

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Thays Correa Costa

**ARMAZENAMENTO DE PEDÚNCULO DE CAJU EM  
ATMOSFERA CONTROLADA COM A APLICAÇÃO DE 1-  
MCP**

Santa Maria, RS  
2020

**Thays Correa Costa**

**ARMAZENAMENTO DE PEDÚNCULO DE CAJU EM ATMOSFERA  
CONTROLADA COM A APLICAÇÃO DE 1-MCP**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Auri Brackmann

Santa Maria, RS  
2020

## FICHA DE CATALOGRÁFICA

Costa, Thays

ARMAZENAMENTO DE PEDÚNCULO DE CAJU EM ATMOSFERA  
CONTROLADA COM A APLICAÇÃO DE 1-MCP / Thays Costa.- 2020.  
58 p.; 30 cm

Orientador: Auri Brackmann  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2020

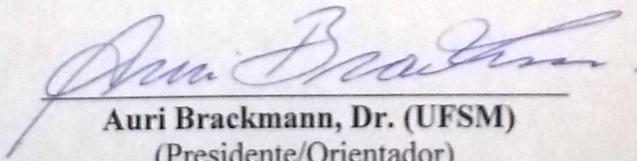
1. Pós-colheita 2. Armazenamento 3. Pedúnculo de caju  
4. Atmosfera controlada I. Brackmann, Auri II. Título.

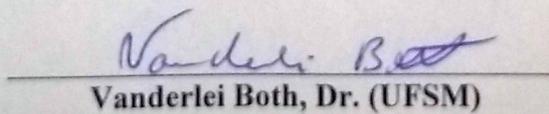
Thays Correa Costa

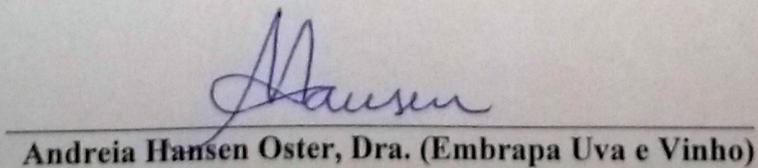
ARMAZENAMENTO DE PEDÚNCULO DE CAJU EM  
ATMOSFERA CONTROLADA COM APLICAÇÃO DE 1-MCP

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Curso de Pós-Graduação em Agronomia,  
da Universidade Federal de Santa Maria  
(UFSM, RS), como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre em  
Agronomia.

Aprovado em 18 de fevereiro de 2020:

  
Auri Brackmann, Dr. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)

  
Vanderlei Both, Dr. (UFSM)

  
Andreia Hansen Oster, Dra. (Embrapa Uva e Vinho)

Santa Maria, RS.  
2020

## DEDICATÓRIA

*Dedico essa dissertação à minha família, em especial ao meu avô Luís de Camões (in memoriam), e a minha mãe Aldenei pela educação, ensinamentos e exemplo de vida, e aos meus irmãos Allan e Anna Beatriz.*

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir chegar até aqui com saúde, por escutar minhas orações, guiar minhas escolhas durante a Pós-Graduação e ter colocado tantas pessoas especiais nesse caminho!

Ao professor Dr. Auri Brackmann, pela oportunidade de fazer parte do seu grupo de pesquisa, pela orientação e ensinamentos durante a Pós-Graduação;

À Universidade Federal de Santa Maria, aos professores e funcionários, por esses dois anos de muito crescimento;

Ao PPG em Agronomia, pela grande oportunidade de estar concluindo o mestrado;

A CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado;

Aos colegas de Pós-Graduação Fábio Thewes, Erani Schultz, Vagner Ludwig, Magno Berghetti, Suele Schmidt, Lucas Wendt e Flávio Thewes pelas contribuições, ajuda na condução dos experimentos e pela amizade construída;

A todos os colegas de iniciação científica do Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita, pela ajuda na condução dos experimentos;

Aos professores e pesquisadores parceiros nesse trabalho;

À EMBRAPA, Fazenda Boa Fruta (Petrolina-PE) e S. Jerônimo (Cascavel-CE) pelo transporte e fornecimento dos frutos, em especial a Dr<sup>a</sup> Andreia Hansen Oster pelas contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa;

Ao Professor Dr. Vanderlei Both, pelas valiosas contribuições ao trabalho.

Gratidão a toda minha família, a minha mãe pelo amor, por acreditar na educação e apostar meu futuro nela, me apoiando em cada passo dado e me incentivando a nunca parar! Ao Allan e a Bia, meus irmãos pelo carinho e palavras que muitas vezes renovaram minhas forças!

Aos meus avós Orlandina e Luís de Camões (*in memoriam*), nenhum ‘muito obrigada’ é suficiente para tanto amor. Gratidão imensa por tudo que representam e fizeram por mim e nossa família! Aos meus tios e tias, sempre atenciosos e prontos para ajudar, por cada reencontro, por cada palavra, por cada “Deus te abençoe”. Aos meus primos e primas pela alegria em cada momento que pudemos estar juntos.

