre os processos de irradiação por Cobalto-60, óxido de etileno e vapor (EMBRARAD, 1996)

Variáveis	Radiação Gama	Óxido de Etileno (ETO)	Vapor
Estrutura do produto	Sem restrições. Os raios gama penetram em todas as porções do produto	Não atinge cavidades fechadas. ETO é um esterilizante de superfície	Não atinge cavidades fechadas. Vapor é um esterilizante de superfície
Materiais de confecção do produto	Satisfatório para a maioria dos materiais	Satisfatório para a maioria dos materiais	Satisfatório para a maioria dos materiais, exceto para aqueles sensíveis a calor e umidade
Embalagem	Sem restrições. A esterilização gama não exerce danos sobre materiais e selos	Necessita material permeável ou um segundo processo de selagem. Necessária previsão de expansão da embalagem, durante o vácuo ou pressão. Os selos têm que suportar vácuo ou esforço da pressão	Necessita material permeável ou um segundo processo de embalagem. Necessária previsão de expansão da embalagem, durante o vácuo ou pressão. Os selos têm que suportar vácuo, esforço de pressão e umidade
Parâmetros a serem controlados no processo	Tempo	Concentração de ETO, vácuo, temperatura, umidade relativa e tempo	Vácuo, pressão, temperatura, umidade relativa e tempo
Confiabilidade do processo	Excelente	Boa	Boa
Testes microbiológicos Pós-esterilização	Podem ser eliminados	Necessários	Desejáveis
Período de quarentena	Não é necessária quarentena	5 - 14 dias	7 - 14 dias
Tratamento pós-esterilização	Nenhum necessário	Aeração para remover produtos tóxicos	Secagem do produto

Os macronutrientes, tais como proteínas, carboidratos e gorduras são relativamente estáveis quando os alimentos são expostos à dose máxima de radiação de 10 kGy. Os micronutrientes, especialmente as vitaminas, podem ser sensíveis a qualquer método de tratamento de alimentos. A sensibilidade dos diferentes tipos de vitaminas ao método de irradiação e a outros métodos de tratamento é variada. A riboflavina, niacina e vitamina D são estáveis, enquanto as vitaminas A, E, K e B<sub>1</sub> (tiamina) são mais sensíveis à irradiação e precisam ser protegidas de médias e altas doses, pelo uso de baixas temperaturas e por exclusão de oxigênio. Com relação à vitamina C, em particular, os resultados são conflitantes

por causa da conversão para ácido dehidroascórbico, pois essa vitamina é a soma da atividade dos ácidos ascórbico e dehidroascórbico. Não há dúvida de que a irradiação pode dar lugar a um aumento do ácido dehidroascórbico e, paralelamente, uma redução do ascórbico, porém irrelevante sob o ponto de vista nutricional, pois essas substâncias têm praticamente a mesma atividade biológica (HENRY; CHAPMAN, 2002; KILCAST, 1994; SOARES et al., 2011).

É um método muito eficaz, relativamente rápido, mantém a qualidade do produto induzindo pequenas alterações fisiológicas, sendo capaz de aumentar significativamente a vida útil da fruta irradiada, evitando o período de quarentena exigido por alguns países livres dessas infestações, como no caso dos Estados Unidos que gastaram milhões de dólares para erradicar a mosca da fruta. Existe ainda, redução de microrganismos deteriorantes e patógenos reduzindo o risco de doenças de origem alimentar (IAEA, 1992; LEITE, 2006).

A conservação de frutas *in natura*, sucos e polpas, mantendo a qualidade microbiológica e nutricional exigida pela legislação, tem sido realizada através da irradiação. A OMS e a FAO respaldam esta técnica porque se abre uma via eficaz e eficiente para a conservação dos alimentos, especialmente no Terceiro Mundo, onde se estimam elevadas perdas dos produtos colhidos porque estão infestados e infectados, tornando-se impróprios para o consumo. Neste contexto, por não existir normas específicas relacionadas ao assunto, ocorreu um grande atraso nas pesquisas relacionadas à irradiação como tratamento fitossanitário. Isso começou a ser superado em 2011, com a Instrução Normativa nº 9, de 24 de fevereiro que regulamenta o uso de irradiação como medida fitossanitária, para fins quarentenários, objetivando o gerenciamento e disseminação de pragas regulamentadas no território brasileiro (BRASIL, 2011).

Segundo a Instrução Normativa nº 9, a irradiação pode ser empregada a fim de obter certas respostas na praga objeto, tais como mortalidade, impedir o desenvolvimento bem-sucedido, incapacidade para reprodução e inativação. Essa resposta alcançada é baseada numa estimativa do risco fitossanitário e estabelecida pela Organização Nacional de Proteção Fitossanitária (ONPF) do país importador. A radiação ionizante para tratamento fitossanitário, com fins quarentenários, poderá ser fornecida por isótopos radioativos (raios gama de cobalto-60), elétrons acelerados com energia máxima de 10 MeV e por meio de raios-X com energia de até 5 MeV, sendo a unidade de medida para dose absorvida o Gray (Gy) (BRASIL, 2011), mesma unidade utilizada no Sistema Internacional, que representa a quantidade de radiação correspondente à absorção de 1 joule de energia absorvida por quilograma do produto.

Para irradiação de frutas *in natura*, que são avaliadas pelo seu sabor, cor e aroma, são necessárias baixas doses, com a finalidade principal de desinfestação de artrópodes (insetos e ácaros), retardar a maturação e senescência, prolongando assim a qualidade física, química e sensorial do fruto. Para que isso seja possível, o fruto precisa ter tolerância mais elevada do que os artrópodes ou microrganismos às doses absorvidas, ser tão ou mais econômico que outros tratamentos consagrados na literatura e, sobretudo, obedecer à legislação vigente do país importador (SOARES et al., 2011).

A aplicação de doses elevadas pode promover o aparecimento de efeitos indesejáveis, entre eles o enegrecimento, a diminuição do teor de vitaminas, a rancidez ou a decomposição acelerada durante o armazenamento. O efeito do tratamento depende de fatores como o tipo e a variedade do produto, o grau de amadurecimento, a contaminação microbiana inicial e o tratamento aplicado após a colheita (SOARES et al., 2011).

Alguns pesquisadores relataram os efeitos promissores da combinação entre os processos de irradiação, tratamento térmico e refrigeração para frutas e suco de vegetais. Essas associações permitiriam o aproveitamento de efeitos sinérgicos dos diferentes tratamentos, sem a promoção de alterações sensoriais importantes ao longo do armazenamento dos alimentos (SOARES et al., 2011).

Portanto, sendo uma tecnologia limpa e sob o ponto de vista de desempenho eficaz nas suas inúmeras aplicações na cadeia produtiva das frutas, a fruticultura nacional necessita de mais estudos envolvendo a irradiação, a fim de dar suporte para expansão de seu uso. Para um processo com estas características e vantagens, as oportunidades para aplicação e adoção da irradiação como tecnologia aplicável nos agronegócios e agroindústrias das frutas, como um processo global ou combinado com outros processos oportunidades do seu uso são indubitavelmente promissoras (CGEE, 2010).

Em estudo com kiwis irradiados com Cobalto-60, com doses de 0; 1,0; 2,0 e 3,0 kGy, Kim e Yook (2009) verificaram através de testes sensoriais a maior aceitação dos frutos tratados com doses de 3,0 kGy, quanto à doçura e aceitabilidade geral. Também concluíram que nas doses estudadas, a irradiação não afetou o teor de vitamina C, atividade antioxidante e textura dos kiwis.

A dose de 0,15 kGy permite controlar satisfatoriamente a germinação dos vegetais pela inibição da divisão celular. As batatas tratadas desse modo, por exemplo, podem ser conservadas por até um ano à temperatura em torno de 15 °C, sem que haja diminuição significativa da qualidade. Em doses superiores a 0,25 kGy, a maioria das frutas e hortaliças

não sofre danos aparentes. As alfaces, alcachofras e outras hortaliças sem frutos são mais sensíveis às irradiações do que determinadas frutas como maçãs e mangas (SOARES et al., 2011).

O único estudo encontrado envolvendo camu-camu com irradiação, foi de Freire Junior et al. (2010), no qual os autores irradiaram a polpa do fruto proveniente de Tomé Açu, Pará com irradiação gama, proveniente do Césio-137 nas doses 0,5; 0,75; 1 e 1,5 kGy, em que a polpa foi armazenada a 10 °C por 60 dias. Foi possível manter a polpa irradiada por um período de 60 dias sem perdas importantes no seu teor de vitamina C. Na temperatura de 10 °C, a polpa de camu camu irradiada com 1,5 kGy apresentou uma vida útil de 15 dias, sem crescimento de microrganismos deteriorantes. Os autores chegaram a conclusão que a irradiação foi uma técnica de conservação viável para a manutenção da qualidade físico-química e nutricional da polpa deste importante fruto da Amazônia.

### 3 MATERIAL E MÈTODOS

#### 3.1 Matéria-prima

Para a realização das análises experimentais, o camu-camu foi colhido na “Fazenda Eldorado”, na região da cidade de Cajati (24° 43' 48" Sul, 48° 6' 10" Oeste), localizada no sul do estado de São Paulo. Os frutos foram colhidos nas primeiras horas do dia, armazenados em caixas plásticas e imediatamente transportados, em veículo climatizado, ao Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / USP, em Piracicaba-SP. O trajeto levou 4 horas de percurso.

Na chegada, os frutos foram imediatamente transportados à planta de processamento, com ambiente climatizado a 15°C e 80 % umidade relativa (UR), selecionados visualmente quanto ao estágio de maturação, aparência e sanidade. Os frutos foram divididos em 4 estádios de maturação, levando-se em consideração a cor da casca (Figura 3). No estágio 1 os frutos estavam com a casca totalmente verde, no estágio 2 verde-avermelhado, no estágio 3 vermelho-alaranjado e no estágio 4 roxo. Foram utilizados no experimento os frutos nos estádios 2 e 4. Os frutos foram pesados, em média 200 g (aproximadamente 25 unidades), e acondicionados em embalagens de polipropileno tereftalato (PET), perfuradas, com dimensão de 19 cm de comprimento, 12 cm de largura, 6 cm de altura e espessura de 0,6 mm.



Figura 3 - Camu-camu (*M. dubia*) separado por diferentes estádios de maturação. Estádio 1 casca totalmente verde; estágio 2: verde-avermelhado; estágio 3: vermelho-alaranjado; estágio 4: roxo. Fonte: Arquivo pessoal do autor

### 3.2 Irradiação e armazenamento

Os frutos, após selecionados e embalados, foram acondicionados em caixas paletizadas e transportados em veículo refrigerado à CBE Embrarad (Companhia Brasileira de Esterilização / Empresa Brasileira de Radiações), localizada no município de Jarinu (23° 06' 03" Sul, 46° 43' 40" Oeste) SP. As unidades experimentais receberam selos radiosensíveis, indicativos de processo (amarelo para não tratado, variando de laranja a vermelho para tratado). As amostras foram expostas aos raios gama nas doses de 0; 0,5 e 1 kGy, emitidos pelo radioisótopo colbalto-60, sob temperatura controlada da câmara de irradiação.

Ao final do processo, os experimentos foram imediatamente encaminhados ao Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ-USP, onde foram armazenados em câmara B.O.D. (TE-391, Tecnal)  $25 \pm 1$  °C e  $90 \pm 2$  % UR e em câmara frigorífica (Prófrío Refrigeração Industrial) com temperatura de  $5 \pm 2$  °C e  $90 \pm 2$  % UR, situadas no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição na ESALQ-USP, Piracicaba (SP).

A Figura 4 mostra o fluxograma do processo desde a recepção até o armazenamento dos frutos, para a realização das análises do experimento.

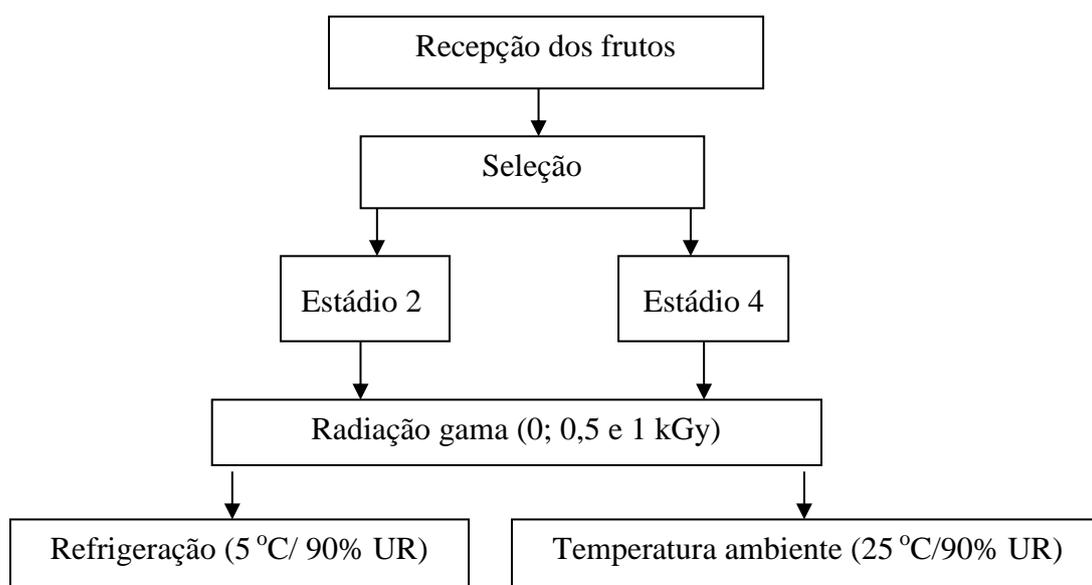


Figura 4 – Diagrama de fluxo dos procedimentos desde a recepção até o armazenamento do camu-camu

Antes de cada período de análise cada unidade experimental foi avaliada visualmente quanto à incidência de podridão e fungos. Quando se constatava que mais de 50% dos frutos estavam comprometidos a unidade era então descartada e encerravam-se as análises experimentais para aquele nível de tratamento (não foi levada em consideração a mudança na coloração).

### 3.3 Delineamento experimental

Para efeito da avaliação de qualidade e estabilidade, os frutos não irradiados e irradiados foram armazenados por um período de 25 dias em duas temperaturas (5°C e 25°C), onde foram analisados nos períodos 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 22 e 25 dias de armazenamento, totalizando 12 períodos de análises.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com esquema fatorial 3 x 2 x 2 x 12 (3 doses de radiação gama, 2 graus de maturação, 2 temperaturas de armazenamento e 12 épocas de análises), resultando em 144 unidades experimentais. O experimento foi realizado em três repetições, e no total foram necessárias (3 x 144) 432 unidades experimentais. Como cada unidade experimental continha 0,2 kg de fruto, foram necessários (0,2 x 432) 86,4 kg de camu-camu para a realização das análises experimentais.

#### 3.3.1 Codificação dos tratamentos

As unidades experimentais foram codificadas visando facilitar o entendimento e compreensão dos resultados em relação aos tratamentos aplicados conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Codificação dos níveis de tratamentos aplicados ao camu-camu (*M. dubia*).

Tratamento	Temperatura	Estádio	Dose (kGy)
T1	Refrigerados (5 °C)	Estádio 2	0
T2			0,5
T3			1
T4		Estádio 4	0
T5			0,5
T6			1
T7	Ambiente (25 °C)	Estádio 2	0
T8			0,5
T9			1
T10		Estádio 4	0
T11			0,5
T12			1

### **3.4 Caracterização física, química e atividade respiratória**

#### **3.4.1 Despoldamento**

Devido à pequena quantidade, o fruto foi seccionado ao meio com faca de aço inoxidável com remoção manual das sementes. As amostras obtidas foram processadas com mixer vertical Black e Decker (SB40) e em seguida pesadas para as análises.

#### **3.4.2 Perda de massa**

A perda de massa (%) foi calculada pela relação entre a diferença do peso inicial e o final, dividido pelo peso inicial e multiplicado por 100 (FINGER et al., 1999). O acompanhamento da perda de massa foi realizado com a mesma unidade experimental em todos os períodos de análise. A perda de água é usualmente expressa como percentual de perda de massa e pode ser determinada por pesagem do produto ao longo do armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

#### **3.4.3 Cor instrumental refletida da casca**

Foi realizada por reflectometria utilizando colorímetro Color Meter-Minolta 200b, com leitura direta de valores de luminosidade ( $L^*$ ), ângulo de cor *hue* (graus) e cromaticidade (saturação), sistema proposto pela Commission Internationale de L'Eclairage (CIE) (KONICA MINOLTA, 1998).

#### **3.4.4 Firmeza**

Foi determinada com o auxílio de um penetrômetro *Fruit Pressure Test*, modelo FDN1 (1 a 13 kg), com ponteira de 6 mm, tomando-se leituras na região equatorial uma vez por fruto. As medidas foram convertidas em Newton, multiplicando cada média por 9,82 N (COELHO, 1994).

#### **3.4.5 Teor de sólidos solúveis (SS)**

Foi quantificado em refratômetro digital portátil Kruss Optronic (DR201-95), com resultados expressos em °Brix, segundo método 932.12 da AOAC (2005).

### **3.4.6 Acidez titulável (AT)**

Foi determinada por titulometria a partir do volume em mililitros de NaOH, que devido à elevada acidez do camu-camu teve concentração de 1 M, segundo método nº 942.15 da AOAC (2005), com resultados expressos em g ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup> de fruto.

### **3.4.7 Ratio (SS AT<sup>-1</sup>)**

O ratio, ou índice de palatabilidade, é a razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável, frequentemente usado como índice de maturidade para estimar qualidade sensorial do fruto e o grau de doçura (MAEDA; ANDRADE, 2003).

### **3.4.8 pH**

Foi determinado em potenciômetro da marca TECNAL, modelo TEC3-MP, segundo método nº 981.12 da AOAC (2005).

### **3.4.9 Preparo dos extratos alcoólicos**

Os extratos alcoólicos foram obtidos utilizando-se etanol 80% em uma proporção de 1:10 (polpa/etanol), em que a mistura foi acondicionada em tubos falcon e agitada manualmente. Em seguida as amostras foram agitadas em vortex Biomixer (QL-901) por 1 min e centrifugadas em centrífuga refrigerada Eppendorf (5810 R) a 9000 giros a 4 °C por 15 minutos. O sobrenadante foi transpassado para tubos de rosca e analisado quanto ao teor de antocianinas, compostos fenólicos e antioxidantes.

#### **3.4.9.1 Antocianinas**

Foram determinadas pela técnica de diferença de pH (1,0 e 4,5), com leituras em espectrofotômetro Jingke (JK-UVS-752N) a 500 e 700 nm, segundo método nº 2005.02 da AOAC (2005). Tendo seus resultados expressos em mg equivalente cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> fruto.

### 3.4.9.2 Compostos fenólicos

Para a quantificação dos compostos fenólicos, foi utilizado o método espectrofotométrico de Folin Ciocalteu, tendo como padrão o ácido gálico e resultados expressos em mg de ácido gálico  $100 \text{ g}^{-1}$ , conforme Singleton e Rossi (1965).