Ao meu namorado Leandro, por todo carinho, companheirismo e compreensão durante esse período longe. Obrigada por toda força e apoio!

Aos amigos, aqueles com quem compartilhei tantas histórias, sorrisos e abraços... Começo pelas minhas fieis escudeiras Jéssica e Liliane, amigas que se tornaram irmãs nessa longa caminhada de graduação e pós, gratidão imensa principalmente por esses dois últimos

anos, onde dividimos noites em claro, conselhos, lágrimas, alegrias e aquela mãozinha com os experimentos. Aos amigos que Santa Maria me deu: Dayvid, Edvania, Gabriela, Isis, sempre levarei vocês em meu coração.

Aos irmãos em Cristo do PGMostro por todo carinho e diversão em cada encontro nosso, como foi bom tê-los presente nesses anos, cada oração e conselho fizeram diferença na minha estadia em Santa Maria, em especial a Bianca, pelas inúmeras caronas e conversas, você se tornou uma mãezona para mim!

E pensar que nada seria possível sem todos vocês: **MUITO OBRIGADA!**

## **EPIGRAFE**

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,  
mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”*

*(Arthur Schopenhauer)*

## RESUMO

### ARMAZENAMENTO DE PEDÚNCULO DE CAJUEIRO EM ATMOSFERA CONTROLADA COM A APLICAÇÃO DE 1-MCP

AUTORA: Thays Correa Costa  
ORIENTADOR: Auri Brackmann

O transporte a longas distâncias e comercialização *in natura* de pedúnculos de cajueiro tem sido dificultada devido à sua curta vida pós-colheita em temperatura ambiente (aproximadamente 48 horas). Novas técnicas de armazenamento têm sido estudadas a fim de retardar a senescência, manter a qualidade e permitir a ampliação da vida pós-colheita e consequentemente comercializar em mercados consumidores distantes da área de produção do cajueiro. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do armazenamento em atmosfera controlada com baixos níveis de O<sub>2</sub> e altos de CO<sub>2</sub> sobre a manutenção da qualidade de pedúnculos de cajueiro. A dissertação é composta de dois experimentos. Para o primeiro experimento, pedúnculos oriundos do município de Petrolina - PE, foi avaliado o efeito da AC e aplicação de 1-MCP. Os tratamentos aplicados foram: [1] Controle (AR/3 °C); [2] AR + 1-MCP; [3] 3,0 kPa O<sub>2</sub> + 3,0 kPa CO<sub>2</sub> [4] 3,0 kPa O<sub>2</sub> + 3,0 kPa CO<sub>2</sub> + 1-MCP; [5] 3,0 kPa O<sub>2</sub> + 5,0 kPa CO<sub>2</sub>; [6] 3,0 kPa O<sub>2</sub> + 5,0 kPa CO<sub>2</sub> + 1-MCP; [7] 3,0 kPa O<sub>2</sub> + 10,0 kPa CO<sub>2</sub>; [8] 3,0 kPa O<sub>2</sub> + 10,0 kPa CO<sub>2</sub> + 1-MCP. No segundo experimento pedúnculos oriundos do município de Cascavel-CE, foram avaliados os seguintes tratamentos: [1] Controle (AR); [2] 3,0 kPa O<sub>2</sub> + 8,0 kPa CO<sub>2</sub>; [3] 3,0 kPa O<sub>2</sub> + 12 kPa CO<sub>2</sub>; [4] 3,0 kPa O<sub>2</sub> + 16 kPa CO<sub>2</sub>; [5] 1,5 kPa O<sub>2</sub> + 8,0 kPa CO<sub>2</sub>. No primeiro experimento (2018), a condição de armazenamento 3,0 kPa O<sub>2</sub> + 10,0 kPa CO<sub>2</sub>, independente da aplicação de 1-MCP foi mais eficiente na manutenção da qualidade dos pedúnculos, pela redução da perda de massa, menor incidência de podridões, maior firmeza de polpa e porcentagem de pedúnculos sadios. O armazenamento refrigerado (AR) isolado ou combinado com 1-MCP não retardou a incidência de podridões no Clone CCP 76. O período em que os pedúnculos foram armazenadas não foi suficiente para ocasionar alterações nas variáveis sólidos solúveis acidez titulável e cor da epiderme. No segundo experimento, em 2019, no armazenamento em AC por um período de 15 dias, os pedúnculos apresentaram menor perda de massa quando comparado com o AR, maior firmeza de polpa e 100% de pedúnculos sadios. No armazenamento em AC durante 30 dias os pedúnculos mantiveram maior firmeza de polpa e baixa incidência de podridões. Levando em consideração as análises físico-químicas na colheita e após 30 dias de armazenamento a  $3,0 \pm 0,1$  °C e  $93 \pm 0,3\%$  U.R, os resultados sugerem que a utilização de AC com pressões parciais elevadas de CO<sub>2</sub> mantém a vida útil pós-colheita do clone de pedúnculo de cajueiro anão precoce CCP 76.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Anacardium occidentale* L. Pós-colheita. Qualidade da fruta. Baixa temperatura