### 3.4.9.3 Antioxidantes totais

Para a determinação da atividade antioxidante foi utilizada a metodologia proposta por Brand-Williams et al. (1995), utilizando como base o radical estável 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), que sofre redução pela ação dos compostos antioxidantes com mudança de coloração. Foi utilizado o trolox (6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico) para a construção da curva analítica. Os valores das absorbâncias foram transformados de acordo com a Equação 1, no qual leva-se em consideração a leitura do controle. Em seguida os dados transformados em porcentagem foram interpolados na curva padrão do trolox e os resultados foram representados em TEAC, ou seja, atividade antioxidante equivalente ao Trolox ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  de amostra de peso da matéria fresca). O reagente DPPH foi feito a cada 5 dias e todas as curvas analíticas do trolox tiveram  $R^2$  superior a 0,99.

$(\text{Abs controle} - \text{Abs amostra} / \text{Abs controle}) * 100$

$$\% \text{ DPPH reduzido} = \frac{\text{Abs controle} - \text{Abs amostra}}{\text{Abs controle}} * 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

- Abs = absorvância

### 3.4.10 Avaliação da atividade respiratória

Para a determinação da taxa respiratória, 0,2 kg de frutos foram acondicionados em frascos de vidro de 500 mL, e para garantir uma melhor estanqueidade foi aplicada vaselina em torno da tampa. Para a determinação, os frascos foram hermeticamente fechados durante 2 horas e mantidos às temperaturas de 5 e 25 °C para a quantificação do  $\text{CO}_2$  liberado. Na tampa dos frascos foram colocados septos de silicone através dos quais foram retiradas alíquotas da atmosfera interna com um analisador de gases Dansensor (DK-41000) ao final do período de 2 horas. Os resultados foram expressos em  $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , sendo levado em consideração o volume do frasco, a massa e densidade do fruto ( $1,030 \text{ g mL}^{-1}$ ) (ZAPATTA; DUFOUR, 1993) e o tempo em que os frascos permaneceram fechados.

### 3.4.11 Ácido ascórbico

O ácido ascórbico foi quantificado segundo o método nº 967.21 conforme a AOAC (2005). É um método titulométrico que utiliza o indicador DCFI (2,6 Dicloroindofenol), conhecido popularmente por reagente de Tillmans. Os resultados foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup> de fruto.

## 3.5 Análise estatística

As análises experimentais foram realizadas em três repetições de nível de tratamento, com exceção das análises de antocianinas, compostos fenólicos e antioxidantes totais feitas em sextuplicata e por fim, firmeza e cor refletida que foram repetidas 10 vezes. As respostas foram submetidas à análise de variância (ANOVA) pelo Teste F, em seguida as médias comparadas entre si pelo teste de comparação múltipla de Tukey, com nível de 5% ( $p < 0,05$ ) de significância, para determinar diferenças significativas, considerando o intervalo de confiança de 95%. Foi utilizado o software Statistical Analysis System - SAS (SAS, 1996). Os valores médios encontrados para a atividade respiratória foram apresentados em gráficos de dispersão. Quanto à análise de perda de massa, modelos de regressão foram ajustados às médias, levando-se em consideração o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## 3.6 Análise de resíduos

O projeto foi avaliado pelo Comitê de Ética Ambiental na Pesquisa da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), no dia 13 de fevereiro de 2012, que deliberou que o projeto está de acordo com os Princípios Éticos Ambientais adotados das leis e decretos complementares (Lei Nº 6.894 de dezembro de 1980, Lei Nº 7.803 de 18 de julho de 1989, Lei Nº 9.974 de 6 de junho de 2000, Decreto Nº 99.556 de 1º de outubro de 1990, Decreto Nº 4.340 de 22 de agosto de 2002, Decreto Nº 4.074 de 4 de janeiro de 2002, Instrução Normativa Nº 154 de 01 de março de 2007, Instrução Normativa Nº 169/2008, ABNT – NBR10004:2004, Resolução ANVISA RDC 306 -07 de dezembro de 2004, Resolução Nº 358, de 29 de abril de 2005).

Os resíduos gerados nas análises foram armazenados no entreposto do Departamento Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP e destinados a tratamento adequado no Laboratório de Gerenciamento de Resíduos Químicos (ESALQ/USP).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O camu-camu no estádio 4, armazenado à temperatura ambiente (T10, T11 e T12) teve vida útil de apenas 5 dias, os mesmos foram acometidos por fungos. Situação semelhante aconteceu para os frutos no estádio 2 onde o controle (0 kGy) T7 durou até o sétimo dia, já os frutos irradiados inibiram o crescimento microbiano até o nono dia. Os frutos, refrigerados nos estádios 2 e 4, quando irradiados com 1 kGy (T3 e T6) tiveram sua vida útil reduzida em 6 dias em comparação com os demais tratamentos refrigerados que permaneceram por 25 dias.

O peso dos frutos e conseqüentemente a manutenção do mesmo é uma variável muito importante na produção de um fruto, pois está diretamente relacionada ao seu valor comercial, que na maioria das vezes é vendido por peso. Em relação ao camu-camu armazenado em embalagens PET perfuradas e submetidos a diferentes tratamentos, a perda de massa foi muito semelhante em todos os níveis estudados na pesquisa.

A Figura 5 mostra as curvas e as regressões referentes ao camu-camu armazenado sob refrigeração. Todas as curvas seguiram a mesma característica, tendo o camu-camu no estádio 2 não irradiado (T1) a maior perda, cerca de 6%, e o roxo (estádio 4) irradiado com 0,5 kGy (T5) a menor com 5%, em relação à massa inicial. Nos dois estádios estudados, quando o camu-camu foi irradiado com 1 kGy sua vida útil foi reduzida, em relação ao controle e a dose de 0,5 kGy, perdendo cerca de 3% de sua massa inicial após 19 dias. De forma geral a irradiação não apresentou melhora significativa na manutenção da massa do camu-camu refrigerado, visto que os valores de perda foram parecidos ou inferiores ao controle (Figura 5).

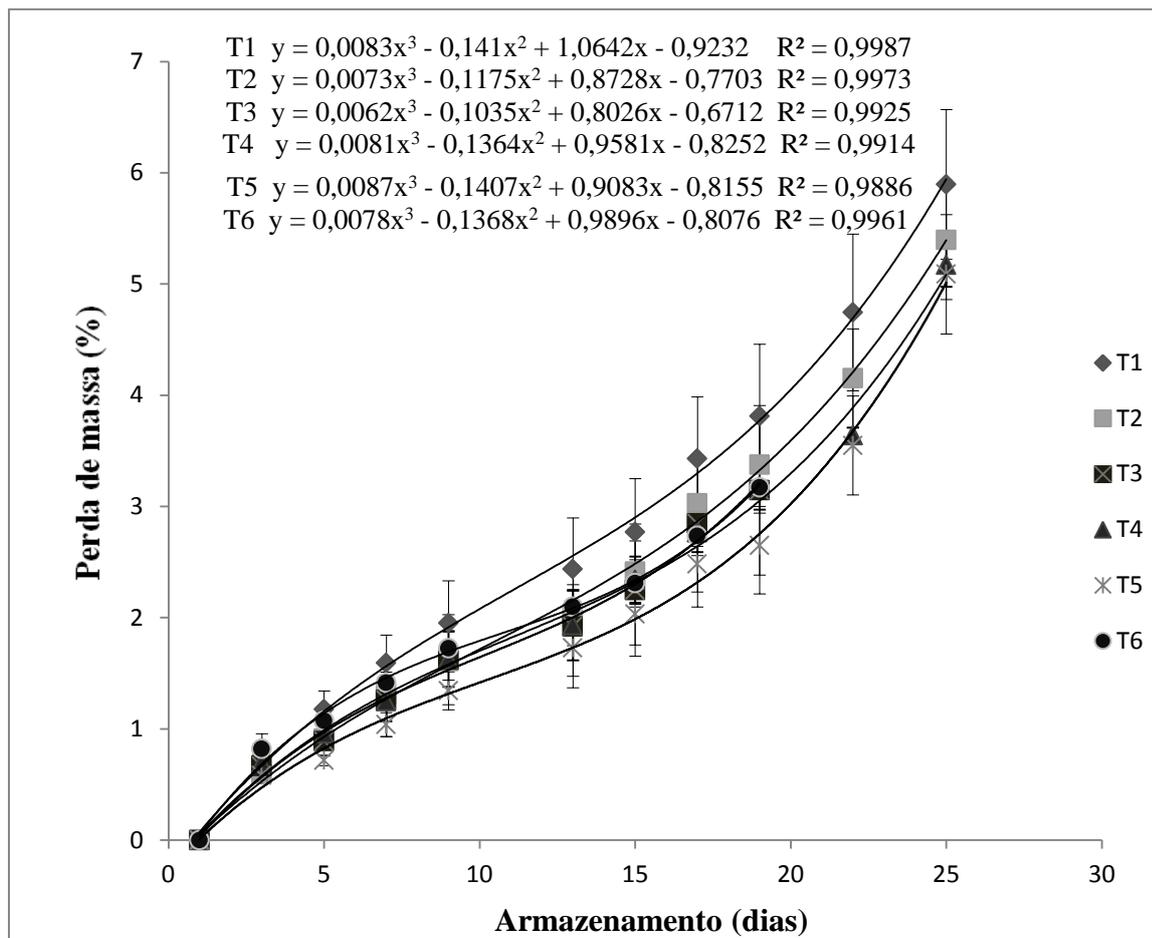


Figura 5 - Perda de massa do camu-camu (*M. dubia*) irradiado e não irradiado, armazenado a 5 °C. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 3). Legenda: T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C.

Quando armazenado a 25 °C, o tempo de vida útil do camu-camu caiu de forma expressiva em relação ao refrigerado. O principal problema enfrentado foi o aparecimento de fungos que inviabilizou a continuação das análises, os frutos no estádio 4 se mostraram mais sensíveis ao ataque e só foram analisados até o quinto dia de análise, onde a irradiação não teve efeito significativo. O mesmo não aconteceu com os frutos no estádio 2 onde os frutos irradiados com 0,5 kGy e 1 kGy tiveram sua vida útil prolongada por mais dois dias em relação ao controle que durou 7 dias.

Quando armazenado à temperatura ambiente (25 °C), o camu-camu apresentou um comportamento linear na maioria das vezes, tendo um coeficiente de correlação ( $R^2$ ) acima de 0,98 (Figura 6). O fruto no estádio 2 quando irradiado, teve em média 7% de perda de massa aos 9 dias de armazenamento, valor pouco superior ao refrigerado aos 25 dias. A perda de

massa pode ser atribuída à perda de umidade, ocasionadas pela respiração ou transpiração do fruto (MENEZES et al., 1995).

Gringio et al. (2012), estudando camu-camu proveniente de Cantá, Roraima, armazenaram o fruto a 22 °C em diferentes estádios de maturação (estádio 1, no estágio 2 e estágio 4) e observaram que a perda de massa para todos os estádios apresentou curva linear crescente, sendo as maiores médias obtidas no estágio verde de maturação. Valores esses que ao final do experimento igualaram-se aos demais tratamentos, com aproximadamente 7% de perda de massa.

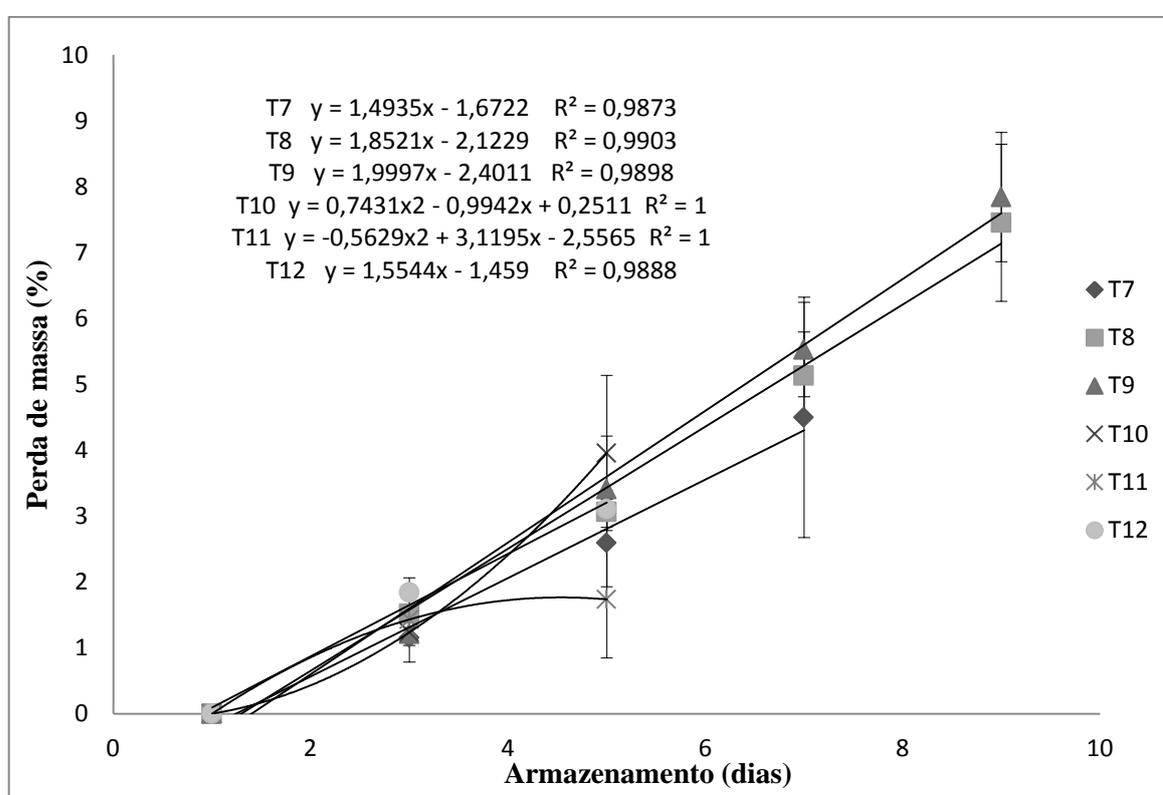


Figura 6 – Perda de massa do camu-camu (*M. dubia*) irradiado e não irradiado, armazenado a 25 °C. Barras verticais representam o erro padrão da média (n = 3). Legenda: T7 – Frutos no estágio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estágio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C.

Através da luminosidade pode-se determinar o quanto uma amostra é mais escura ou clara, possui valores variando de 0 a 100 (KONICA MINOLTA, 1998). Entre as amostras de camu-camu submetidas ao processo de irradiação, nas mesmas fases de amadurecimento e mesmas temperaturas de armazenamento, as doses 0,5 e 1,0 kGy não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%, em relação à luminosidade, com exceção no quinto dia de armazenamento, onde os tratamentos T3 e T12 diferiram ( $p < 0,05$ ) do controle. O tempo de

armazenamento também não teve influência expressiva, quando comparado o primeiro e último dia. Somente o fruto no estágio 4 armazenado em temperatura ambiente (T10, T11 e T12) teve seus valores aumentados significativamente (Tabela 4).

O estágio de maturação em todos os períodos analisados teve influência significativa para a luminosidade, com valores próximos de 47 para o fruto no estágio 2 e 26 para os frutos no estágio 4 (Tabela 4). Poucos trabalhos avaliaram a cor instrumental da casca do camu-camu armazenado pelo sistema proposto pela Comissão Internationale de L'Eclairage (luminosidade, ângulo de cor *Hue* e cromaticidade), mas segundo Bardales et al. (2008), a luminosidade em diferentes pontos de maturação do camu-camu, obtive valores próximos a 25 para o estágio 4 e 50 para o fruto no estágio 2, mostrando que os frutos no estágio 2 apresentam maior capacidade de refletir a luz, corroborando com os resultados encontrados.

Tabela 4 - Valores médios de luminosidade ( $L^*$ ) da casca de camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=30) (continua)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	46,10 $\pm$ 2,20Aa	49,05 $\pm$ 2,71Aa	48,63 $\pm$ 1,00Aab	45,96 $\pm$ 3,42Aa	46,16 $\pm$ 3,75Aab	47,27 $\pm$ 2,01Aa
<b>T2</b>	44,58 $\pm$ 3,16Aa	47,96 $\pm$ 3,21Aa	48,00 $\pm$ 1,48Aab	47,63 $\pm$ 2,46Aa	48,73 $\pm$ 3,63Aab	50,37 $\pm$ 5,21Aa
<b>T3</b>	42,48 $\pm$ 1,08Ba	46,35 $\pm$ 3,17ABa	30,24 $\pm$ 1,73Cc	42,92 $\pm$ 0,83Ba	52,17 $\pm$ 1,05Aa	44,94 $\pm$ 1,88ABa
<b>T4</b>	25,01 $\pm$ 0,57Ab	23,70 $\pm$ 0,95Ab	27,11 $\pm$ 1,53Ac	24,10 $\pm$ 1,29Ab	25,29 $\pm$ 0,23Ac	24,50 $\pm$ 0,37Ab
<b>T5</b>	25,89 $\pm$ 0,30Ab	26,79 $\pm$ 0,36Ab	26,76 $\pm$ 0,98Ac	26,59 $\pm$ 0,48Ab	25,48 $\pm$ 1,07Ac	23,95 $\pm$ 0,56Ab
<b>T6</b>	25,88 $\pm$ 0,38Ab	24,20 $\pm$ 0,44Ab	25,36 $\pm$ 0,28Ac	25,90 $\pm$ 1,87Ab	25,54 $\pm$ 0,91Ac	26,05 $\pm$ 0,79Ab
<b>T7</b>	45,89 $\pm$ 3,60Aa	46,67 $\pm$ 3,11Aa	47,31 $\pm$ 4,95Aab	39,20 $\pm$ 4,08Aa	-	-
<b>T8</b>	45,03 $\pm$ 3,66Aa	49,88 $\pm$ 2,50Aa	45,17 $\pm$ 3,94Aab	41,33 $\pm$ 5,78Aa	42,31 $\pm$ 1,36Ab	-
<b>T9</b>	45,44 $\pm$ 4,72Aa	49,56 $\pm$ 3,54Aa	49,94 $\pm$ 2,18Aab	47,85 $\pm$ 0,27Aa	49,01 $\pm$ 2,01Aab	-
<b>T10</b>	26,40 $\pm$ 0,11Bb	27,22 $\pm$ 0,61Bb	53,21 $\pm$ 4,83Aa	-	-	-
<b>T11</b>	26,67 $\pm$ 0,64Bb	28,16 $\pm$ 1,44Bb	48,53 $\pm$ 4,16Aab	-	-	-
<b>T12</b>	26,19 $\pm$ 0,71Bb	30,52 $\pm$ 1,49Bb	43,47 $\pm$ 2,73Ab	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estágio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estágio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estágio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estágio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Tabela 4 - Valores médios de luminosidade ( $L^*$ ) da casca de camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=30) (continuação)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	49,35 $\pm$ 5,11Aa	44,06 $\pm$ 2,51Aa	47,29 $\pm$ 1,07Aa	45,27 $\pm$ 4,35Aa	43,32 $\pm$ 1,79Aa	41,94 $\pm$ 1,63Aa
<b>T2</b>	45,87 $\pm$ 1,10Aa	48,68 $\pm$ 3,53Aa	46,32 $\pm$ 3,79Aa	48,33 $\pm$ 2,49Aa	43,17 $\pm$ 3,73Aa	44,54 $\pm$ 5,32Aa
<b>T3</b>	46,17 $\pm$ 0,43ABa	49,94 $\pm$ 1,70ABa	47,26 $\pm$ 1,62ABa	47,31 $\pm$ 0,81ABa	-	-
<b>T4</b>	26,05 $\pm$ 0,85Ab	27,91 $\pm$ 1,87Ab	25,46 $\pm$ 0,90Ab	24,63 $\pm$ 1,46Ab	27,02 $\pm$ 1,10Ab	24,33 $\pm$ 0,57Ab
<b>T5</b>	26,04 $\pm$ 0,18Ab	25,46 $\pm$ 1,37Ab	25,13 $\pm$ 0,35Ab	26,05 $\pm$ 1,26Ab	26,44 $\pm$ 1,28Ab	25,93 $\pm$ 2,57Ab
<b>T6</b>	27,81 $\pm$ 0,42Ab	26,46 $\pm$ 0,94Ab	30,76 $\pm$ 1,01Ab	29,48 $\pm$ 1,17Ab	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estágio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estágio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estágio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estágio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

A cromaticidade ou saturação da cor do camu-camu quando refrigerado, se mostrou bem estável em relação ao tempo, não apresentando diferença significativa para os frutos no estágio 4, com exceção no terceiro e quinto dias, para o tratamento T6. Ocorreu uma diminuição significativa no estágio 2 para o controle (T1) e o irradiado com 0,5 kGy (T2). Para os frutos armazenados à temperatura ambiente, no estágio 4 (T10, T11, T12) tiveram um aumento significativo de saturação independente da irradiação. Já os frutos no estágio 2 irradiados e armazenados na mesma temperatura (25 °C) não apresentaram diferença significativa, com exceção do controle (T7) que teve seu valor de croma reduzido de 33,94 a 24,97 (Tabela 5). O croma mede o grau de afastamento do cinza, sua escala varia do zero (região difusa, mistura de todas as cores, caracterizando as variações de cinza) a 60 para uma cor pura (KONICA MINOLTA, 1998).