**ABSTRACT**  
**STORAGE OF CASHEW APPLE IN A CONTROLLED ATMOSPHERE**  
**WITH THE APPLICATION OF 1-MCP**

AUTHOR: Thays Correa Costa

ADVISOR: Auri Brackmann

The transport over long distances and marketing of fresh cashew peduncles has been hampered due to their short postharvest life at room temperature (approximately 48 hours). Due to this problem, storage techniques have been studied in order to delay senescence and improve post-harvest quality. Thus, this study aimed to evaluate the effect of storage in controlled atmosphere with low levels of O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> in the quality maintenance of cashew tree peduncles. The dissertation consists of two experiments. For the first experiment with fruits from Petrolina - PE, the effect of CA and application of 1-MCP was evaluated. The treatments applied were: [1] Control (RA 3 °C); [2] RA + 1-MCP; [3] 3.0 kPa O<sub>2</sub> + 3.0 kPa CO<sub>2</sub> [4] 3.0 kPa O<sub>2</sub> + 3.0 kPa CO<sub>2</sub> + 1-MCP; [5] 3.0 kPa O<sub>2</sub> + 5.0 kPa CO<sub>2</sub>; [6] 3.0 kPa O<sub>2</sub> + 5.0 kPa CO<sub>2</sub> + 1-MCP; [7] 3.0 kPa O<sub>2</sub> + 10.0 kPa CO<sub>2</sub>; [8] 3.0 kPa O<sub>2</sub> + 10.0 kPa CO<sub>2</sub> + 1-MCP. In the second experiment, with fruits from the municipality of Cascavel-CE, the following treatments were evaluated: [1] Control (RA 5 °C); [2] 3.0 kPa O<sub>2</sub> + 8.0 kPa CO<sub>2</sub>; [3] 3.0 kPa O<sub>2</sub> + 12.0 kPa CO<sub>2</sub>; [4] 3.0 kPa O<sub>2</sub> + 16.0 kPa CO<sub>2</sub>; [5] 1.5 kPa O<sub>2</sub> + 8.0 kPa CO<sub>2</sub>. In the first experiment (2018), the storage condition with 3.0 kPa O<sub>2</sub> + 10.0 kPa CO<sub>2</sub> irrespective of 1-MCP treatment, was more efficient in maintaining the quality of the fruits, by reducing the mass loss, reducing the decay incidence, kept greater firmness of pulp and percentage and more healthy fruit. Chilled storage (RA) isolated or combined with 1-MCP did not delay the incidence of rot in Clone CCP 76. The period in which the fruits were stored was not sufficient to cause changes in the soluble solid content, titratable acidity and juice color. In the second experiment, in 2019, in storage in CA for a period of 15 days, the fruits showed less loss of mass, greater pulp firmness and 100% of healthy fruit. When stored in CA for 30 days, the fruits maintained greater pulp firmness and low decay incidence. Taking into account the physical-chemical analyzes at harvest and after 30 days of storage at 3.0 ± 0.1 °C and 93 ± 0.3% RH, the results suggest that the use of CA with high partial pressures of CO<sub>2</sub> maintains the postharvest shelf life of the early dwarf cashew clone CCP 76.