Estudando o camu-camu no estágio 4 em diferentes tamanhos, Moraes-de-Souza (2011) encontrou valores de 17,95; 17,63 e 17,80 para os pequenos, médios e grandes respectivamente. Os valores não apresentaram diferença estatística e estão próximos aos encontrados para o camu-camu no estágio 4 refrigerado que foram de 12,41 (T4), 13,62 (T5) e 14,76 (T6) no primeiro dia de análise (Tabela 5). Valores próximos a 40 foram encontrados por Bardales et al. (2008) para o camu-camu no estágio 2 e de 15 para o estágio 4, o autor verificou um uma diminuição da cromaticidade conforme o amadurecimento do fruto.

Tabela 5 - Valores médios de cromaticidade (saturação da cor) da casca de camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=30) (**continua**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	36,30 $\pm$ 1,99Aa	34,72 $\pm$ 1,61Aa	32,71 $\pm$ 1,34ABCab	31,89 $\pm$ 1,09ABCab	32,40 $\pm$ 1,73ABCa	31,08 $\pm$ 2,89ABCa
<b>T2</b>	36,90 $\pm$ 2,43Aa	34,54 $\pm$ 0,86ABa	33,31 $\pm$ 2,52ABab	33,67 $\pm$ 1,19ABa	33,67 $\pm$ 3,23ABa	33,83 $\pm$ 3,79ABa
<b>T3</b>	34,40 $\pm$ 3,00Aa	31,44 $\pm$ 2,74ABa	27,79 $\pm$ 3,53ABb	25,34 $\pm$ 0,93Bb	34,12 $\pm$ 0,77Aa	24,70 $\pm$ 1,2Bb
<b>T4</b>	12,41 $\pm$ 0,82Abc	9,76 $\pm$ 1,01Ab	15,09 $\pm$ 2,00Ac	10,89 $\pm$ 2,19Ac	12,30 $\pm$ 1,15Ab	9,26 $\pm$ 1,26Ab
<b>T5</b>	13,62 $\pm$ 1,31Ab	13,39 $\pm$ 1,53Ab	14,70 $\pm$ 1,37Ac	15,18 $\pm$ 0,20Ac	11,31 $\pm$ 1,52Ab	8,70 $\pm$ 0,88Ab
<b>T6</b>	14,76 $\pm$ 0,59ABb	10,86 $\pm$ 0,44Bb	10,01 $\pm$ 1,18Bc	13,83 $\pm$ 3,13ABc	13,52 $\pm$ 1,43ABb	14,15 $\pm$ 2,25ABb
<b>T7</b>	33,94 $\pm$ 2,24Aa	28,32 $\pm$ 1,64ABa	29,43 $\pm$ 2,02ABa	24,67 $\pm$ 1,83Bb	-	-
<b>T8</b>	32,71 $\pm$ 2,17Aa	31,07 $\pm$ 1,81Aa	28,33 $\pm$ 2,52Ab	26,80 $\pm$ 2,65Aab	27,21 $\pm$ 2,07Aa	-
<b>T9</b>	31,49 $\pm$ 1,30Aa	30,09 $\pm$ 2,59Aa	30,41 $\pm$ 2,68Aab	29,62 $\pm$ 0,65Aab	31,94 $\pm$ 1,95Aa	-
<b>T10</b>	5,71 $\pm$ 0,17Bc	8,73 $\pm$ 1,41Bb	36,38 $\pm$ 3,92Aa	-	-	-
<b>T11</b>	5,72 $\pm$ 0,44Bc	12,16 $\pm$ 1,87Bb	32,95 $\pm$ 3,93Aab	-	-	-
<b>T12</b>	5,54 $\pm$ 0,51Cc	15,28 $\pm$ 1,85Bb	27,67 $\pm$ 3,13Ab	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Tabela 5 - Valores médios de cromaticidade (saturação da cor) da casca de camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=30) (continuação)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	33,76 $\pm$ 3,64ABa	30,73 $\pm$ 1,84ABCa	31,39 $\pm$ 1,93ABCa	30,35 $\pm$ 1,94ABCa	27,25 $\pm$ 1,47BCa	26,45 $\pm$ 1,34Ca
<b>T2</b>	28,43 $\pm$ 1,76Ba	32,53 $\pm$ 2,48ABa	29,33 $\pm$ 2,38Ba	33,06 $\pm$ 2,03ABa	27,72 $\pm$ 4,86Ba	28,69 $\pm$ 2,96Ba
<b>T3</b>	29,45 $\pm$ 0,75ABa	31,39 $\pm$ 1,58ABa	26,77 $\pm$ 1,44Ba	28,13 $\pm$ 0,38ABa	-	-
<b>T4</b>	11,25 $\pm$ 1,67Ab	15,49 $\pm$ 2,57Ab	10,09 $\pm$ 2,04Ac	12,22 $\pm$ 1,14Ab	14,66 $\pm$ 2,15Ab	10,01 $\pm$ 0,86Ab
<b>T5</b>	11,50 $\pm$ 0,52Ab	12,72 $\pm$ 2,22Ab	10,69 $\pm$ 2,59Ac	13,76 $\pm$ 0,77Ab	13,31 $\pm$ 2,60Ab	11,90 $\pm$ 2,78Ab
<b>T6</b>	16,04 $\pm$ 0,57ABb	13,64 $\pm$ 0,64ABb	18,28 $\pm$ 0,50Ab	19,18 $\pm$ 1,76Ab	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

O ângulo de tonalidade *Hue* é a cor propriamente dita, grandeza que caracteriza a qualidade da cor. Está associado ao comprimento de onda do espectro visível, sendo o atributo qualitativo da cor (MACHADO et al., 1997). Com esse valor é possível situar um ponto em um grupo de cor permitindo visualizar as mudanças na cor dos frutos (AZZOLINI et al., 2004). O ângulo de tonalidade é expresso em graus e dividido em quadrantes, onde 330° a 25° corresponde ao vermelho, 25° a 70° corresponde ao laranja, 70° a 100° corresponde ao amarelo, 100° a 200° corresponde ao verde, 200° a 295° corresponde ao azul e 295° a 330° ao violeta (RAMOS; GOMIDE, 2007).

O camu-camu refrigerado no estádio 2 (T1, T2 e T3) não apresentou diferença significativa com o tempo, enquadrando a casca do camu-camu no amarelo, com valores no intervalo de 76,74 a 99,30°. No mesmo quadrante também ficou o camu-camu no estádio 2 armazenado a temperatura ambiente (T7, T8 e T9) com valores de 51,17 a 77,57°, indicando uma ligeira diminuição no ângulo de cor *Hue*, tendendo para o tom laranja. O camu-camu no estádio 4 armazenado sob refrigeração não sofreu alteração no ângulo de cor *Hue* pela irradiação (T4, T5, T6), mantendo o intervalo para todos os três tratamentos entre 32,50 a 43,78°, correspondente à cor laranja (Tabela 6).

A temperatura apresentou influência positiva em relação aos valores do ângulo de cor *Hue*, quando os frutos estiveram sob efeito da refrigeração a mesma conseguiu preservar a tonalidade da cor por 25 dias. O mesmo não aconteceu com os frutos em temperatura ambiente, os frutos no estádio 4 tiveram seus valores aumentados com o tempo, passando de 34,95° (valor médio T10, T11, T12) para 77,4° ao quinto dia de análise. Evidenciando a perda de cor, passando do laranja ao amarelo. Os frutos no estádio 2 tiveram seus valores reduzidos, com exceção dos frutos irradiados com 1 kGy (Tabela 6).

Segundo Bardales et al. (2008), o camu-camu (Tarapaca, Colombia) a princípio exibiu uma coloração verde, depois vermelho-alaranjado e finalmente a cor característica da casca, vermelho vinho afirmado pela redução do ângulo de cor *Hue*. Os autores encontraram valores de °*Hue* próximos a 40° para o camu-camu no estádio 2 e 10° para o fruto no estádio 4, valores inferiores ao encontrados na pesquisa. Já Moraes-de-Souza (2011) analisando camu-camu no estádio 4, encontrou valores de 40,65°; 31,94° e 25,43° para frutos pequenos, médios e grandes respectivamente. Pinto (2013), encontrou diminuição significativa do ângulo de cor para o camu-camu no estádio 2 ao longo de 9 dias de armazenamento a 22 °C, o autor encontrou 80,21° no primeiro dia de análise e 331,82° no último. Esse mesmo comportamento não foi observado na presente pesquisa.

Tabela 6 - Valores médios do ângulo de cor *Hue* (tonalidade de cor em graus) da casca de camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=30) (**continua**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	87,24 $\pm$ 1,03Aa	85,74 $\pm$ 5,30 Aa	83,20 $\pm$ 1,88 Aa	80,36 $\pm$ 9,71Aa	79,07 $\pm$ 16,56Aab	82,19 $\pm$ 3,92Aa
<b>T2</b>	89,82 $\pm$ 1,62Aa	81,57 $\pm$ 4,37 Aa	83,37 $\pm$ 0,96 Aa	83,68 $\pm$ 3,60Aa	89,44 $\pm$ 9,99Aa	87,87 $\pm$ 9,80Aa
<b>T3</b>	89,51 $\pm$ 1,27Aa	88,47 $\pm$ 9,24 Aa	84,66 $\pm$ 1,85 Aa	77,75 $\pm$ 3,66Aa	93,90 $\pm$ 3,30Aa	83,25 $\pm$ 2,17Aa
<b>T4</b>	33,96 $\pm$ 0,16Ab	33,14 $\pm$ 1,11 Ab	34,26 $\pm$ 3,83 Ac	33,69 $\pm$ 2,12Ac	34,20 $\pm$ 1,30 Ad	37,13 $\pm$ 3,27Ab
<b>T5</b>	34,20 $\pm$ 0,07Ab	37,56 $\pm$ 2,13 Ab	33,39 $\pm$ 3,42 Ac	35,02 $\pm$ 3,21Ac	37,08 $\pm$ 1,92 Ad	34,37 $\pm$ 1,73Ab
<b>T6</b>	34,41 $\pm$ 0,09Ab	32,50 $\pm$ 1,12 Ab	37,43 $\pm$ 4,39 Ac	34,50 $\pm$ 1,68Ac	35,63 $\pm$ 1,84Ad	32,94 $\pm$ 0,83Ab
<b>T7</b>	76,33 $\pm$ 4,61Aa	75,49 $\pm$ 8,06 Aa	76,16 $\pm$ 13,89 Aab	52,88 $\pm$ 11,65Bbc	-	-
<b>T8</b>	76,62 $\pm$ 2,91Aa	74,50 $\pm$ 6,98 Aa	61,56 $\pm$ 8,92 ABb	51,17 $\pm$ 14,54Bbc	54,45 $\pm$ 4,28Bcd	-
<b>T9</b>	77,57 $\pm$ 2,51Aa	76,16 $\pm$ 8,37 Aa	73,27 $\pm$ 1,72 Aab	64,51 $\pm$ 2,08Aab	68,10 $\pm$ 1,37Abc	-
<b>T10</b>	35,05 $\pm$ 0,05Ab	37,72 $\pm$ 1,22 Ab	84,67 $\pm$ 4,68Ba	-	-	-
<b>T11</b>	34,88 $\pm$ 0,12Ab	37,24 $\pm$ 2,61 Ab	78,13 $\pm$ 6,23Bab	-	-	-
<b>T12</b>	34,92 $\pm$ 0,13 Ab	36,76 $\pm$ 2,51Ab	69,39 $\pm$ 10,62Bab	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Tabela 6 - Valores médios do ângulo de cor *Hue* (tonalidade de cor em graus) da casca de camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=30) (**continuação**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	86,67 $\pm$ 10,31Aa	84,38 $\pm$ 5,82Aa	87,62 $\pm$ 2,75Aa	80,60 $\pm$ 8,81Aa	81,71 $\pm$ 6,05Aa	76,74 $\pm$ 2,40Aa
<b>T2</b>	79,03 $\pm$ 4,82Aa	91,04 $\pm$ 5,67Aa	83,41 $\pm$ 7,07Aa	90,05 $\pm$ 7,16Aa	79,47 $\pm$ 10,32Aa	81,07 $\pm$ 6,90Aa
<b>T3</b>	84,02 $\pm$ 7,42Aa	88,84 $\pm$ 3,30Aa	86,31 $\pm$ 3,60Aa	93,60 $\pm$ 0,75Aa	-	-
<b>T4</b>	43,78 $\pm$ 1,52Ab	37,45 $\pm$ 3,07Ab	38,11 $\pm$ 1,43Ab	36,96 $\pm$ 4,88Ab	33,81 $\pm$ 0,87Ab	38,08 $\pm$ 1,61Ab
<b>T5</b>	38,79 $\pm$ 2,52Ab	34,75 $\pm$ 3,27Ab	35,06 $\pm$ 5,91Ab	37,23 $\pm$ 4,25Ab	34,97 $\pm$ 0,55Ab	36,00 $\pm$ 2,70Ab
<b>T6</b>	34,55 $\pm$ 0,59Ab	35,80 $\pm$ 1,29Ab	36,25 $\pm$ 1,37Ab	35,23 $\pm$ 0,69Ab	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

De forma geral, a medição da cor instrumental para o camu-camu não se mostrou o melhor método. Visto que mudanças visuais nos frutos foram observadas e tais mudanças não foram detectadas por medidas instrumentais. Com 15 dias de armazenamento o camu-camu refrigerado e irradiado com 1 kGy já apresentava diferença visual dos demais tratamentos (Figura 7). O problema pode ser sanado com o treinamento de voluntários, que através de questionários determinariam mudanças visuais nas unidades experimentais ao longo do tempo.



Figura 7 – Fotos do camu-camu (*M. dubia*) estágio 4 e estágio 2, após 15 dias de armazenamento a 5 °C, com diferentes doses de irradiação (0; 0,5 kGy e 1 kGy)

Um importante atributo pós-colheita do camu-camu é a firmeza, onde segundo Chitarra e Chitarra (2005), medições com penetrômetro são bem correlacionadas com a percepção humana de firmeza e com a vida útil. O estágio de maturação teve influência significativa sobre a firmeza. De forma geral os frutos roxos (estádio 4) apresentaram valores inferiores aos do estágio 2. As doses de irradiação não apresentaram influência sobre a firmeza. Com o decorrer do tempo de armazenamento houve redução significativa nos valores para todos os tratamentos aplicados (Tabela 7).

Essa redução nos valores de firmeza pode ser atribuída à atividade de enzimas hidrolíticas, como a poligalacturonase e pectinametilesterase, as quais promovem a solubilização das pectinas constituintes da parede celular, resultando em perda de firmeza do fruto (ANTHON; BARRETT, 2002; JAIN et al., 2009).

Tabela 7 - Valores médios de firmeza (Newton) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=30) (continua)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	20,94 $\pm$ 1,35ABCa	25,25 $\pm$ 1,83Aa	14,38 $\pm$ 0,57Da	21,57 $\pm$ 1,28ABa	17,36 $\pm$ 1,02BCDa	21,15 $\pm$ 2,75ABa
<b>T2</b>	23,40 $\pm$ 0,65Aa	21,70 $\pm$ 1,15ABab	12,81 $\pm$ 1,77CDEab	17,20 $\pm$ 4,19ABCDab	16,93 $\pm$ 0,75BCDa	19,06 $\pm$ 1,21ABCa
<b>T3</b>	24,81 $\pm$ 2,46Aa	15,69 $\pm$ 3,04Bbc	8,83 $\pm$ 0,69Cabc	12,68 $\pm$ 5,64BCb	16,02 $\pm$ 1,55Ba	10,66 $\pm$ 1,68BCb
<b>T4</b>	11,41 $\pm$ 2,04Ab	10,85 $\pm$ 0,62Acd	6,52 $\pm$ 1,47ABbcd	9,41 $\pm$ 0,64Acd	7,84 $\pm$ 1,48ABb	11,45 $\pm$ 2,08Ab
<b>T5</b>	11,74 $\pm$ 1,31Ab	10,56 $\pm$ 0,62ABcd	9,18 $\pm$ 0,20Babc	8,40 $\pm$ 0,96Bcd	6,63 $\pm$ 0,85ABCb	10,92 $\pm$ 1,28Ab
<b>T6</b>	7,71 $\pm$ 1,87ABb	4,77 $\pm$ 0,40ABd	10,00 $\pm$ 1,95Aabc	4,19 $\pm$ 2,92ABd	5,36 $\pm$ 2,37ABb	3,99 $\pm$ 1,95ABc
<b>T7</b>	23,14 $\pm$ 2,42Aa	15,79 $\pm$ 1,62Bbc	9,87 $\pm$ 0,98BCabc	8,56 $\pm$ 1,38Ccd	-	-
<b>T8</b>	21,64 $\pm$ 1,37Aa	19,88 $\pm$ 1,46ABab	10,17 $\pm$ 0,82Cabc	14,45 $\pm$ 3,20BCbc	15,40 $\pm$ 0,97ABCa	-
<b>T9</b>	20,01 $\pm$ 1,42Aa	19,48 $\pm$ 1,76Aab	8,92 $\pm$ 0,77Babc	12,52 $\pm$ 2,60Bb	14,38 $\pm$ 0,64ABa	-
<b>T10</b>	11,31 $\pm$ 1,44Ab	9,02 $\pm$ 1,29Ad	1,99 $\pm$ 1,66Bd	-	-	-
<b>T11</b>	13,16 $\pm$ 1,06Ab	8,17 $\pm$ 2,50ABd	4,28 $\pm$ 1,90Bcd	-	-	-
<b>T12</b>	8,53 $\pm$ 1,13Ab	5,07 $\pm$ 1,08ABd	2,03 $\pm$ 0,60Bd	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estágio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estágio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estágio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estágio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Tabela 7 - Valores médios de firmeza (Newton) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=30) (continuação)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	18,90 $\pm$ 2,69ABCDa	18,99 $\pm$ 2,01ABCDa	17,06 $\pm$ 2,08BCDa	14,64 $\pm$ 2,73CDa	13,08 $\pm$ 1,33Da	5,07 $\pm$ 0,45Eab
<b>T2</b>	14,58 $\pm$ 1,28CDEab	15,20 $\pm$ 2,39CDa	13,76 $\pm$ 2,08CDEa	13,21 $\pm$ 3,1CDEab	12,26 $\pm$ 2,06DEab	8,34 $\pm$ 2,03Ea
<b>T3</b>	12,59 $\pm$ 2,14BCabc	12,91 $\pm$ 1,17BCab	7,13 $\pm$ 0,46Ccd	7,12 $\pm$ 2,26Cbc	-	-
<b>T4</b>	8,53 $\pm$ 1,77ABbd	6,90 $\pm$ 1,34ABbc	8,64 $\pm$ 2,77ABbc	6,67 $\pm$ 1,93ABc	6,64 $\pm$ 1,24ABbc	2,81 $\pm$ 1,04Bab
<b>T5</b>	7,91 $\pm$ 2,33ABcd	5,66 $\pm$ 0,15ABCc	8,89 $\pm$ 1,59ABb	6,44 $\pm$ 0,41ABCc	4,28 $\pm$ 0,90BCc	0,98 $\pm$ 0,69Cb
<b>T6</b>	2,85 $\pm$ 0,71Bd	3,40 $\pm$ 2,01Bc	2,09 $\pm$ 0,41Bd	1,86 $\pm$ 1,09Bc	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Os açúcares representam uma boa parte dos compostos solúveis nos frutos, mas outros compostos tais como vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas, também são representados pela avaliação dos sólidos solúveis totais, medidos em °Brix (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Pelos resultados observados na Tabela 8, constata-se uma variação de sólidos solúveis de 3,7 a 8,53 °Brix pra todos os tratamentos estudados. Embora haja algumas diferenças estatísticas, de uma forma geral a dose de irradiação, a temperatura e o ponto de maturação tiveram pouca influência no teor dos sólidos solúveis totais. No camu-camu os açúcares estão presentes em baixas concentrações, o teor de sólidos solúveis é representado por ácidos orgânicos que correspondem cerca de 40% de sua composição (ALVEZ et al., 2002).

Outros autores também observaram essa pequena variação nos teores de sólidos solúveis. Pinto (2013), encontrou para o camu-camu no estádio 2 valor de 6 °Brix e para o roxo (estádio 4) 8,3 °Brix, segundo o autor, os mesmos valores permaneceram constantes ao longo do período de armazenamento a 22 °C. Silva (2012) encontrou valores próximos a 5,5 e 6,71 °Brix para o camu-camu nos estádios 2 e 4, respectivamente, colhidos na região de Cantá – Roraima. Já Grigio et al. (2012) observaram um incremento nos valores de sólidos solúveis para o camu-camu no estádio 4 a partir do primeiro dia, tendo seu valor máximo alcançado no quarto dia de análise (7,44 °Brix), com decréscimo desse valor para 4,5 no oitavo dia de análise.

Tabela 8 - Valores médios de Sólidos Solúveis (°Brix) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=3) (**continua**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	6,50 $\pm$ 0,40Aab	4,57 $\pm$ 0,32ABc	6,50 $\pm$ 0,36Abc	5,23 $\pm$ 0,57ABab	4,07 $\pm$ 1,36Bc	5,40 $\pm$ 0,82ABab
<b>T2</b>	6,07 $\pm$ 0,55ABab	5,67 $\pm$ 0,29ABCabc	7,37 $\pm$ 0,81Aabc	5,63 $\pm$ 0,21ABCab	4,97 $\pm$ 0,15BCbc	5,60 $\pm$ 1,22ABCa
<b>T3</b>	5,73 $\pm$ 0,25Aab	5,57 $\pm$ 0,67Aabc	6,03 $\pm$ 0,70Ac	5,37 $\pm$ 0,59Aab	5,03 $\pm$ 0,38Abc	4,13 $\pm$ 1,54Ab
<b>T4</b>	7,10 $\pm$ 0,40ABa	6,77 $\pm$ 0,61ABabc	7,63 $\pm$ 0,35Aabc	6,77 $\pm$ 0,70ABa	7,27 $\pm$ 0,32ABa	6,70 $\pm$ 1,30ABa
<b>T5</b>	6,90 $\pm$ 0,26Aab	6,43 $\pm$ 0,21Aabc	7,43 $\pm$ 0,51Aabc	6,10 $\pm$ 0,26Aab	6,53 $\pm$ 0,64Aab	7,07 $\pm$ 1,06Aa
<b>T6</b>	6,67 $\pm$ 0,55ABCab	6,43 $\pm$ 0,85ABCabc	8,07 $\pm$ 0,21Aab	6,27 $\pm$ 0,45ABCab	5,17 $\pm$ 0,15Cbc	7,17 $\pm$ 1,90ABa
<b>T7</b>	6,00 $\pm$ 0,26ABab	5,47 $\pm$ 0,55ABabc	6,63 $\pm$ 0,51Aabc	4,47 $\pm$ 0,6Bb	-	-
<b>T8</b>	6,33 $\pm$ 0,47Aab	4,93 $\pm$ 0,60Abc	6,60 $\pm$ 0,70Aabc	5,90 $\pm$ 0,26Aab	5,90 $\pm$ 0,26Aabc	-
<b>T9</b>	5,13 $\pm$ 0,32ABCb	4,73 $\pm$ 0,61BCc	6,73 $\pm$ 1,02Aabc	4,50 $\pm$ 0,61Cb	6,63 $\pm$ 0,32ABab	-
<b>T10</b>	6,83 $\pm$ 0,21Aab	7,00 $\pm$ 0,36Aa	8,23 $\pm$ 0,65Aab	-	-	-
<b>T11</b>	5,90 $\pm$ 0,10Bab	5,87 $\pm$ 0,51Babc	8,53 $\pm$ 0,21Aa	-	-	-
<b>T12</b>	6,43 $\pm$ 0,21Aab	6,73 $\pm$ 0,21Aab	8,00 $\pm$ 0,50Aab	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Tabela 8 - Valores médios de Sólidos Solúveis (°Brix) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=3) (continuação)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	4,60 $\pm$ 0,20ABb	4,27 $\pm$ 0,25Bab	5,10 $\pm$ 0,15ABa	4,37 $\pm$ 0,93Bb	3,97 $\pm$ 0,12Bb	5,50 $\pm$ 0,30ABbc
<b>T2</b>	4,47 $\pm$ 0,15BCb	3,73 $\pm$ 0,83Cb	4,63 $\pm$ 0,15BCa	4,60 $\pm$ 0,62BCb	4,33 $\pm$ 0,15BCb	4,73 $\pm$ 0,49BCc
<b>T3</b>	4,50 $\pm$ 0,17Ab	4,30 $\pm$ 0,30Aab	4,57 $\pm$ 0,44Aa	4,47 $\pm$ 0,35Ab	-	-
<b>T4</b>	5,83 $\pm$ 0,60ABab	6,10 $\pm$ 0,10ABa	6,43 $\pm$ 0,26ABa	7,23 $\pm$ 0,51ABa	5,63 $\pm$ 0,65Bab	7,53 $\pm$ 0,49ABa
<b>T5</b>	6,57 $\pm$ 0,61Aa	5,97 $\pm$ 0,12Aa	6,50 $\pm$ 0,93Aa	5,63 $\pm$ 0,9Aab	6,07 $\pm$ 0,32Aa	6,80 $\pm$ 0,56Aab
<b>T6</b>	6,67 $\pm$ 0,80ABCa	6,10 $\pm$ 0,10Ca	6,20 $\pm$ 0,62ABCa	6,80 $\pm$ 0,35ABCa	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Comparando-se as médias de acidez titulável de cada um dos tratamentos, controle e irradiado, em todo período de armazenamento, percebe-se que não houve diferença estatística entre elas ( $p < 0,05$ ), evidenciando que a radiação gama não teve efeito significativo na acidez titulável do camu-camu. O índice de acidez, dos tratamentos mantidos à temperatura ambiente (T7, T8, T9, T10, T11 e T12), se manteve praticamente estável ao longo do período de armazenamento. Os frutos refrigerados (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) apresentaram comportamento decrescente, com as maiores médias no primeiro dia de análise e as menores no período final (Tabela 9). A presença de ácidos orgânicos nos frutos é medida através da acidez titulável. Esse teor tende a diminuir durante o processo de maturação devido à oxidação dos ácidos em decorrência da respiração, sendo também fundamental na síntese de compostos fenólicos, lipídios e aromas voláteis (BRODY, 1996; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Viera et al. (2010), analisando o fruto de camu-camu no estágio 4 para a elaboração de licor, obtiveram valor médio de 2,17 g de ácido cítrico  $100 \text{ g}^{-1}$  de acidez para a polpa. Valor inferior a 2,74 encontrado por Arevalo (2007), para o camu-camu no estágio 4. Já Alves et al. (2002) encontraram valores médios para o camu-camu nos estádios 2 e 4 de 2,86 e 2,63%, respectivamente. No presente trabalho, o valor médio foi 2,44% para o estágio 2 e 2,64% para o estágio 4.

Tabela 9 - Valores médios de acidez titulável (g de ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup>) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios ± DP, n=3) (**continua**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	2,99±0,06Aab	2,68±0,16ABa	2,51±0,06ABCa	2,40±0,17BCDab	2,32±0,0BCDa	2,02±0,08CDb
<b>T2</b>	2,77±0,16Aab	2,38±0,11ABCa	2,26±0,12ABCa	2,41±0,22ABCab	2,28±0,08ABCa	2,23±0,08ABCab
<b>T3</b>	2,77±0,05Aab	2,75±0,30Aa	2,63±0,19Aa	2,34±0,19Aab	2,36±0,07Aa	2,32±0,13Aab
<b>T4</b>	2,70±0,26ABab	2,48±0,08ABCa	2,43±0,10ABCa	2,77±0,15Aa	2,53±0,08ABCa	2,40±0,14ABCab
<b>T5</b>	2,99±0,12Aab	2,42±0,23ABa	2,38±0,19Ba	2,50±0,04ABab	2,40±0,07Ba	2,57±0,13ABab
<b>T6</b>	3,23±0,28Aa	2,36±0,07Ba	2,33±0,04Ba	2,68±0,02ABab	2,53±0,08Ba	2,61±0,08Ba
<b>T7</b>	2,49±0,19ABb	2,79±0,16Aa	2,20±0,09Ba	2,35±0,40Aab	-	-
<b>T8</b>	2,65±0,27ABab	2,85±0,43Aa	2,26±0,17Ba	2,38±0,10ABab	2,23±0,07Ba	-
<b>T9</b>	2,80±0,03Aab	2,80±0,03Aa	2,21±0,07Ba	2,16±0,18Bb	2,27±0,07ABa	-
<b>T10</b>	2,73±0,23Aab	2,65±0,41Aa	2,76±0,54Aa	-	-	-
<b>T11</b>	2,78±0,19Aab	2,82±0,15Aa	2,46±0,03Aa	-	-	-
<b>T12</b>	2,93±0,26Aab	2,64±0,09Aa	2,56±0,03Aa	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Tabela 9 - Valores médios de acidez titulável (g de ácido cítrico 100 g<sup>-1</sup>) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios ± DP, n=3) (**continuação**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	2,23±0,08BCDa	2,36±0,07BCDa	2,15±0,08BCDa	2,06±0,23CDa	2,32±0,13BCDa	1,93±0,13Da
<b>T2</b>	2,40±0,07ABCa	2,48±0,08ABa	2,23±0,08ABCa	2,15±0,08BCa	2,28±0,08ABCa	1,89±0,20Ca
<b>T3</b>	2,40±0,19Aa	2,40±0,07Aa	2,28±0,08Aa	2,23±0,08Aa	-	-
<b>T4</b>	2,44±0,00ABCa	2,28±0,08ABCa	2,48±0,08ABCa	2,32±0,13ABCa	2,06±0,01Ca	2,19±0,26BCa
<b>T5</b>	2,61±0,20ABa	2,28±0,08Ba	2,40±0,07Ba	2,40±0,07Ba	2,06±0,01Ba	2,23±0,08Ba
<b>T6</b>	2,61±0,08Ba	2,44±0,13Ba	2,70±0,0ABa	2,57±0,0Ba	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Segundo Cavalini (2004), o *ratio* sofre um acréscimo durante a maturação, devido ao aumento nos teores de açúcares e à diminuição dos ácidos orgânicos. No camu-camu não foi verificado esse comportamento, talvez pelo fato do fruto apresentar baixa concentração de açúcar e alta concentração de ácidos orgânicos. Assim como os sólidos solúveis e a acidez titulável, o *ratio* do camu-camu foi constante ao longo do período de armazenamento. A temperatura não influenciou nos valores encontrados, assim como a irradiação não alterou significativamente os índices (Tabela 10). A relação sólidos solúveis / acidez titulável, ou índice de palatabilidade, é usada para estimar a qualidade sensorial do fruto, pois relaciona a qualidade de açúcares e ácidos presentes (ZAPATTA; DUFOR, 1993; ALVEZ et al., 2002).

Os valores de *ratio* variaram entre 1,51 e 3,48 valores muito baixos quando comparados com outras frutas. Souza et al. (2009) encontraram valores médios de 38,33 para o pêssago maduro, valor este que chegou a 66,5 após 15 dias de armazenamento. Esses baixos valores, corroboram com os índices encontrados por Alvez et al. (2002), com valor médio de 2,24 para os frutos no estágio 2 e 2,42 para o estágio 4, os quais não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Maeda e Andrade (2003) encontraram valor médio de 1,65 e Silva et al. (2005), valor de 2,81.

Tabela 10 - Valores médios de *ratio* (razão entre sólidos solúveis e acidez titulável) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=3) (**continua**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	2,18 $\pm$ 0,14ABa	1,71 $\pm$ 0,18Bc	2,59 $\pm$ 0,12ABab	2,20 $\pm$ 0,38ABa	1,76 $\pm$ 0,59Bb	2,68 $\pm$ 0,43ABa
<b>T2</b>	2,20 $\pm$ 0,30BCa	2,38 $\pm$ 0,01ABCabc	3,26 $\pm$ 0,29Aab	2,35 $\pm$ 0,23ABCa	2,18 $\pm$ 0,02BCa	2,53 $\pm$ 0,62ABab
<b>T3</b>	2,07 $\pm$ 0,06Aa	2,05 $\pm$ 0,39Aabc	2,31 $\pm$ 0,43Ab	2,30 $\pm$ 0,22Aa	2,14 $\pm$ 0,13Aab	1,81 $\pm$ 0,77Ab
<b>T4</b>	2,64 $\pm$ 0,21ABa	2,72 $\pm$ 0,19ABab	3,15 $\pm$ 0,12ABab	2,45 $\pm$ 0,39Ba	2,88 $\pm$ 0,20ABa	2,82 $\pm$ 0,69ABa
<b>T5</b>	2,31 $\pm$ 0,18Aa	2,67 $\pm$ 0,17Aab	3,13 $\pm$ 0,07Aab	2,44 $\pm$ 0,10Aa	2,71 $\pm$ 0,19Aab	2,75 $\pm$ 0,16Aab
<b>T6</b>	2,07 $\pm$ 0,08Ba	2,72 $\pm$ 0,28ABab	3,46 $\pm$ 0,06Aa	2,34 $\pm$ 0,16Ba	2,04 $\pm$ 0,12Bab	2,74 $\pm$ 0,26ABa
<b>T7</b>	2,42 $\pm$ 0,21ABa	1,97 $\pm$ 0,24Babc	3,02 $\pm$ 0,29Aab	1,94 $\pm$ 0,33Ba	-	-
<b>T8</b>	2,41 $\pm$ 0,40ABa	1,74 $\pm$ 0,18Bbc	2,95 $\pm$ 0,54Aab	2,48 $\pm$ 0,06ABa	2,65 $\pm$ 0,19ABa	-
<b>T9</b>	1,83 $\pm$ 0,13Ba	1,69 $\pm$ 0,21Bc	3,04 $\pm$ 0,37Aab	2,10 $\pm$ 0,33ABa	2,92 $\pm$ 0,24Aa	-
<b>T10</b>	2,70 $\pm$ 0,56Aa	2,89 $\pm$ 0,12Aa	3,40 $\pm$ 0,23Aa	-	-	-
<b>T11</b>	2,09 $\pm$ 0,25Ba	2,38 $\pm$ 0,21Babc	3,47 $\pm$ 0,13Aa	-	-	-
<b>T12</b>	2,55 $\pm$ 0,01Aa	2,64 $\pm$ 0,9Aabc	3,47 $\pm$ 0,40Aa	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estágio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estágio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estágio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estágio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Tabela 10 - Valores médios de *ratio* (razão entre sólidos solúveis e acidez titulável) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=3) (**continuação**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	2,06 $\pm$ 0,11ABa	1,81 $\pm$ 0,11Bab	2,38 $\pm$ 0,10ABa	2,12 $\pm$ 0,44ABb	1,72 $\pm$ 0,10Bc	2,86 $\pm$ 0,29Aa
<b>T2</b>	1,86 $\pm$ 0,02BCa	1,51 $\pm$ 0,37Cb	2,08 $\pm$ 0,10BCa	2,15 $\pm$ 0,32BCa	1,91 $\pm$ 0,04BCbc	2,51 $\pm$ 0,16ABa
<b>T3</b>	1,88 $\pm$ 0,19Aa	1,79 $\pm$ 0,13Aab	2,01 $\pm$ 0,02Aa	2,18 $\pm$ 0,15Aab	-	-
<b>T4</b>	2,39 $\pm$ 0,25Ba	2,69 $\pm$ 0,13ABa	2,59 $\pm$ 0,11ABa	3,14 $\pm$ 0,38ABa	2,76 $\pm$ 0,49ABab	3,48 $\pm$ 0,46Aa
<b>T5</b>	2,51 $\pm$ 0,21Aa	2,63 $\pm$ 0,08Aab	2,71 $\pm$ 0,27Aa	2,35 $\pm$ 0,41Ab	2,96 $\pm$ 0,33Aa	3,05 $\pm$ 0,33Aa
<b>T6</b>	2,55 $\pm$ 0,25ABa	2,50 $\pm$ 0,12ABab	2,30 $\pm$ 0,10Ba	2,65 $\pm$ 0,13ABb	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

O pH do camu-camu se mostrou bastante estável nos tratamentos aplicados e em relação ao tempo, os valores apresentaram oscilação entre 2,13 e 2,93. Não foram observadas alterações significativas e, de forma geral, os valores diminuíram com o tempo. Comparando o primeiro e o último dia de análise, os tratamentos T3, T4, T5 e T6 tiveram redução ( $p < 0,05$ ) em seus valores. A temperatura e a irradiação não apresentaram influência significativa (Tabela 11). Em relação ao pH, o valor obtido é importante por ser um fator limitante para o crescimento de bactérias patogênicas, além de favorecer a estabilidade do ácido ascórbico, uma vez que esta vitamina tem maior estabilidade em pH ácido.

Caracterizando a polpa de camu-camu, Maeda et al. (2007) encontraram valor médio para o pH de 2,64. Já quando o mesmo autor estudou a estabilidade do pH em néctar de camu-camu, em todos os tratamentos aplicados pelo autor (diferentes temperaturas, presença e ausência de luz) o pH diminuiu ao longo de 120 dias.