**KEYWORDS:** *Anacardium occidentale* L. post-harvest. fruit quality. low temperature

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Perda de massa (A), firmeza de polpa (B), incidência de podridões (C) e pedúnculos sadios (D) de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce CCP 76 após 35 dias de armazenamento sob atmosfera controlada na temperatura de  $5,0 \pm 0,5$  °C e umidade relativa do ar de  $93 \pm 0,3\%$ .....32
- Figura 2 Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B) de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce CCP 76 após 35 dias de armazenamento sob atmosfera controlada na temperatura de  $5,0 \pm 0,5$  °C e umidade relativa do ar de  $93 \pm 0,3\%$ .....36
- Figura 3 Luminosidade (A), croma (B), ângulo hue (C) de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce CCP 76 após 35 dias de armazenamento sob atmosfera controlada na temperatura de  $5,0 \pm 0,5$  °C e umidade relativa do ar de  $93 \pm 0,3\%$ .....38
- Figura 4 Perda de massa de pedúnculos de cajueiro anão precoce, clone CCP 76 armazenados por 15 dias (A) e a 30 dias (B), sob atmosfera controlada na temperatura de  $3,0 \pm 0,1$  °C e umidade relativa de  $93 \pm 0,3\%$ .....39
- Figura 5 Firmeza de polpa de pedúnculos de cajueiro anão precoce, clone CCP 76 armazenados por 15 dias (A) e a 30 dias (B), sob atmosfera controlada na temperatura de  $3,0 \pm 0,1$  °C e umidade relativa de  $93 \pm 0,3\%$ .....41
- Figura 6 Incidência de podridões (A) e pedúnculos sadios (B) em pedúnculos de cajueiro anão precoce clone CCP 76 armazenados a 30 dias sob atmosfera controlada em temperatura de  $3,0 \pm 0,1$  °C e umidade relativa de  $93 \pm 0,3\%$ .....43
- Figura 7 Sólidos solúveis a 15 dias (A) e 30 dias (B) e acidez titulável a 15 dias (C) e 30 dias (D) de pedúnculos de cajueiro anão precoce clone CCP 76 armazenados, sob atmosfera controlada na temperatura de  $3,0 \pm 0,1$  °C e umidade relativa de  $90 \pm 0,3\%$ .....44
- Figura 8 Luminosidade aos 15 dias (A) e 30 dias (B), Croma aos 15 dias (C) e 30 dias (D), Ângulo Hue aos 15 dias (E) e 30 dias (F) de pedúnculos de cajueiro anão precoce, clone CCP 76 armazenado sob atmosfera controlada na temperatura de  $3,0 \pm 0,1$  °C e umidade relativa de  $93 \pm 0,3\%$ .....46

## LISTA DE TABELA

Tabela 1	Características de pedúnculos madura do clone CCP 76.....	19
Tabela 2	Condições das atmosferas que foram utilizadas para o armazenamento de pedúnculos de cajueiro em 2018.....	27
Tabela 3	Condições das atmosferas que foram utilizadas para o armazenamento de pedúnculos de cajueiro em 2019.....	28
Tabela 4	Características físico-químicas na análise das frutas após a colheita.....	28

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1-MCP	1-Metilciclopropeno
AC	Atmosfera controlada
AM	Atmosfera modificada
ANOVA	Análise de variância
AR	Armazenamento refrigerado
AT	Acidez titulável
AVG	Aminoetoxivinil glicina
CCP 76	Clone do cajueiro de Pacajus 76
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
FN	Firmeza de polpa
GA3	Ácido giberélico
IP	Incidência de podridões
N	Newton ou Normal
N <sub>2</sub>	Nitrogênio
NaOH	Hidróxido de sódio
O <sub>2</sub>	Oxigênio
PG	Enzima poligalacturonase
pH	Potencial hidrogeniônico
PM	Perda de massa
PME	Enzima Pectina metil esterase
PVC	Policloreto de vinila
SS	Sólidos solúveis
UR	Umidade relativa

## LISTA DE SÍMBOLOS

°Hue	Ângulo hue
cm	Centímetros
C	Croma
g <sup>-1</sup>	Gramma
°Brix	Graus brix
°C	Graus Celsius
L <sup>-1</sup>	Litros
L	Luminosidade
®	Marca registrada
Km	Quilometro
kPa	Quilo Pascal
m	Metros
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
µL	Microlitros
mm	Milímetros
mL	Mililitros
%	Porcentagem

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA</b> .....	13
1.1	HIPÓTESES.....	14
1.2	OBJETIVOS .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1	CULTURA DO CAJU.....	15
2.2	QUALIDADE DOS PEDÚNCULOS DE CAJU.....	16
<b>2.2.1</b>	<b>Firmeza de polpa</b> .....	17
<b>2.2.2</b>	<b>Acidez titulável</b> .....	18
<b>2.2.3</b>	<b>Sólidos solúveis</b> .....	19
<b>2.2.4</b>	<b>Cor da epiderme</b> .....	19
<b>2.2.5</b>	<b>Incidência de podridões</b> .....	20
2.3	ARMAZENAMENTO DE PEDÚNCULO DE CAJU .....	21
<b>2.3.1</b>	<b>Técnicas de armazenamento</b> .....	21
2.3.1.1	<i>Armazenamento refrigerado</i> .....	21
2.3.1.2	<i>Atmosfera modificada</i> .....	22
2.3.1.3	<i>Atmosfera controlada</i> .....	22
<b>2.3.2</b>	<b>Aplicação de 1 Metilciclopropeno (1MCP)</b> .....	23
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
3.1	MATERIAL EXPERIMENTAL E PREPARO DAS AMOSTRAS .....	24
3.2	INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DA ATMOSFERA CONTROLADA .....	26
3.3	TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA.....	26
3.4	APLICAÇÃO DE 1 MCP.....	26
3.5	ANÁLISES FÍSICO- QUÍMICAS .....	27
<b>3.5.1</b>	<b>Perda de massa (castanha + pedúnculo)</b> .....	27
<b>3.5.2</b>	<b>Incidência de podridões</b> .....	27
<b>3.5.3</b>	<b>Frutos sadios</b> .....	27
<b>3.5.4</b>	<b>Firmeza de polpa</b> .....	28
<b>3.5.5</b>	<b>Sólidos solúveis</b> .....	28
<b>3.5.6</b>	<b>Acidez titulável</b> .....	28
<b>3.5.7</b>	<b>Cor da epiderme</b> .....	28
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	28
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
4.1	EXPERIMENTO 1- ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA E APLICAÇÃO DE 1 MCP .....	29
<b>4.1.2</b>	<b>Firmeza de polpa</b> .....	31
<b>4.1.3</b>	<b>Incidência de podridões e pedúnculos sadios</b> .....	32
<b>4.1.4</b>	<b>Sólidos solúveis e acidez titulável</b> .....	32
<b>4.1.5</b>	<b>Cor da epiderme</b> .....	34
4.2	EXPERIMENTO 2 – QUALIDADE DE PEDÚNCULOS DE CAJU CLONE CCP 76 APÓS 15 E 30 DIAS DE ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA.....	35
<b>4.2.1</b>	<b>Perda de massa</b> .....	35
<b>4.2.2</b>	<b>Firmeza de polpa</b> .....	37
<b>4.2.3</b>	<b>Incidência de podridões e pedúnculos sadios</b> .....	39