Tabela 11 - Valores médios de pH do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=3) (continua)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	2,76 $\pm$ 0,01ABa	2,60 $\pm$ 0,00ABCDa	2,58 $\pm$ 0,04BCDc	2,77 $\pm$ 0,05Aabc	2,69 $\pm$ 0,03ABCab	2,78 $\pm$ 0,04Aa
<b>T2</b>	2,72 $\pm$ 0,02ABa	2,71 $\pm$ 0,04Aa	2,64 $\pm$ 0,04ABCabc	2,79 $\pm$ 0,02Aab	2,69 $\pm$ 0,05ABCab	2,75 $\pm$ 0,05ABab
<b>T3</b>	2,76 $\pm$ 0,02Aa	2,62 $\pm$ 0,01ABa	2,59 $\pm$ 0,03ABbc	2,66 $\pm$ 0,03ABbc	2,59 $\pm$ 0,07ABab	2,48 $\pm$ 0,07BCc
<b>T4</b>	2,69 $\pm$ 0,04ABa	2,63 $\pm$ 0,04ABCa	2,56 $\pm$ 0,07BCDc	2,78 $\pm$ 0,09Aabc	2,52 $\pm$ 0,01BCDb	2,58 $\pm$ 0,05Cbc
<b>T5</b>	2,69 $\pm$ 0,02ABa	2,67 $\pm$ 0,00ABa	2,59 $\pm$ 0,02ABCbc	2,77 $\pm$ 0,06Aabc	2,58 $\pm$ 0,01Aab	2,57 $\pm$ 0,05Bbc
<b>T6</b>	2,68 $\pm$ 0,01Aa	2,63 $\pm$ 0,03ABa	2,64 $\pm$ 0,19ABabc	2,60 $\pm$ 0,04ABCc	2,56 $\pm$ 0,05ABCab	2,43 $\pm$ 0,04CDc
<b>T7</b>	2,75 $\pm$ 0,00Aa	2,77 $\pm$ 0,01Aa	2,80 $\pm$ 0,03Aa	2,85 $\pm$ 0,08Aa	-	-
<b>T8</b>	2,72 $\pm$ 0,01Ba	2,77 $\pm$ 0,01ABa	2,77 $\pm$ 0,02ABab	2,93 $\pm$ 0,12Aa	2,70 $\pm$ 0,02Ba	-
<b>T9</b>	2,73 $\pm$ 0,05Aa	2,74 $\pm$ 0,05Aa	2,80 $\pm$ 0,08Aa	2,83 $\pm$ 0,06Aab	2,67 $\pm$ 0,03Aab	-
<b>T10</b>	2,74 $\pm$ 0,03Aa	2,74 $\pm$ 0,05Aa	2,66 $\pm$ 0,03Aabc	-	-	-
<b>T11</b>	2,74 $\pm$ 0,05Aa	2,70 $\pm$ 0,05Aa	2,68 $\pm$ 0,04Aabc	-	-	-
<b>T12</b>	2,70 $\pm$ 0,02Aa	2,63 $\pm$ 0,02Aa	2,60 $\pm$ 0,03Abc	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Tabela 11 - Valores médios de pH do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=3) (continuação)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	2,63 $\pm$ 0,01ABCDa	2,64 $\pm$ 0,04ABCDab	2,64 $\pm$ 0,04ABCDa	2,56 $\pm$ 0,02CDa	2,46 $\pm$ 0,01Da	2,66 $\pm$ 0,04ABCa
<b>T2</b>	2,58 $\pm$ 0,05BCa	2,72 $\pm$ 0,12ABa	2,64 $\pm$ 0,03ABCa	2,13 $\pm$ 0,05Dc	2,53 $\pm$ 0,09Ca	2,61 $\pm$ 0,03ABCab
<b>T3</b>	2,58 $\pm$ 0,11ABa	2,51 $\pm$ 0,07BCbc	2,38 $\pm$ 0,04Cb	2,49 $\pm$ 0,06BCa	-	-
<b>T4</b>	2,62 $\pm$ 0,07ABCa	2,60 $\pm$ 0,13BCabc	2,67 $\pm$ 0,02ABa	2,45 $\pm$ 0,02CDa	2,39 $\pm$ 0,07Da	2,48 $\pm$ 0,06CDab
<b>T5</b>	2,54 $\pm$ 0,04Ba	2,53 $\pm$ 0,05Bbc	2,62 $\pm$ 0,05ABa	2,28 $\pm$ 0,03Dbc	2,37 $\pm$ 0,07Ad	2,43 $\pm$ 0,09Cb
<b>T6</b>	2,46 $\pm$ 0,03BCDa	2,42 $\pm$ 0,01CDc	2,36 $\pm$ 0,04Db	2,42 $\pm$ 0,03CDab	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Os valores médios de antocianinas (mg eq. cianidina 3-glicosídeo  $100\text{ g}^{-1}$ ) encontrados neste estudo foram estáveis ao longo do armazenamento para todos os tratamentos. A temperatura não teve influência ( $p < 0,05$ ) sobre as antocianinas. O mesmo aconteceu com a irradiação. A única exceção foi o T12 onde seu conteúdo foi reduzido de 63,55 para 27,62 mg  $100\text{ g}^{-1}$  no terceiro dia de armazenamento (Tabela 12). A ingestão diária estimada de antocianinas é alta (estimada de 180 e 215 mg / dia), em comparação com a ingestão de outros flavonóides dietéticos tais como genisteína e quercetina (estimada em 20-25 mg / dia) (HERTOG et al., 1993). O camu-camu teve em média 50,33 mg  $100\text{ g}^{-1}$  para o estágio 4, o que significa 28% das necessidades diárias de antocianinas, o que faz do camu-camu um fruto fonte desse pigmento.

Segundo Zanatta (2004), mediante espectrometria de massa e espectroscopia de ressonância magnética nuclear de prótons, a cianidina-3- glicosídeo representou 88% do total das antocianinas e a delphinidina-3-glicosídeo contribuiu com 3 a 4%. Na mesma pesquisa o autor quantificou  $56,4 \pm 26,7$  mg de antocianinas  $100\text{ g}^{-1}$  de polpa de camu-camu provenientes da região de Iguape, e  $30,1 \pm 5,5$  mg  $100\text{ g}^{-1}$  de polpa de camu-camu de Mirandópolis, ambas regiões do estado de São Paulo.

Maeda et al. (2007), relataram valores bem inferiores aos encontrados na pesquisa para o camu-camu no estágio 4. Os frutos provenientes de Rio Preto da Eva - Amazonas, tiveram média de 9,98 mg  $100\text{ g}^{-1}$ . Pinto (2013), observou um acréscimo de 200% no teor de antocianinas para os frutos no estágio 2, subindo de 10 para 30 mg  $100\text{ g}^{-1}$  (valores aproximados) e 24 para 45 mg  $100\text{ g}^{-1}$  (valores aproximados) no estágio 4, quando os frutos foram armazenados à temperatura de 22 °C. O mesmo autor não verificou crescimento no teor das antocianinas no fruto roxo (estádio 4) quando armazenado a 5 °C. Moraes-de-Souza (2012), analisando a estabilidade da polpa de camu-camu no estágio 4, encontrou valores iniciais de 50,27 para polpa congelada, que ao longo de 125 dias se manteve constante, com teor final de 49,61 mg  $100\text{ g}^{-1}$ .

Tabela 12 - Valores médios de antocianinas (mg eq. cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup>) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=6) (**continua**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	6,32 $\pm$ 2,07Ab	7,10 $\pm$ 2,64Acd	5,68 $\pm$ 2,04Ad	9,80 $\pm$ 1,80Ab	7,74 $\pm$ 1,87Ab	9,84 $\pm$ 1,15Ab
<b>T2</b>	6,28 $\pm$ 2,37Ab	10,76 $\pm$ 1,61Acd	5,16 $\pm$ 1,11Ad	6,60 $\pm$ 2,79Ab	6,06 $\pm$ 2,65Ab	9,60 $\pm$ 0,80Ab
<b>T3</b>	3,71 $\pm$ 1,30Ab	7,83 $\pm$ 2,01Acd	4,74 $\pm$ 1,36Ad	4,51 $\pm$ 0,23Ab	3,96 $\pm$ 1,17Ab	10,51 $\pm$ 6,71Ab
<b>T4</b>	50,50 $\pm$ 6,40ABa	56,75 $\pm$ 6,15ABa	42,14 $\pm$ 4,61Bab	53,70 $\pm$ 13,64ABa	57,62 $\pm$ 15,05ABa	71,33 $\pm$ 3,59Aa
<b>T5</b>	45,64 $\pm$ 7,43ABa	46,07 $\pm$ 4,79ABab	43,75 $\pm$ 5,00ABab	55,83 $\pm$ 16,18ABa	47,63 $\pm$ 17,57ABa	64,31 $\pm$ 5,72Aa
<b>T6</b>	50,50 $\pm$ 6,74Aa	50,68 $\pm$ 11,72Aa	60,23 $\pm$ 4,67Aa	54,37 $\pm$ 16,77Aa	49,11 $\pm$ 10,14Aa	52,46 $\pm$ 5,51Aa
<b>T7</b>	6,89 $\pm$ 1,48Ab	8,99 $\pm$ 1,29Acd	10,37 $\pm$ 0,76Acd	8,22 $\pm$ 2,38Ab	-	-
<b>T8</b>	6,25 $\pm$ 1,47Ab	8,29 $\pm$ 1,86Acd	9,11 $\pm$ 2,55Acd	10,16 $\pm$ 5,12Ab	9,57 $\pm$ 2,15Ab	-
<b>T9</b>	4,34 $\pm$ 2,03Ab	3,83 $\pm$ 1,36Ad	4,48 $\pm$ 1,76Ad	11,40 $\pm$ 5,39Ab	7,55 $\pm$ 1,78Ab	-
<b>T10</b>	48,50 $\pm$ 5,29Aa	55,26 $\pm$ 12,25Aa	45,38 $\pm$ 8,39Aab	-	-	-
<b>T11</b>	43,17 $\pm$ 2,86Aa	39,05 $\pm$ 4,57Aab	47,09 $\pm$ 10,89Aab	-	-	-
<b>T12</b>	63,55 $\pm$ 8,08Aa	27,62 $\pm$ 7,60Bbc	31,14 $\pm$ 11,41Bbc	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Tabela 12 - Valores médios de antocianinas (mg eq. cianidina 3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup>) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=6) (**continuação**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	5,26 $\pm$ 0,54Ab	8,80 $\pm$ 0,17Ab	11,40 $\pm$ 2,60Ab	4,68 $\pm$ 0,807Ab	3,83 $\pm$ 0,48Ab	4,80 $\pm$ 0,80Ab
<b>T2</b>	3,24 $\pm$ 1,03Ab	8,11 $\pm$ 0,91Ab	9,08 $\pm$ 1,92Ab	3,88 $\pm$ 0,5Ab	73,03,72 $\pm$ Ab	5,19 $\pm$ 0,25Ab
<b>T3</b>	4,03 $\pm$ 0,80Ab	8,93 $\pm$ 2,24Ab	7,78 $\pm$ 3,76Ab	2,18 $\pm$ 0,852Ab	-	-
<b>T4</b>	58,60 $\pm$ 5,72ABa	61,83 $\pm$ 3,34ABa	64,88 $\pm$ 2,75Aa	56,50 $\pm$ 12,56ABa	49,90 $\pm$ 7,68ABa	54,56 $\pm$ 7,56ABa
<b>T5</b>	56,81 $\pm$ 4,78ABa	66,12 $\pm$ 2,04Aa	65,14 $\pm$ 5,819Aa	36,67 $\pm$ 10,16Ba	52,59 $\pm$ 8,52ABa	44,95 $\pm$ 7,08ABa
<b>T6</b>	41,21 $\pm$ 10,13Aa	49,33 $\pm$ 5,79Aa	54,88 $\pm$ 4,845Aa	37,92 $\pm$ 5,014Aa	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Já está consagrado pela literatura que quando colhido, as antocianinas estão presentes na casca do camu-camu. Pinto (2013), encontrou valores de 1,87 e 175 mg 100 g<sup>-1</sup>, para a polpa e a casca, respectivamente, assim como Maeda et al. (2006), que constataram conteúdo de 181,38 mg 100 g<sup>-1</sup> no epicarpo e de apenas 0,14 mg 100 g<sup>-1</sup> no mesocarpo do camu-camu. Essa característica do camu-camu faz da utilização da casca na polpa desejável do ponto de vista nutricional e sensorial, resultando em cor atraente ao produto. No entanto, no presente estudo, foram verificados a perda de cor do epicarpo e o aumento no mesocarpo, sugerindo uma migração dos pigmentos da casca para a polpa com o decorrer do armazenamento (Figura 8), e não foram encontrados estudos na literatura referenciando essa migração e ficando como sugestão para trabalhos futuros.



Figura 8 – Ilustração da polpa do camu-camu (*M. dúbia*), no primeiro e décimo terceiro dia de armazenamento sob refrigeração respectivamente.

O teor de compostos fenólicos se mostrou bastante estável com o tempo. O tratamento T3, irradiado com 1 kGy, foi o que sofreu maior degradação desses compostos, reduzindo de 1391,10 para 583,83 mg 100 g<sup>-1</sup>. Tanto o camu-camu no estágio 2 como no 4 apresentaram elevados valores de compostos fenólicos, não diferindo significativamente entre si quando refrigerado (Tabela 13).

Tabela 13 - Valores médios de compostos fenólicos (mg de ácido gálico 100 g<sup>-1</sup>) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=6) (continua)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	1127,56 $\pm$ 237,80Aabc	1615,46 $\pm$ 75,77Aab	1411,40 $\pm$ 292,47Aa	1352,57 $\pm$ 253,39Aa	1412,99 $\pm$ 117,53Aa	1091,11 $\pm$ 296,33Aa
<b>T2</b>	1376,85 $\pm$ 468,59Aabc	1585,90 $\pm$ 129,02Aab	1023,29 $\pm$ 197,65Aa	1436,25 $\pm$ 127,61Aa	1116,46 $\pm$ 38,57Aa	1150,83 $\pm$ 157,20Aa
<b>T3</b>	1391,10 $\pm$ 327,76ABabc	1516,81 $\pm$ 93,08Aab	862,96 $\pm$ 144,25ABCa	939,03 $\pm$ 178,00ABCa	971,32 $\pm$ 16,74ABCa	757,08 $\pm$ 189,72BCa
<b>T4</b>	1741,88 $\pm$ 145,83Aa	1687,75 $\pm$ 42,60Aa	1242,59 $\pm$ 110,44Aa	1312,64 $\pm$ 173,57Aa	1360,90 $\pm$ 223,79Aa	1168,89 $\pm$ 432,83Aa
<b>T5</b>	1649,64 $\pm$ 66,33Aab	1704,13 $\pm$ 111,08Aa	1275,71 $\pm$ 50,49Aa	1369,24 $\pm$ 244,39Aa	1555,00 $\pm$ 84,57Aa	1297,71 $\pm$ 182,61Aa
<b>T6</b>	1490,81 $\pm$ 62,26Aabc	1635,40 $\pm$ 28,51Aab	1336,97 $\pm$ 97,40Aa	1261,60 $\pm$ 148,52Aa	1373,06 $\pm$ 234,80Aa	960,55 $\pm$ 23,04Aa
<b>T7</b>	872,86 $\pm$ 110,86Ac	1240,10 $\pm$ 149,52Aab	1295,66 $\pm$ 43,32Aa	1387,99 $\pm$ 114,00Aa	-	-
<b>T8</b>	924,44 $\pm$ 195,07Ac	965,53 $\pm$ 135,16Ab	1304,20 $\pm$ 103,11Aa	1576,88 $\pm$ 26,94Aa	1264,38 $\pm$ 320,42Aa	-
<b>T9</b>	941,52 $\pm$ 194,45Abc	1149,64 $\pm$ 36,17Aab	1202,35 $\pm$ 165,64Aa	1515,76 $\pm$ 108,78Aa	1604,65 $\pm$ 339,50Aa	-
<b>T10</b>	1262,54 $\pm$ 336,67Aabc	1552,42 $\pm$ 264,22Aab	1142,52 $\pm$ 71,34Aa	-	-	-
<b>T11</b>	1113,32 $\pm$ 214,89Aabc	1442,38 $\pm$ 55,27Aab	1239,39 $\pm$ 88,47Aa	-	-	-
<b>T12</b>	1099,07 $\pm$ 259,38Aabc	1491,88 $\pm$ 170,78Aab	1190,24 $\pm$ 117,94Aa	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estágio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estágio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estágio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estágio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Tabela 13 - Valores médios de compostos fenólicos (mg de ácido gálico 100 g<sup>-1</sup>) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=6) (**continuação**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	1317,85 $\pm$ 61,84Aa	1059,52 $\pm$ 198,96Ab	1559,51 $\pm$ 173,84Aa	1019,37 $\pm$ 561,32Aab	1200,64 $\pm$ 132,94Aa	1341,31 $\pm$ 107,12Aa
<b>T2</b>	1358,13 $\pm$ 185,34Aa	1357,43 $\pm$ 281,25Aa	1476,18 $\pm$ 80,76Aa	1157,19 $\pm$ 254,87Aab	1501,93 $\pm$ 141,97Aa	1290,95 $\pm$ 240,50Aa
<b>T3</b>	1112,29 $\pm$ 159,92ABCa	1207,78 $\pm$ 175,43ABCab	1191,46 $\pm$ 337,97ABCa	583,83 $\pm$ 42,95Cb	-	-
<b>T4</b>	1460,21 $\pm$ 108,66Aa	1602,22 $\pm$ 500,88Aab	1594,93 $\pm$ 66,97Aa	1362,68 $\pm$ 189,16Aa	1307,76 $\pm$ 24,88Aa	1277,30 $\pm$ 64,12Aa
<b>T5</b>	1586,95 $\pm$ 89,62Aa	1791,46 $\pm$ 153,42Aa	1511,25 $\pm$ 296,28Aa	1597,01 $\pm$ 178,21Aa	1449,22 $\pm$ 170,97Aa	1196,12 $\pm$ 176,93Aa
<b>T6</b>	1104,31 $\pm$ 280,43Aa	1341,11 $\pm$ 48,07Aab	1019,59 $\pm$ 387,37Aa	1155,06 $\pm$ 78,075Aab	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estágio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estágio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estágio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estágio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Quando mantidos à temperatura ambiente, apesar de menores, os valores encontrados em sua maioria não tiveram diferença estatística. Esses compostos se mostraram bastantes estáveis à radiação gama na dose 0,5 kGy (T2), variando de 1376,85 mg 100 g<sup>-1</sup> (valor inicial) a 1290,25mg 100 g<sup>-1</sup>, ao longo de 25 dias de armazenamento (Tabela 13). Os compostos fenólicos, presentes nas frutas e hortaliças, são um dos principais responsáveis pela atividade antioxidante destas. Apesar da ocorrência de flutuações nos teores encontrados, essa variação de forma geral, pode ser explicada por fatores intrínsecos (gênero, espécie, cultivar, maturação) e extrínsecos (condições ambientais, cultivo e colheita, manejo e condições de armazenamento) (TOMÁS-BARBERAN; ESPÍN, 2001).