<b>4.2.3</b>	<b>Sólidos solúveis e acidez titulável.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Cor da epiderme .....</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O cajueiro cultivado (*Anacardium occidentale* L.) pertence à família *Anacardiaceae* e ao gênero *Anacardium*, que compreende ainda outras 20 espécies. Dentre todas as espécies, apenas a *Anacardium occidentale* L. é cultivada comercialmente e compreende os tipos comum e anão-precoce (ARAÚJO, 2015). O caju é uma fruteira tropical que tem ocasionado interesse econômico e nutricional, em virtude da qualidade de sua castanha (fruto verdadeiro) e pela riqueza em vitamina C do seu pseudofruto (pedúnculo). A agroindústria do caju se concentra na região nordeste do país, sendo que o Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte participam com 99,7% da produção (MACEDO et al., 2015; SANTOS et al., 2011).

O Brasil é o quinto produtor mundial de castanha de caju com uma produção anual de 15, 58 mil toneladas, correspondendo em 2016 por 3,1% do mercado mundial de amêndoa de castanha de caju (BRAINER; VIDAL, 2018). Essa produção, concentrada na Região Nordeste, é importante fonte de renda para os agricultores familiares. Uma das vantagens do seu cultivo na região semiárida é que a produção ocorre justamente na entressafra das demais espécies cultivadas tradicionalmente, como o milho e o feijão, fazendo com que a atividade ganhe importância na ocupação da mão de obra no campo (OLIVEIRA; ROCHA, 2009).

O consumo de pedúnculo como fruta de mesa vem aumentando consideravelmente a cada safra, tanto pela abertura de novos mercados como pela estabilização dos mercados tradicionais. Isto ocorreu basicamente aos novos plantios feitos com cajueiro-anão precoce que, por apresentar porte baixo, facilita a colheita manual, favorecendo um melhor aproveitamento do pedúnculo (MOURA et al., 2001).

Um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores, principalmente, os que visam o consumo *in natura* do pedúnculo, é sua vida útil pós-colheita extremamente curta, resultante da delicada estrutura associado à imediata perda de massa, comprometendo assim demasiadamente a comercialização desse produto (MOURA et al., 2010). As frutas são comercializadas exclusivamente em feiras locais, porém com o auxílio da refrigeração, hoje alcança supermercados em outras partes do país, localizadas a mais de 4.000 km do local de produção, podendo ser mantidos em condições para o consumo por até quinze dias após a colheita (ALMEIDA et al., 2017; MENEZES; ALVES, 1995). No entanto, o mercado externo, principalmente o Europeu, tem manifestado interesse pelo pedúnculo do cajueiro para o consumo de mesa e somente a técnica de refrigeração para conservação pós-colheita não é suficiente para manter a qualidade dos pedúnculos para exportação.

Para definir técnicas de manuseio pós-colheita, assim como para a boa aceitação do produto pelo consumidor, as características físicas são indispensáveis. Desta forma, devem-se selecionar pedúnculos que atendam aos requisitos da comercialização, tais como: alta resistência ao manuseio, avaliada através da firmeza de polpa e fácil disposição nas embalagens utilizadas. Além disso, o consumidor prefere pedúnculos de cor laranja a vermelha e de tamanho grande (MOURA et al., 2001).

Assim, o emprego de novas tecnologias que retardam o amadurecimento e aumentam a vida útil pós-colheita é imprescindível para alcançar mercados mais distantes. Dentre as técnicas que poderiam ser utilizadas, destaca-se o armazenamento em atmosfera controlada (AC). Neste sistema, além da temperatura, são também controladas as pressões parciais de oxigênio  $O_2$ , gás carbônico  $CO_2$  e a umidade relativa do ar (UR) durante o armazenamento, de modo que a baixa pressão parcial de  $O_2$  e alta de  $CO_2$  restrinjam a produção de etileno e a respiração. Por meio da AC, alteram-se ações dependentes do etileno e da respiração, como por exemplo, a perda da firmeza da polpa, o consumo de ácidos e mudança na coloração (SANCHES et al., 2016).

O aumento da vida útil pós-colheita de frutas após o armazenamento em atmosfera controlada e condições de  $CO_2$  mais elevado tem sido observado por diversos autores em pesquisas com graviola (SANCHES et al., 2016) e ameixas (STEFFENS et al., 2013), bem como em baixos níveis de oxigênio (BRACKMANN et al., 2012; SANTOS et al., 2006). As pressões parciais de  $CO_2$  e  $O_2$  em AC que melhor mantêm a qualidade do pedúnculo do cajueiro ainda não foram estabelecidas, o que reflete no armazenamento, sendo o seu estudo de grande importância para a conservação da qualidade dos pedúnculos.

Outra tecnologia empregada na conservação de frutos utiliza o fitorregulador 1-metilciclopropeno (1-MCP), com o propósito de prolongar a vida útil pós-colheita. Sanches et al. (2017b) observaram que a vida útil de cajaranas (*Spondias cytherea*) foi de apenas seis dias em armazenamento na condição ambiente e com a aplicação de 1-MCP estendeu-se em até 12 dias, independentemente da concentração utilizada.

Diante dessas informações, precisa ser desenvolvidos trabalhos científicos avaliando as metodologias disponíveis para melhorar a conservação da qualidade do pedúnculo do caju.

## 1.1 HIPÓTESES

- a) a exposição a baixas pressões parciais de  $O_2$  em atmosfera controlada diminui o metabolismo do pedúnculo do cajueiro e prolonga a vida útil pós-colheita;

- b) o armazenamento em altas pressões parciais de CO<sub>2</sub> controla a proliferação de fungos e podridões pós-colheita;
- c) a aplicação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) retarda a senescência do pedúnculo do cajueiro.

## 1.2 OBJETIVOS

- a) avaliar o efeito da atmosfera controlada com baixos níveis de O<sub>2</sub> e altos de CO<sub>2</sub> sobre a manutenção da qualidade dos pedúnculos de cajueiro;
- b) avaliar o efeito da aplicação de 1-MCP sobre a manutenção da qualidade dos pedúnculos de cajueiro;

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CULTURA DO CAJU

O *Anacardium occidentale* L., conhecido como cajueiro, é nativo das regiões tropicais da América do Sul, tendo seu cultivo especialmente no Nordeste. Possui relevância socioeconômica, visto que a maior parte do cultivo se dá por pequenos produtores, e como a colheita é realizada na entressafra de outras culturas, contribui para a permanência de mão de obra no campo. Sua importância econômica pode ser atrelada a dois fatores principais: a indústria da castanha de caju, voltada para exportação e a indústria do pedúnculo voltado para o mercado interno, em que a maior parte é aproveitada *in natura* ou na produção do suco integral (ALMEIDA et al., 2017).

A exploração da cultura do caju é apontada como relevante atividade agroindustrial do Nordeste do Brasil. Tendo o principal produto explorado nesta atividade a amêndoa da castanha de caju. Uma alternativa para a exploração econômica do caju é a industrialização do seu pseudofruto (pedúnculo) que representa cerca de 90% da massa do fruto do caju. A potencialidade agroindustrial do pedúnculo do caju permite que dele sejam obtidos diversos produtos da agroindústria de processamento de frutas tais como bebidas, sucos, doces, conservas entre outros. Além disso, estudos nas áreas de melhoramento genético e tecnologias pós-colheita relatam a exploração econômica do cajueiro anão precoce, na forma de fruta para consumo de mesa (SOUZA FILHO et al., 2002).

O consumo do pedúnculo como fruta de mesa vem crescendo a cada safra, dessa forma citam-se a abertura de novos mercados e também a consolidação dos mercados tradicionais, o que significa que cada vez mais o mercado interno está comprando esse

produto (OLIVEIRA, 2008). Isto ocorreu devido, principalmente, aos novos plantios com cajueiro-anão precoce que, por apresentar porte baixo, facilita a colheita manual com maior aproveitamento e redução de perdas (MOURA et al., 2001). Além disso, o pedúnculo do cajueiro é um fruta que contém uma série de compostos nutricionais como: antocianinas, flavonoides e, em particular, uma elevada concentração de vitamina C.