O grau de maturação não apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para os compostos fenólicos, esse resultado corrobora com o encontrado por Chirinos et al. (2010), onde os teores desses compostos não apresentaram diferença significativa entre os frutos nos estádios 2 e 4, com valores de 1420 e 1320 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Maeda e Andrade (2003), caracterizando a polpa de camu-camu para a elaboração de bebida alcoólica fermentada, encontraram valores médios de 978,4 mg 100 g<sup>-1</sup> para a polpa do fruto no estágio 4, 983,3 mg 100 g<sup>-1</sup> para a polpa do fruto no estágio 4 branqueada por imersão em água (90 °C 7 min<sup>-1</sup>), 993,1 mg 100 g<sup>-1</sup> para a polpa do fruto não branqueada com casca e 975,9 mg 100 g<sup>-1</sup> para a polpa branqueada com casca.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 13, o conteúdo de fenólicos totais obtidos para o camu-camu no primeiro dia de análise é bastante elevado (872,86 a 1741,88 mg 100 g<sup>-1</sup>), quando comparado com outros frutos e bagas. Kim et al. (2003) encontraram valores de 174 mg 100g<sup>-1</sup> a 375 mg 100g<sup>-1</sup> em diversas variedades de acerola, fruto bastante comparado com o camu-camu pelo seu elevado teor de vitamina C. O mirtilo (*Vaccinium ashei*), muito conhecido na literatura pelo seu elevado teor de antocianinas, teve quantidade variando de 262,95 mg 100g<sup>-1</sup> a 929,62 mg 100 g<sup>-1</sup> para diversas espécies (SELLAPPAN et al., 2002). Entretanto, Moyer et al. (2002) encontraram valores médios de 1790 mg expressos em ácido gálico 100 g<sup>-1</sup> para o fruto de mirtilo e 1122 mg 100 g<sup>-1</sup> em groselha.

Comparando as médias dos tratamentos para os frutos no estágio 2 (T1, T2, T3, T7, T8 e T9) e no estágio 4 (T4, T5, T6, T10, T11, T12) quanto ao teor de compostos fenólicos, pode-se observar que elas estão muito próximas 1105,72 mg 100g<sup>-1</sup> e 1392,88 mg 100 g<sup>-1</sup>, o mesmo não acontece quando se compara para o teor de antocianinas com 5,63 e 50,31 mg 100 g<sup>-1</sup> para os frutos nos estádios 2 e 4 respectivamente. Esses resultados sugerem a diminuição de alguns compostos fenólicos dos frutos no estágio 2 com a maturação, visto o

elevado aumento das antocianinas. O que abre margem para estudos futuros, pois grande parte das mudanças no sabor de muitos frutos, ocorridas durante o seu amadurecimento, estão associadas a modificações na concentração de taninos. Sabe-se que a adstringência de frutos verdes ocorre em consequência da presença de taninos, característica importante do ponto de vista tecnológico que merece atenção, visto serem polímeros de cadeias longas que se quebram durante o amadurecimento, diminuindo assim, a adstringência no fruto maduro (HASLAN, 1981; OZAWA et al., 1987).

Entre os métodos químicos aplicados para determinar a capacidade antioxidante de um composto, o método DPPH é um dos mais utilizados, por ser considerado prático, rápido e estável (ESPIN et al., 2000). Os tratamentos de refrigeração e irradiação tiveram pouca influência nos resultados apresentados na Tabela 14, com exceção dos tratamentos T3 e T6 que foram irradiados com dose de 1 kGy. Quanto à estabilidade oxidativa em relação ao tempo, o camu-camu se mostrou bastante estável e apresentou valores consideráveis de atividade. Todos os tratamentos começaram com valores superiores a 100  $\mu\text{M eq. ao trolox g}^{-1}$  (TEAC) e com exceção dos tratamentos T3 e T6 terminaram com valores superiores a 71 TEAC, o que ainda reflete uma alta capacidade e estabilidade antioxidante do camu-camu mesmo quando o fruto já está impróprio para o consumo.

Entre os 16 frutos nativos do Brasil estudados por Gonçalves, Lajolo e Genovese (2010), o camu-camu foi o que apresentou o maior valor (aproximadamente 114 TEAC), que foi cerca de 10 vezes maior que o tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), uxi (*Endopleura uchi*) e cambuci (*Campomanesia phaea* Berg), que obtiveram os maiores valores entre os frutos estudados. O fruto mostra o mesmo desempenho superior em trabalho publicado por Genove et al. (2008), no qual o camu-camu apresentou a maior média de 141 TEAC, seguido pelo cambuci com 9 TEAC, jaracatiá 4,4 TEAC e araçá-boi 1,8 TEAC.

Tabela 14 - Valores médios de compostos antioxidantes ( $\mu\text{M}$  eq. ao trolox por  $\text{g}^{-1}$  - TEAC) do camu-camu (*M. dubia* (H.B.K.) McVaugh) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=6) (**continua**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	107,49 $\pm$ 13,51ABa	120,95 $\pm$ 11,59ABa	137,07 $\pm$ 2,57Aa	111,55 $\pm$ 3,75ABab	110,54 $\pm$ 5,95ABa	97,49 $\pm$ 14,08ABab
<b>T2</b>	107,01 $\pm$ 12,76Aa	85,79 $\pm$ 8,74Aa	124,05 $\pm$ 8,93Aab	102,13 $\pm$ 20,01Aab	102,35 $\pm$ 23,16Aab	115,35 $\pm$ 9,13Aa
<b>T3</b>	100,79 $\pm$ 51,31Aa	105,76 $\pm$ 51,00Aa	66,05 $\pm$ 7,19ABb	44,57 $\pm$ 13,75ABb	39,29 $\pm$ 9,85ABb	41,47 $\pm$ 4,44ABb
<b>T4</b>	137,87 $\pm$ 39,88Aa	110,34 $\pm$ 36,34ABa	101,99 $\pm$ 9,51ABab	103,07 $\pm$ 25,62ABab	81,62 $\pm$ 23,94ABab	112,85 $\pm$ 39,57ABa
<b>T5</b>	123,52 $\pm$ 49,65Aa	109,30 $\pm$ 18,33ABa	85,39 $\pm$ 28,15ABab	99,85 $\pm$ 29,86ABab	108,57 $\pm$ 10,29ABa	119,47 $\pm$ 8,54ABa
<b>T6</b>	102,42 $\pm$ 11,36ABa	128,02 $\pm$ 14,03Aa	70,70 $\pm$ 34,99ABCab	52,37 $\pm$ 11,67CBab	80,97 $\pm$ 4,91ABCab	73,29 $\pm$ 12,20ABCab
<b>T7</b>	115,38 $\pm$ 9,37Aa	107,29 $\pm$ 12,84Aa	81,85 $\pm$ 8,37Aab	102,94 $\pm$ 16,33Aab	-	-
<b>T8</b>	128,06 $\pm$ 16,82Aa	115,30 $\pm$ 12,46Aa	94,50 $\pm$ 3,07Aab	117,73 $\pm$ 2,10Aa	91,11 $\pm$ 6,92Aab	-
<b>T9</b>	105,79 $\pm$ 9,61Aa	91,81 $\pm$ 16,62Aa	87,06 $\pm$ 14,79Aab	104,82 $\pm$ 10,74Aab	85,77 $\pm$ 19,60Aab	-
<b>T10</b>	105,15 $\pm$ 38,95Aa	69,35 $\pm$ 5,80Aa	62,52 $\pm$ 17,87Ab	-	-	-
<b>T11</b>	104,59 $\pm$ 7,46Aa	84,33 $\pm$ 24,27Aa	84,46 $\pm$ 2,75Aab	-	-	-
<b>T12</b>	101,45 $\pm$ 7,27Aa	95,98 $\pm$ 23,61Aa	89,48 $\pm$ 15,64Aab	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estágio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estágio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estágio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estágio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Tabela 14 - Valores médios de compostos antioxidantes ( $\mu\text{M eq. ao trolox por g}^{-1}$  - TEAC) do camu-camu (*M. dubia* (H.B.K.) McVaugh) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=6) (**continuação**)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	91,47 $\pm$ 8,42ABa	80,25 $\pm$ 13,93ABa	66,86 $\pm$ 8,20Bab	75,74 $\pm$ 6,19ABa	81,66 $\pm$ 7,47ABa	72,45 $\pm$ 1,98ABa
<b>T2</b>	75,67 $\pm$ 20,09Aa	63,96 $\pm$ 17,65Aa	70,98 $\pm$ 18,19Aab	75,52 $\pm$ 3,14Aa	77,76 $\pm$ 5,39Aa	71,01 $\pm$ 12,84Aa
<b>T3</b>	44,56 $\pm$ 24,28ABa	45,74 $\pm$ 5,22ABa	22,20 $\pm$ 8,82Bb	16,73 $\pm$ 3,12Ba	-	-
<b>T4</b>	75,06 $\pm$ 2,50ABa	102,90 $\pm$ 10,61ABa	113,63 $\pm$ 24,57ABa	75,66 $\pm$ 14,71ABa	62,10 $\pm$ 28,06Ba	71,31 $\pm$ 14,16 ABa
<b>T5</b>	93,43 $\pm$ 16,33ABa	111,76 $\pm$ 24,41ABa	52,38 $\pm$ 35,88Bab	83,05 $\pm$ 12,09ABa	70,51 $\pm$ 20,23ABa	75,33 $\pm$ 16,45ABa
<b>T6</b>	36,72 $\pm$ 12,73CBa	52,33 $\pm$ 6,06CBa	43,38 $\pm$ 5,89CBb	33,33 $\pm$ 3,09Ca	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Chirinos et al. (2010), estudando a atividade antioxidante do camu-camu peruano em diferentes estádios de maturação, encontraram valores de 153, 185 e 167 TEAC para os frutos verdes, verde-avermelhado e roxo respectivamente, não foi encontrada diferença significativa entre os frutos verde-avermelhado e roxo. Essa elevada atividade antioxidante do camu-camu pode ser atribuída ao elevado teor de ácido ascórbico, flavonóides e compostos fenólicos presentes no fruto (CHIRINOS et al., 2010).

A variação do conteúdo de antioxidantes está apresentada nas Figuras 10a e 10b de acordo com as condições de armazenamento do camu-camu. As curvas apresentam a fração retida de antioxidantes em relação ao conteúdo no tempo zero. Para os tratamentos T3 e T6 as perdas foram consideráveis ao longo de 19 dias de armazenamento, evidenciando a sensibilidade do fruto refrigerado à dose de 1 kGy. Os outros tratamentos tiveram semelhante padrão de comportamento, entre o controle e os frutos irradiados com a dose de 0,5 kGy (Figura 9a). Os frutos armazenados à temperatura ambiente tiveram o mesmo comportamento entre os tratamentos estudados. Com uma boa retenção da capacidade antioxidante, com valor acima de 0,7 ao longo de 9 dias de armazenamento, para os frutos irradiados (Figura 9b).

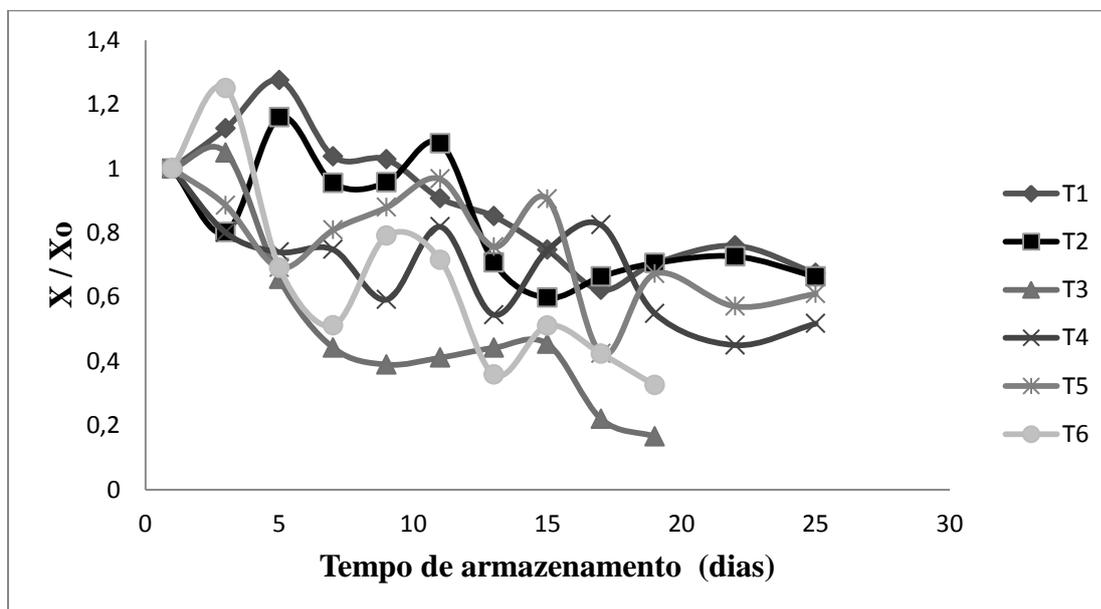


Figura 9a - Retenção da capacidade antioxidante do camu -camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos. Legenda: T1 – Frutos no estágio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estágio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C.

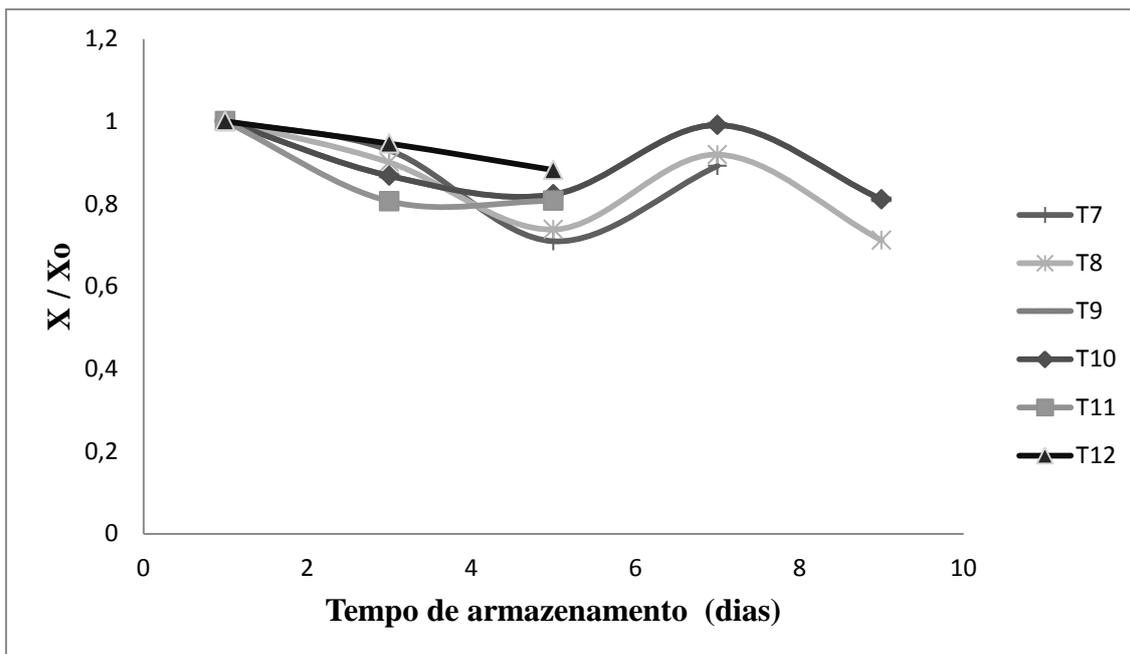


Figura 9b - Retenção da capacidade antioxidante do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos. Legenda: T7 – Frutos no estágio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estágio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C.

A respiração corresponde às reações oxidativas de compostos orgânicos (ácidos orgânicos e carboidratos) que são transformados em água e dióxido de carbono com produção de energia química, reação indispensável ao perfeito funcionamento e manutenção da planta como um todo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A temperatura foi a variável de maior efeito na taxa respiratória do camu-camu. Quando os frutos estavam armazenados sob refrigeração tiveram valores máximos em torno de 9 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> (Figura 10a). Já para os frutos armazenados a 25 °C os valores máximos foram cerca de 12 vezes superiores ao refrigerado (Figura 10b).

Os frutos no estágio 2 apresentaram o mesmo comportamento, quando armazenados à temperatura ambiente, independente das doses de radiação (T7, T8, T9), até o sétimo dia de armazenamento, quando o controle (T7), foi descartado (Figura 10b). Ainda, para os armazenados à temperatura ambiente foi verificado uma pequena elevação 3º dia de análise, para os frutos irradiados com 0,5 kGy (T8 e T11), apresentando as maiores taxas respiratórias. Em temperatura ambiente, o ponto de maturação teve bastante influência. O tratamento T7 (controle) teve valores iniciais em torno de 60 mLCO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, valor este que foi reduzindo com o tempo. O mesmo não aconteceu com o T10 (controle) que apresentou valores próximos a 60 mLCO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, no primeiro dia de análise e já no terceiro dia apresentou valores próximos a 110 mLCO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> (Figura 10b).

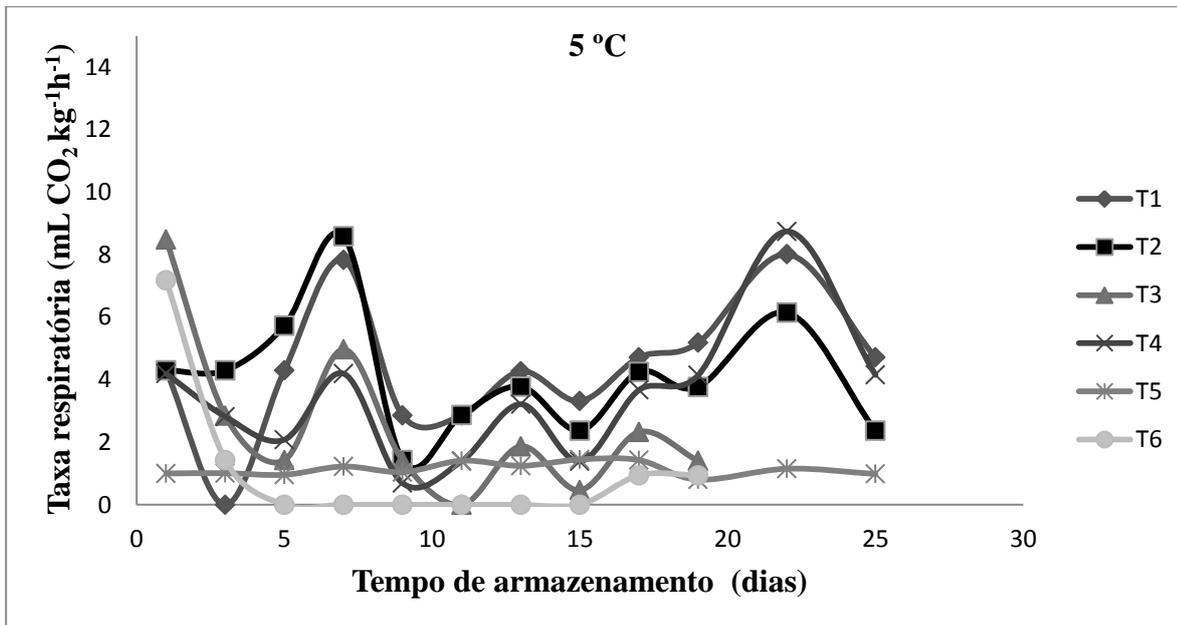


Figura 10a – Taxa respiratória (mLCO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) do camu-camu (*M. dubia*) separados por temperatura. Legenda: T1 – Frutos no estágio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estágio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C.