A qualidade desse fruta para consumo está relacionada, ainda, com a maior firmeza de polpa, baixa adstringência, sabor doce e pouco ácido e formato piriforme. Os pedúnculos, cujo peso varia entre 100 g e 140 g, apresentam melhor valor de mercado (FILGUEIRAS et al., 1999). Deve-se ressaltar que o ‘CCP 76’ é o clone de cajueiro-anão-precoce mais procurado para a produção de pedúnculo para consumo *in natura*. A Tabela 1 apresenta características do clone ‘CCP 76’ para consumo *in natura*.

Tabela 1- Características físico-químicas de pedúnculos maduros do clone ‘CCP 76’

Clone	Peso (g)	Cor	Firmeza (N)	Vitamina C (mg 100 g <sup>-1</sup> )	SS (°Brix)	AT (% Ác. málico)
CCP 76 (i)	150,82	Laranja – escuro	5,83	213,47	12,93	0,28
CCP 76 (s)	145,65	Laranja – escuro	8,36	167,44	11,27	0,27

Condições de cultivo: (i) irrigado; (s) sequeiro. SS: sólidos solúveis; AT: acidez titulável.

Fonte: Pinto et al. (1997), Moura et al. (1998) e Abreu (2007).

## 2.2 QUALIDADE DOS PEDÚNCULOS DE CAJU

A falta de qualidade dos pedúnculos de caju limita a expansão dos mercados interno e externo, portanto a informação dos aspectos que interferem na fisiologia do amadurecimento da fruta é indispensável na elaboração de mecanismos pós-colheita que preservem a qualidade do fruto. O estudo da fisiologia pós-colheita é de grande importância para caracterizar as alterações ocorridas nas características físicas, químicas e sensoriais dos frutos durante o armazenamento (SANCHES et al., 2016).

A capacidade de conservação e a qualidade dos frutos são definidas, sobretudo, pelo estágio de maturação em que os frutos são colhidos. A colheita dos frutos na fase adequada de maturação é determinante para a durabilidade dos frutos, e afeta diretamente sua qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2007).

Com tecnologias recomendadas, a colheita deve ser feita nas horas de temperaturas mais amenas e as frutas devem ser acondicionadas em uma única camada, nas caixas (47 x 30,5 x 12 cm), as quais são forradas internamente por uma camada de espuma de aproximadamente 1 cm de espessura, para não comprometer o pedúnculo (MOURA et al., 2010).

O pedúnculo de caju que é um fruto não climatérico e apresenta taxa respiratória elevada ( $74\text{m}^1$  a  $76\text{m}^1 \text{O}_2 \text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  ou  $62\text{m}^1$  a  $72\text{m}^1 \text{CO}_2 \text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ) à temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , fato fisiologicamente desejável para o amadurecimento e baixa taxa de produção de etileno confirma esta classificação: entre 200 e 400 nL.  $\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$  a mesma temperatura.

Para frutos climatéricos a atividade respiratória e a produção de etileno, assim como as mudanças físicas e químicas durante o armazenamento são critérios consideráveis para indicar a maturidade e a qualidade (PINTO et al., 2013). Baixos níveis de oxigênio no decorrer do armazenamento diminuem a respiração e a síntese de etileno, retardando a maturação dos frutos, e assim, a senescência (WRIGHT, 2015). O efeito do alto  $\text{CO}_2$  na conservação da qualidade dos frutos durante o armazenamento também está relacionado com a redução da respiração e da taxa de produção e ação do etileno (YANG; HOFFMANN, 1984), bem como no controle do desenvolvimento de fungos que causam podridões (BRACKMANN, et al., 1996).

### **2.2.1 Firmeza de polpa**

As células vegetais são separadas por uma parede celular relativamente delgada, mas mecanicamente forte. Essa parede integra uma complexa mistura de polissacarídeos (celulose, pectinas e hemiceluloses) e outros polímeros, secretados pela célula e reunidos em uma rede organizada por meio de ligações covalentes e não covalentes. Além disso, as células vegetais contêm, proteínas estruturais, enzimas, polímeros fenólicos e outros compostos que modificam as características físicas e químicas da parede celular (TAIZ; ZAIGER, 2013).

O amolecimento da polpa está associado a uma diminuição das formas insolúveis de substâncias pécicas presentes na lamela média e parede celular das células (MALIS-ARAD et al., 1983), ou ainda a uma excessiva perda de água com redução da pressão de turgescência das células (AWAD, 1993).

A firmeza é um atributo que garante a qualidade e a aceitabilidade de frutos *in natura* e de seus produtos industrializados (ALMEIDA et al., 2011). Assim, ao longo do processo de

amadurecimento sucede a perda gradual da firmeza da polpa (BENNET, 2000).