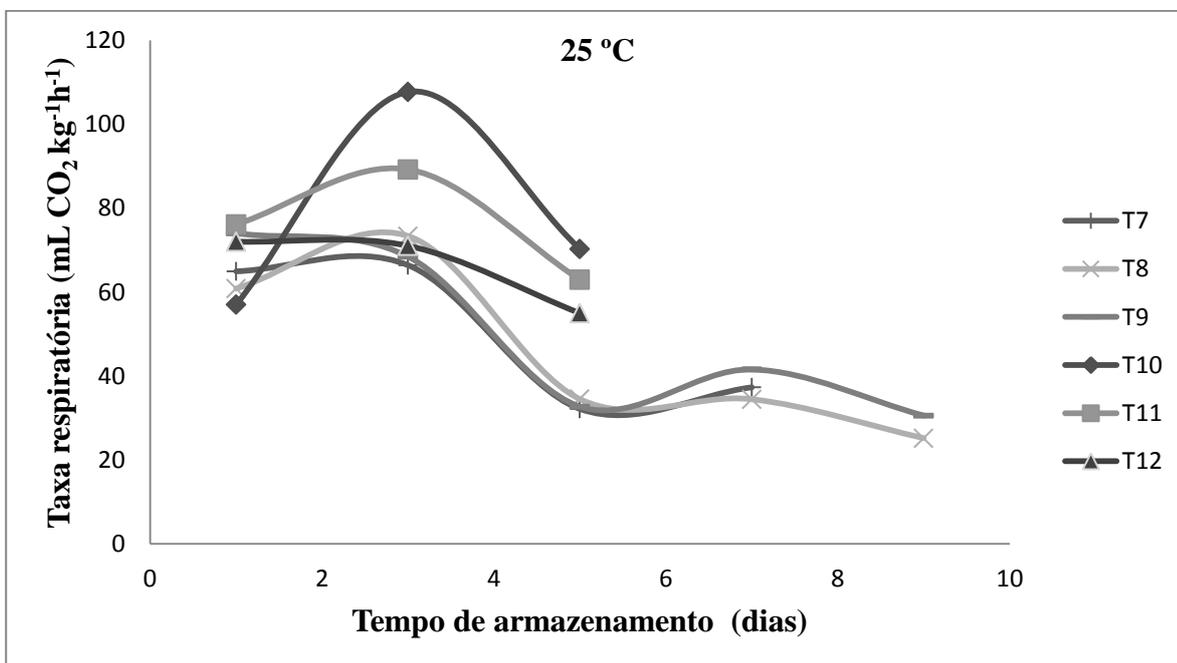


Figura 10b – Taxa respiratória (mLCO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) do camu-camu (*M. dubia*) separados por temperatura. Legenda: T7 – Frutos no estágio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estágio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C.

A intensidade da respiração é também responsável pela longevidade dos frutos, provocando modificações profundas nos constituintes químicos, principalmente em condições

não controladas, levando à perda de umidade e rápida senescência do fruto, interferindo assim na sua qualidade (NEVES, 2009).

Dos frutos refrigerados (Figura 10a), os tratamentos T3 e T6, ambos irradiados com 1 kGy, foram os que apresentam maiores taxas respiratórias no primeiro dia de análise, com o fruto no estágio 2 apresentando a maior média. Destaque também deve ser dado para o tratamento T5 que se manteve constante durante os 25 dias de armazenamento, com valores próximos a  $1 \text{ mLCO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ . Existiram pequenas elevações no 7º dia para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, onde novamente os frutos no estágio 2 tiveram maiores médias; e com 22 dias de armazenamento, para os tratamentos T1, T2 e T4 onde as maiores médias ocorreram para o controle (T1) e para o tratamento T4. A radiação gama, como acontece em frutos climatéricos, não atrasou a existência de nenhum dos picos. No entanto, a dose de 0,5 kGy promoveu uma estabilidade na taxa respiratória do camu-camu no estágio 4 armazenado sob refrigeração até os 25 dias de armazenamento.

Pinto (2013), medindo a atividade respiratória do camu-camu em diferentes estágios de desenvolvimento, encontrou valores iniciais de aproximadamente  $7 \text{ mLCO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  para os frutos no estágio 2 e  $17 \text{ mLCO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  para os frutos no estágio 4, acondicionados à temperatura de 5 °C. O autor verificou um pico entre o 5º e 6º dia para o camu-camu no estágio 2 e uma atividade crescente para o camu-camu no estágio 4, até o 6º dia, período de encerramento do nível.

Pinto (2013), verificando a atividade respiratória e produção de etileno, classificou o camu-camu como um comportamento típico de frutos climatéricos, os quais são caracterizados pela produção auto catalítica de etileno antes, juntamente ou depois do aumento na produção de  $\text{CO}_2$ , dando continuidade aos processos de amadurecimento após a colheita.

A composição química de frutos varia naturalmente com o grau de maturação, fatores ambientais e genéticos. Segundo Andrade (1991), em muitas frutas o conteúdo de ácido ascórbico aumenta durante o amadurecimento na árvore, em outras, o teor aumenta após a colheita.

No camu-camu não foi observado aumento significativo ( $p < 0,05$ ) do teor de ácido ascórbico depois da colheita. O teor de ácido ascórbico para o camu-camu nos estágios 2 e 4 não teve diferença significativa ( $p < 0,05$ ), onde os valores variaram de 2191,73 a 1921,66  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$  para os controles (T1, T4, T7 e T10), mostrando que os pontos de maturação estudados não tiveram efeito sobre o teor do ácido (Tabela 15). Esses resultados

corroboram com os encontrados por Chirinos et al. (2010), que apontam valores de 1910 e 2010 mg 100 g<sup>-1</sup> em frutos de camu-camu peruano nos estádios 1 e 2, respectivamente.

Justi et al. (2000), analisando frutos de camu-camu procedentes do estado do Paraná, em três estádios de maturação (verdes, verde-avermelhado e roxo), encontraram valores médios de 1490 mg 100 g<sup>-1</sup>, 1400 mg 100g<sup>-1</sup> e 1380 mg 100g<sup>-1</sup>, respectivamente. Já outros autores encontraram evidências em seus estudos que a concentração de vitamina C ocorre em função do estádio de maturação, ou seja, o teor de vitamina C é mais elevado quando os frutos apresentam coloração arroxeadada da casca (ANDRADE et al., 1995; YUYAMA; SOUSA, 2002). Já alguns autores encontraram teores mais elevados de ácido ascórbico em frutos no estádio 2 do que em frutos no estádio 4 (SILVA; ANDRADE, 1997; JUSTI et al., 2000; BARDALES et al., 2008). Maeda et al. (2006), verificaram que o teor de ácido ascórbico no epicarpo foi 53% superior em relação ao mesocarpo e que, com o processo de despolpa, parte da vitamina migrou para a polpa elevando a concentração de 1.640,57 mg100 g<sup>-1</sup> no mesocarpo do fruto para 2.585 mg100 g<sup>-1</sup> na polpa processada.

Tabela 15 - Valores médios de ácido ascórbico ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios  $\pm$  DP, n=3) (continua)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	1	3	5	7	9	11
<b>T1</b>	2191,73 $\pm$ 213,03Aa	2131,78 $\pm$ 302,73Aa	2002,58 $\pm$ 227,11ABab	1724,57 $\pm$ 279,82ABCab	1944,45 $\pm$ 91,87Aa	1761,52 $\pm$ 216,54Aa
<b>T2</b>	2101,97 $\pm$ 201,00Aa	2118,86 $\pm$ 220,40Aa	2118,86 $\pm$ 227,11Aa	1749,20 $\pm$ 56,45ABCDab	1805,56 $\pm$ 69,45ABCa	1970,93 $\pm$ 139,91ABa
<b>T3</b>	2127,47 $\pm$ 164,33Aa	1782,95 $\pm$ 168,95Aa	1175,71 $\pm$ 236,83Bc	1001,70 $\pm$ 154,70BCc	1236,09 $\pm$ 273,41Bb	933,31 $\pm$ 108,83BCb
<b>T4</b>	2168,02 $\pm$ 272,40Aa	2093,02 $\pm$ 77,52ABa	1524,55 $\pm$ 89,51CDEBc	1810,79 $\pm$ 169,35ABCab	1770,83 $\pm$ 34,73ABCDa	2168,02 $\pm$ 189,64Aa
<b>T5</b>	1933,97 $\pm$ 237,59ABCab	1976,74 $\pm$ 38,76ABCa	2131,78 $\pm$ 38,76ABa	1946,29 $\pm$ 21,33ABCa	1932,87 $\pm$ 72,28ABCa	2303,52 $\pm$ 118,79Aa
<b>T6</b>	2315,84 $\pm$ 251,55Aa	1718,35 $\pm$ 124,60BCa	2144,70 $\pm$ 97,54ABa	1387,63 $\pm$ 187,82CDbc	1747,68 $\pm$ 140,33BCa	1478,20 $\pm$ 97,77CDa
<b>T7</b>	1921,66 $\pm$ 266,49Aab	1847,55 $\pm$ 59,21Aa	1834,63 $\pm$ 97,54Aab	1786,15 $\pm$ 21,34Aab	-	-
<b>T8</b>	2365,11 $\pm$ 384,05Aa	1808,79 $\pm$ 59,21Ba	2041,34 $\pm$ 313,29ABab	1909,34 $\pm$ 42,67ABab	1967,59 $\pm$ 100,23ABa	-
<b>T9</b>	1557,90 $\pm$ 83,99Ab	1744,19 $\pm$ 102,55Aa	2080,10 $\pm$ 22,38Aa	1921,66 $\pm$ 64,01Aa	1840,28 $\pm$ 34,72Aa	-
<b>T10</b>	2158,79 $\pm$ 186,06Aa	2196,38 $\pm$ 246,16Aa	2002,58 $\pm$ 44,76Ab	-	-	-
<b>T11</b>	2119,96 $\pm$ 267,50Aa	2028,42 $\pm$ 80,68Aa	2196,38 $\pm$ 146,74Aa	-	-	-
<b>T12</b>	1981,13 $\pm$ 28,92Ab	1770,03 $\pm$ 97,54Aa	1860,47 $\pm$ 102,55Aab	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

Tabela 15 - Valores médios de ácido ascórbico (mg 100 g<sup>-1</sup>) do camu-camu (*M. dubia*) submetido aos diferentes tratamentos (valores médios ± DP, n=3) (continuação)

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)					
	13	15	17	19	22	25
<b>T1</b>	1591,59±30,03BCa	1498,02±17,18BCab	1435,59±119,22Ca	1428,57±26,46Ca	1276,28±72,4Ca	1253,76±111,10Ca
<b>T2</b>	1341,34±45,87CDEab	1240,08±45,46Dab	1494,59±148,50BCDEa	1269,84±69,99DEa	1283,78±22,53CDEa	1156,15±46,88Ea
<b>T3</b>	1051,05±245,81BCb	1031,74±90,92BCb	530,97±78,05Cdb	263,67±51,82Db	-	-
<b>T4</b>	1731,73±62,51ABCDa	1626,98±45,46BCDEa	1760,08±74,23ABCDa	1366,85±80,82CDEa	1253,75±26,00DEa	1201,20±106,44Ea
<b>T5</b>	1601,60±148,13CDa	1636,91±78,74BCDa	1809,24±74,24ABCDa	1393,30±40,41Da	1358,86±72,4Da	1073,57±159,79Da
<b>T6</b>	990,99±30,03DEb	1101,19±78,74DEb	698,13±172,80Eb	626,10±106,9Eb	-	-
<b>T7</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T8</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T9</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T10</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T11</b>	-	-	-	-	-	-
<b>T12</b>	-	-	-	-	-	-

Legenda: DP = desvio padrão das médias; n= número de repetições utilizadas; T1 – Frutos no estádio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 - Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estádio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estádio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estádio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estádio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estádio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estádio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estádio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância (p<0,05) pelo Teste de Tukey.

Quanto aos frutos no estágio 4, armazenado à temperatura ambiente, somente o tratamento T10 (controle) teve perda de ácido ascórbico ao longo de 5 dias de armazenamento, os outros tratamentos T11 e T12 permaneceram constantes. O tratamento T9 teve um acréscimo com o tempo no teor de ácido ascórbico, aumentando de 1557,9 para 1840,28 mg 100 g<sup>-1</sup> ao final de nove dias de armazenamento (Tabela 15).

Assim como aconteceu com a atividade antioxidante, o teor de ácido ascórbico foi estável durante o armazenamento, com exceção dos tratamentos T3 e T6 que tiveram 87,60% e 72,96% de perda aos 19 dias respectivamente. Mesmo com perdas próximas a 60% após 25 dias de armazenamento os tratamentos T1, T2, T4 e T5 tiveram valores finais acima de 1000 mg 100 g<sup>-1</sup> (Figura 11).

A literatura relata ótima estabilidade do ácido ascórbico no camu-camu. Maeda et al. (2006), fazendo a determinação e caracterização do néctar de camu-camu, observaram redução de apenas 2,33% durante o processamento, engarrafamento e pasteurização, evidenciando assim boa estabilidade. Maeda et al. (2007), estudando a estabilidade do ácido ascórbico no néctar de camu-camu, encontraram valor inicial de 382,07 mg 100 g<sup>-1</sup>. O néctar foi armazenado em temperatura de 26 °C e 5 °C. Os autores encontraram grande estabilidade da vitamina C com valores de 307,01 e 335,67 mg 100 g<sup>-1</sup> após 120 dias para o néctar armazenado em temperatura ambiente e refrigerado, respectivamente. Moraes-de-Souza (2012), estudando a aplicação de tecnologias na conservação da polpa de camu-camu, observou uma ótima estabilidade do ácido ascórbico na polpa do fruto congelada, no 6º dia de armazenamento encontrou cerca de 1666,67 mg 100 g<sup>-1</sup>, valor que permaneceu estável (p<0,05) ao longo de 125 dias de armazenamento. O mesmo não aconteceu com a polpa pasteurizada, pressurizada e liofilizada, que tiveram seus valores reduzidos significativamente.

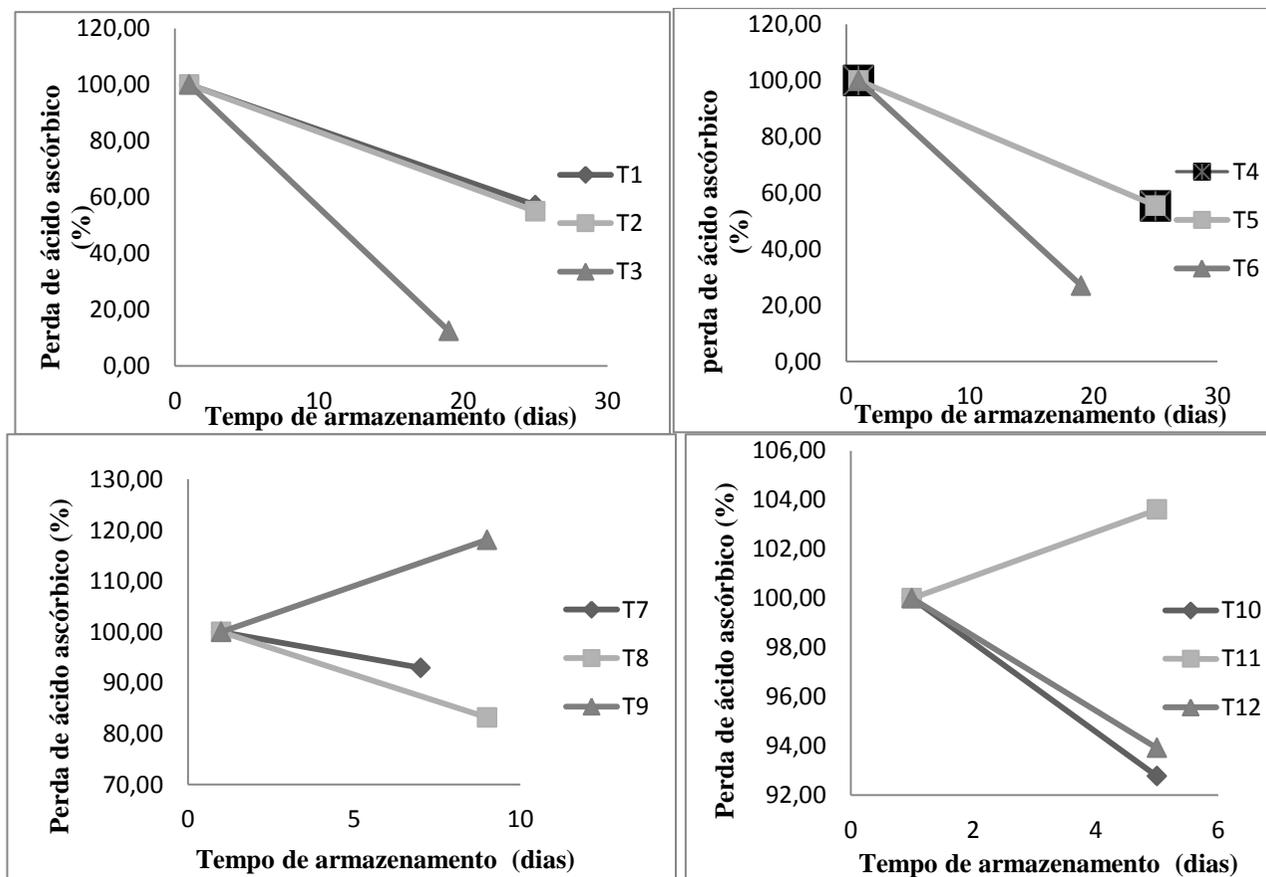


Figura 11 - Perda de ácido ascórbico (%) para o camu-camu (*M. dubia*) separado por ponto de maturação e temperatura. Legenda: T1 – Frutos no estágio 2, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T2 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T3 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T4 – Frutos no estágio 4, não irradiado, refrigerado a 5 °C; T5 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, refrigerado a 5 °C; T6 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, refrigerado a 5 °C; T7 – Frutos no estágio 2, não irradiado, armazenado a 25 °C; T8 – Frutos no estágio 2, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T9 – Frutos no estágio 2, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C; T10 – Frutos no estágio 4, não irradiado, armazenado a 25 °C; T11 – Frutos no estágio 4, irradiado com 0,5 kGy, armazenado a 25 °C; T12 – Frutos no estágio 4, irradiado com 1 kGy, armazenado a 25 °C. Notas: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

## 5 CONCLUSÕES

A temperatura de 5 °C foi mais vantajosa, prolongando em mais de 100% a vida útil do camu-camu em relação à temperatura ambiente (25 °C). A temperatura de refrigeração manteve estáveis compostos como antocianinas, compostos fenólicos e ácido ascórbico por um período de 25 dias.

A radiação gama se mostrou vantajosa ao controle, somente quando os frutos foram armazenados em temperatura ambiente. A dose de 0,5 kGy apresentou alguma vantagem em relação ao controle em algumas análises estudadas, taxa respiratória e ácido ascórbico, principalmente o que faz da irradiação no camu-camu, um tratamento a ser mais estudado para prolongar a vida útil do fruto. Quando refrigerados, a dose de 1 kGy afetou de forma negativa, reduzindo o tempo de vida útil do fruto. De modo geral a radiação gama, nas doses estudadas, não se mostrou tão vantajosa quanto a refrigeração.

O fruto do camu-camu apresentou valores muito baixos de *ratio* (índice de palatabilidade), o que faz do fruto impróprio para o consumo *in natura*. O fruto apresentou elevados valores de antocianinas, compostos fenólicos, atividade antioxidante e principalmente ácido ascórbico, que o faz fonte dessa vitamina do ponto de vista nutricional merecendo maiores investimentos e divulgação, o que possibilitaria a inclusão do fruto na dieta dos brasileiros.

**REFERENCIAS**

ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MOURA, C.F.H.; ARAÚJO, N.C.C.; ALMEIDA, A.S. Camu-Camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh): a rich natural source of vitamin C. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Leuven, Belgium, v. 46, p. 11-13, 2002.

ANDRADE, J.S. **Curvas de maturação e características nutricionais do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) Mc Vaugh) cultivado em terra firme na Amazônia Central Brasileira**. 1991. 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

ANDRADE, J.S.; ARAGAO, C.G.; GALEAZZI, M.A.M.; FERREIRA, S.A.N. Changes in the concentration of total vitamin C during maturation and ripening of camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.)) fruits cultivated in the upland of Brazilian Central Amazon. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 370, p. 177-179, 1995.

ANTHON, G.E.; BARRETT, D.M. Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitrophenylhydrazine in the assessment of onion pungency. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 83, p. 1210-1213, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 18. ed. Gaithersburg, 2005.

ARÉVALO, R. P. **Manutenção dos atributos de qualidade do camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. (Mc Vaugh)) desidratado, durante armazenamento**. 2002. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

ARÉVALO, R.P. **Estudo da estabilização da polpa de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh) congelada visando a manutenção de ácido ascórbico e de antocianinas**. 2007. 180f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ARÉVALO, R.P.; KIECKBUSCH, T.G. Concentración de ácido ascórbico en frutos de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. (Mc Vaugh) provenientes de diferentes regiones de São Paulo. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS, 5., 2005, Puerto Vallarta, México, 2005b.

ARÉVALO, R.P.; KIECKBUSCH, T.G. Tiempo de vida útil de la fruta de camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K. (Mc Vaugh) almacenado a diferentes temperaturas. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS, 5., 2005, Puerto Vallarta, México, 2005a.

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

BARDALES, X.I.; CARRILLO, M.P.; HERNANDEZ, M.S.; BARRERA, J.A.; FERNANDEZ-TRUJILLO, J.P.; MARTINEZ, O. Camu-camu Fruit (*Myrciaria dubia*), a new option for productive systems in the Colombian Amazonian region. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 773, p. 173-178, 2008.

BAUER, K. Tropical fruit flavors: A flavorist's perspective. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 45, n. 5, p. 204-207, 2000.

BENDICH, A.; LANGSETH, L. The health effects of vitamin C supplementation, a review. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 14, p. 124-136, 1995.

BLOMHOFF, R. Role of dietary phytochemicals in oxidative stress. In: BERNHOFT, A. (Ed.). **Bioactive compounds in plants** – benefits and risks for man and animals. Oslo: The Norwegian Academy of Science and Letters, 2010. p. 52-70.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, London, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 9, de 24 de fevereiro de 2011. Adota as diretrizes da Norma Internacional para Medidas Fitossanitárias – NMF nº 18, como orientação técnica para o uso de irradiação como medida fitossanitária. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 fev. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o Regulamento técnico referente a alimentos adicionados de nutrientes essenciais. **Diário Oficial da União, Poder Executivo**, Brasília, DF, 16 jan. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada (RDC), nº 269, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o Regulamento Técnico sobre ingestão diária recomendada (IDR) para proteína, vitaminas e minerais. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos, constante do Anexo desta Resolução. **Diário Oficial da União, Poder Executivo**, Brasília, DF, 29 jan. 2001.

BRAZILIAN FRUIT. **Programa de Promoção das exportações das frutas brasileiras e derivados**. Disponível em: <http://www.brazilianfruit.org.br/Pbr/Fructicultura/Fructicultura.asp> acesso em 01 maio 2013.

CAMARGO, R. et al. **Tecnologia de produtos agropecuários**. São Paulo: Nobel, 1984. 310p.

CARVALHO, A.V.; LIMA, L.C.O. Qualidade de kiwis minimamente processados e submetidos a tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 679-685, 2002.

CAVALINI, F.C. **Índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas ‘Kumagai’ e ‘Paluma’**. 2004. 80 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CGEE - Centro de Gestão em Estudos Estratégicos. **Estudo da cadeia de suprimento do Programa Nuclear Brasileiro**. Panorama - Análise de oportunidades e desafios para o segmento de Irradiadores e Aplicações na Cadeia Produtiva do Agronegócio. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/acnen/pnb/Rel-Parcial-Agronegocio.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2013.

CHIRINOS, R.; GALARZA, J.; BETALLELUZ-PALLARDEL, I.; PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. **Food Chemistry**, Barking, v. 120, p. 1019-1024, 2010.

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

CODEX ALIMENTARIUS. **General standard for the labelling of prepackaged foods**. STAN 1-1985. Labelling of Prepacked Foods. Rome, 1985. Disponível em: [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/32/CXS\\_001e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/32/CXS_001e.pdf). Acesso em: 20 maio 2013.

COELHO, A.H.R. Qualidade pós-colheita de pêssegos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 180, p. 31-39, 1994.

COUTO, R.R.; SANTIAGO, A.J. Radioatividade e irradiação de alimentos. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 12, n. 2, p. 193-215, 2010.

DE ROSSO, V.V.; MERCADANTE, A.Z. The high ascorbic acid content is the main cause of the low stability of anthocyanin extracts from acerola. **Food Chemistry**, Barking, v. 103, p. 935-943, 2007.

DELINCÉE, H. Detection of food treated with ionizing radiation. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 9, p. 73-82, 1998.

DE-SOUZA, A.V.; KOHATSU, D.S.; LIMA, G.P.P.; VIEITES, R.L. Conservação pós-colheita de pêssego com o uso da refrigeração e da irradiação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 31, n. 4, p. 1184-1189, 2009.

EMBRARAD. Preservação de alimentos via radiação gama. **Boletim Embrarad**, São Paulo, n. 21, p. 4, 1996.

FIGUEIREDO, F. Irradiação de alimentos. **Alimentos & Tecnologia**, São Paulo, v. 6, n. 30, p. 96-98, 1990.

FINGER, F.L.; ENDRES, L.; MOSQUIM, P.R.; PUIATTI, A. Physiological changes during postharvest senescence of broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 9, p. 1565-1569, 1999.

FRANKE, S.I.R.; PRÁ, D.; ERDTMANN, B.; HENRIQUES, J.A.P.; DA SILVA, J. Influence of orange juice over the genotoxicity induced by alkylating agents: an *in vivo* analysis. **Mutagenesis**, Oxford, v. 20, p. 279–283, 2005.

FREIRE JUNIOR, M.; SOARES, A.G.; PENTEADO, A.L.; GODOY, R.L.O.; CABRAL, L.M.C. **Irradiação da polpa de camu camu**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2010. 4 p. (Comunicado Técnico, 174).

GALVANO, F.L.A.; FAUCI, L.; LAZZARINO, G.; FOGLIANO, V.; RITIENI, A.; CIAPPELLANO, S. Cyanidins: metabolism and biological properties. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 15, n. 1, p. 2-11, 2004.

GARDNER, P.T.; WHITE, T.A.C.; McPHAIL, D.B.; DUTHIE, G.G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chemistry**, Barking, v. 68, p. 471-474, 2000.

GENOVESE, M.I.; PINTO, M.D.S.; GONCALVES, A.E.D.S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, London, v. 14, n. 3, p. 207-214, 2008.

Globo Rural. **Perdas pós-colheita em frutas, rastreabilidade e conscientização**. <<http://mediacenter.clicrbs.com.br/templates/playerpopup.aspx?midia=267259&channel=98>>. Acesso em 01 maio 2013.

GRIGIO, M.L.; DURIGAN, M.F.; CHAGAS, E.A.; VASCONCELOS, L.; SOUSA, A.A.; NASCIMENTO, C.R. Determinação do ponto de colheita de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves, RS. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76964/1/Luiza-1-Ponto-de-colheita-do-camu-camu.pdf>. Acesso em: 28 maio 2013.

HALLIWELL, B.; WHITEMAN, M. Measuring reactive species and oxidative damage *in vivo* and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? **British Journal of Pharmacology**, London, v. 142, n. 2, p. 231-255, 2004

HENRY, C.J.K.; CHAPMAN, C. Irradiation. In: HLERMANN, D.A.E. (Ed.). **The nutrition handbook for food processors**. 1. ed. New York, CRC Press LLC, 2002. chap. 17.

HERTOG, M.G.L.; HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M.B.; KROMHOUT, D. Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in the Netherlands. **Nutrition & Cancer**, London, v. 20, p. 21–29, 1993.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Irradiation of spices, herbs and other vegetable seasonings**: a compilation of technical data for its authorization and control. Vienna: Secretariat of ICGFI, 1992. 52 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA. **Cultivo do camu-camu**. Manaus, AM. Disponível em: <<http://www.inpa.gov.br/cpca/areas/camu-camu.html>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

JAIN, N.; DHAWAN, K.; MALHOTRA, S.P.; SIDDIQUI, S.; SINGH, R. Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava* L.) fruits during ripening. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 23, n. 3, p. 357-362, 2001.

JUSTI, K.C.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu-camu (*Myrciaria dubia*) pulp. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 50, n. 4, p. 405-408, 2000.

KAFERSTEIN, F.K.; MOY, G.G. Public health aspects of food irradiation. **Journal of Public Health Policy**, South Burlington, v. 14, p. 133-136, 1993.

KILCAST, D. Effect of irradiation on vitamins. **Food Chemistry**, Barking, v. 49, p. 157-164, 1994.

KIM, D.; JEONG, S.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, Barking, v. 81, p. 321-326, 2003.

KIM, D.O.; LEE, K.W.; LEE, H.J.; LEE, C.H. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 3713-3717, 2002.

KIM, K.H.; YOON, H.S. Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 78, p. 414-421, 2009.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor**: controle de qualidade da percepção à instrumentação. Osaka: Konica Minolta. 1998. 59 p.

KUEHNI R.G. **Color**: An introduction to practice and principles. New York: Wiley, 2004. 216 p. v. 2.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; TRONCOSO, A.M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicação de diversos métodos químicos para determinar atividade antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.

LAIDLER, K.J.; MEISER, J.H.; SANCTUARY, B.C. **Physical chemistry**. Chemical kinetics I and II. 4. ed. Boston: Houghton Mifflin, 2003. p. 361-493.

LEÃO, A.C.; ARAÚJO, A. DE A.; SOUZA, L.A.C. **Implementação de sistema de gerenciamento de cores para imagens digitais**. Poços de Caldas, MG: PUC-Minas, 2005. cap. 3, p. 61-96.

LEITE, D.T.S. **Avaliação dos efeitos da radiação gama na qualidade de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Meer) cv. Smooth Cayenne minimamente processados, armazenado em diferentes temperaturas e embalagens**. 2011. 91 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

MACHADO, P.P.; HOTZA, D.; PETTER, C.; BERGMANN, C.P. Controle de qualidade para revestimentos cerâmicos através da análise colorimétrica de superfície vidrada monocromática. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 2, n. 3-4, p. 1-5, 1997. Disponível em: [http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v02n34/v2n34\\_7.pdf](http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v02n34/v2n34_7.pdf). Acesso em: 02 mar. 2013.

MAEDA, R.N.; PANTOJA, L.; YUYAMA, L.K.O.; CHAAR, J.M. Determinação da formulação e caracterização do néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 70-74, 2006.

MAEDA, R.N.; ANDRADE, J.S. Aproveitamento do camu-camu (*Myrciaria dubia*) para produção de bebida alcoólica fermentada. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 33, n. 3, p. 489-498, 2003.

MAEDA, R.N.; PANTOJA, L.; YUYAMA, L.K.O.; CHAAR, J.M. Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) McVaugh). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 313-316, 2007.

MALIEN-AUBERT, C.; DANGELS, O.; AMIOT, J. Color stability of commercial anthocyanin-based extracts in relation to the phenolic composition. Protective effects by intra and intermolecular copigmentation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 170-176, 2001.

McCORD, J. M. The evolution of free radicals and oxidative stress. **The American Journal of Medicine**, New York, v. 108, p. 652-659, 2000.

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

MERCADANTE, A.Z.; BOBBIO, F.O. Anthocyanins in foods: occurrence and physicochemical properties. In: SOCACIU, C. (Ed.). **Food colorants – chemical and functional properties**. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 241-276.

MORAES-DE-SOUZA, R.A. **Qualidade de polpa de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh], submetida aos processos de congelamento, pasteurização, alta pressão hidrostática e liofilização e armazenada por quatro meses**. 2011. 115 f. Tese (Doutorando em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2011.

MOYER, R.A.; HUMMER, K.E.; FINN, C.E.; FREI, B.; WROLSTAD, E. Anthocyanins, phenolics, and Antioxidants capacity in diverse small fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 519-525, 2002.

NEVES, L.C. (Org.). **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. 1. ed. Londrina: EDUEL, 2009. 494 p.

NEVES, L.C.; CAMPOS, A.J.; BENEDETTE, R.M.; TOSIN, J.M.; HAGAS, E.A. Characterization of the antioxidant capacity of natives fruits from the brazilian amazon region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 34, n. 4, p. 1165-1173, 2012.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J.A.P.V.; BURITY, H.A.; JUNIOR, J.F.S. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2001.

PEREIRA, A. S. C. Irradiação em alimentos. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 324, p. 53-62, 2004.

PETERS, C. M.; VÁSQUEZ, A. Estudios ecológicos de camu-camu (*Myrciaria dubia*), producción de frutos en poblaciones naturales. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 16-17, n. único, p. 161-174, 1986-1987.

PINTO, P.M. **Pós-colheita de abiu, bacupari e camu-camu, ativos da Região Amazônica, cultivados no Estado de São Paulo** Patrícia Maria Pinto. 2013. 145 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 599 p.

REYES, L.F.; CÍSNEROS-ZEVALLOS, L. Degradation kinetics and colour of anthocyanins in aqueous extracts of purple and red-flesh potatoes (*Solanum tuberosum L.*) **Food Chemistry**, Barking, v. 100, p. 885-894, 2007.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A.G. **Química de alimentos**. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 2004. 184 p.

RIBEIRO, S.I.; MOTA, M.G.C.; CORRÊA, M.L.P. **Recomendações para o cultivo do camucamuzeiro no Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 9 p. (Circular Técnica, 31).

RIBEIRO, S.I.; MOTA, M.G.C.; SILVA, J.F.; CORREA, M.L.P. **Camu-camu: a nova modalidade de consumo de vitamina C “in natura”**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 4 p. (Recomendações Técnicas, 4). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38436/1/CamuCamu.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2013.

RODRIGUES, R.B.; MARX, F. Camu camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh]: a promising fruit from the Amazon Basin. **Ernahrung**, Wien, v. 30, n. 9, p. 376-381, 2006.

RODRIGUEZ-SANOVA, L.E.; GIUSTI, M.M.; WROLSTAD, R.E. Color and pigment stability of red radish and red-fleshed potato anthocyanins in juice model systems. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 3, p. 451-456, 1999.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/QC software: usage and reference** (version 6). 2. ed. Cary, NC, 1996. 1CDROM.

SELLAPPAN, S.; AKOH, C.C. Flavonoids and antioxidant capacity of Georgia-grown vidalia onions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, p. 5338–5342, 2002.

SHUI, G.; LEONG, L.P. Analysis of polyphenolic antioxidants in star fruit using liquid chromatography and mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1022, p. 67-75, 2004.

SILVA, C.T.C.; ANDRADE, J.S. Postharvest modifications in camu-camu fruit (*Myrciaria dubia* McVaugh) in response to stage of maturation and modified atmosphere. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 452, p. 23-26, 1997.

SILVA, F.O. Total ascorbic acid determination in fresh squeezed orange juice by gas chromatography. **Food Control**, Guildford, v. 16, p. 55-58, 2005.

SILVA, V.X.; PONTIS, J.; FLACH, A.; LIMA, C.G.B.; CHAGAS, E.A.; NEVES, L.C.. Composição quantitativa de pigmentos durante o desenvolvimento de frutos camu-camu (*myrciaria dubia*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves, RS. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77246/1/Vanuza-1-composicao-de-pigmento-camucamu.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2013.

SINGLETON, V.L.; ROSSI JUNIOR, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic -phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOARES, C.M.; GERMANO, M.I.S.; GERMANO, P.M.L. Irradiação de alimentos. In: GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. 4. ed. Barueri, SP: Manole, 2011. p. 669-690.

SOUSA, C.M de M.; SILVA, H.R.; VIEIRA-JUNIOR, R.G.M.; AYRES, M.C.C.; COSTA, C.L.S.; ARAÚJO, D.S.; CAVALCANTE, L.C.D.; BARROS, E.D.S.; ARAÚJO, P.B.M.; BRANDÃO, M.S.; CHAVES, M.H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SUGUINO, E.; DE ARAÚJO, P.S.R.; SIMÃO, S. **Cultivo do camu-camu (*Myrciaria dubia*)**. Piracicaba: ESALQ, Divisão de Biblioteca e Documentação, 2001. 37 p. (Série Produtor Rural, 16).

SUNTORNUSUK, L.; GRITSANAPUN, W.; NILKAMHANK, S.; PAOCHOM, A. Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Oxford, v. 28, p. 849-855, 2002.

TOMÁS-BARBERAN, F.; ESPÍN, J.C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Food Science and Technology**, London, v. 81, p. 853-876, 2001.

VIERA, V.B.; RODRIGUES, J.B.; BRASIL, C.C.B.; ROSA, C.S. Produção, caracterização e aceitabilidade de licor de camu-camu (*myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh). **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 519-522, 2010.

WALLACE, T.C.; WAGNER, M.; LEVEILLE, G.; KEEN, C.L.; WOTEKI, C.E.; MANLEY, C.; RIZK, S.W.; HEBER, D.; SHRIKHANDE, A.J. Unlocking the benefits of cocoa flavanols. **Food Technology**, Chicago, v. 63, p. 34-41, 2009.

WILLIAMSON, G.; MANACH, C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. II. Review of 93 intervention studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 81, p. 243S-255S, 2005.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; KIECKBUSCH, T. G. Effect of modified atmosphere packaging on kinetics of vitamin C degradation in mangos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 2, n. 1-2, p. 127-130, 1999.

YUYAMA, K.; AGUIAR, J.P.L.; YUYAMA, L.K.O. Camu-camu: um fruto fantástico como fonte de vitamina C. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 32, n. 1, p. 169-174, 2002.

YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J.P.L.; YUYAMA, K.; LOPES, T. M.; FÁVARO, D.I.T.; BERGL, P.C.P.; VASCONCELLOS, M.B.A. Teores de elementos minerais em algumas populações de camu-camu. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 33, n. 4, p. 549-554, 2003.

ZANATTA, C.F. **Determinação da composição de carotenóides e antocianinas de camu-camu (*Myrciaria dubia*)**. 2004. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ZANATTA, C.F.; MERCADANTE, A. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Food Chemistry**, Barking, v. 101, p. 1526-1532, 2007.

ZANONI, B.; PERI, C.; NANI, R.; LAVELLI, V. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. **Food Research International**, Essex, v. 31, n. 5, p. 395-401, 1999.

ZAPATTA, S.M.; DUFOUR, J.P. Camu-camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh: chemical composition of fruit, **Food Science and Technology**, London, v. 61, p. 349-351, 1993.