O processo degradativo da parede celular tem relação com a presença de etileno, sendo este necessário para a atividade das enzimas responsáveis pela degradação da parede celular (TAIZ; ZEIGER, 2013). Prontamente, a inibição de sua biossíntese em frutos é uma alternativa para reduzir a perda de qualidade provocada por esse processo. Desta forma, frutos armazenados com baixa concentração de etileno no ambiente de armazenamento, reduzem a perda da firmeza de polpa (BRACKMANN, 1989). O uso de 1-MCP igualmente se constitui em uma alternativa para a redução do processo de perda de firmeza de polpa, uma vez que este produto inibe a ação do etileno exógeno (ASMAR et al., 2010).

### **2.2.2 Acidez titulável**

Os ácidos orgânicos são produtos intermediários do metabolismo respiratório dos frutos, sendo que interferem em grande parte, no sabor (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Segundo Seibert (1997), a acidez titulável corresponde a soma da acidez real com a acidez potencial. Sendo a acidez real a concentração de prótons  $H^+$  de uma solução e sua expressão é o pH. A acidez potencial corresponde aos átomos de hidrogênio de moléculas, que poderão ser liberados sob a forma de prótons, quando ocorrer o aumento do pH da solução.

A diminuição nos níveis de etileno no ambiente de armazenamento reduz o processo respiratório, dessa forma mantendo o nível de ácidos orgânicos depois de longos períodos de conservação. No entanto, o 1-MCP apresenta efeito variável na acidez de produtos vegetais, influenciando alguns tipos de produtos, enquanto que outros não (BLANKENSHIP; DOLE, 2003).

A acidez deve-se aos ácidos orgânicos presentes nos vacúolos das células, na forma livre ou combinada com sais, ésteres e glicosídeos (TAIZ; ZAIGER, 2013), sendo nos pedúnculos de cajueiro encontrado principalmente o ácido málico e ácido cítrico. O conteúdo de ácido orgânico tende a decair à medida que ocorre avanço no amadurecimento do fruto uma vez que podem ser usados como substratos no processo respiratório e na síntese de compostos fenólicos, lipídeos e aroma (GERMANO, 2016). Alguns ácidos orgânicos, tais como o cítrico e o málico, são componentes essenciais no ciclo dos ácidos tricarbóxicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; LEE et al., 2010; NASCIMENTO, 2013)

### 2.2.3 Sólidos solúveis

Durante o amadurecimento, ocorrem processos que alteram as características sensoriais do fruto com o desenvolvimento de sabores e aromas específicos. O sabor dos frutos depende da interação entre os açúcares e os ácidos orgânicos, enquanto o aroma do fruto depende de uma grande variedade de compostos orgânicos voláteis (ZHENG et al., 2016).

Desta maneira, o teor de sólidos solúveis (SS) é uma variável que tem sido usada como indicador da qualidade dos frutos. O teor de SS é de ampla importância nos frutos, tanto para o consumo *in natura* como para o processamento industrial, dado que altos teores desses constituintes na matéria-prima resultam em menor adição de açúcares, redução no tempo de evaporação da água, mínimo gasto de energia e máximo rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento (SILVA et al., 2002).

Os sólidos solúveis (SS) são constituídos de cerca de 65 a 80% de açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo que o pedúnculo do caju apresenta valor médio de 10,5 °Brix de sólidos solúveis. O tipo de armazenamento (refrigerado ou atmosfera controlada), a cultivar e o ponto de colheita influenciam nos teores de sólidos solúveis totais (WATKINS et al., 2000).

Métodos baseados em espectroscopia têm sido usados para analisar teor de sólidos solúveis em vários tipos de frutos. Contudo, os métodos destrutivos, isto é, baseados no processamento do material e posterior uso do refratômetro ainda são os mais usados, por serem simples (COSTA et al., 2004).

### 2.2.4 Cor da epiderme

Durante o amadurecimento de frutos, há mudanças na cor devido à degradação de clorofila e síntese de outros pigmentos como carotenóides e antocianinas. A redução no conteúdo de clorofila acontece por mudanças no pH, processos oxidativos e por atividade de enzimas (GERMANO, 2016). Quando as membranas dos tilacóides se desintegram, os cloroplastos são convertidos em cromoplastos, enquanto que a clorofila e os componentes fotossintéticos desaparecem, e então, um acúmulo massivo de plastoglobulos e de carotenóides ocorre (LOPES, 2015; PAL; BITSH, 2013; TUCKER, 1993). Segundo Wait e Jamielson (1986), a cor dos pedúnculos de cajueiro pode variar de vermelho claro ao amarelo claro, decorrendo grandes graduações entre a amplitude dessas cores.

Assim, a coloração da epiderme caracteriza-se de forma importantes na pós-colheita, pois está diretamente associada à aceitação do consumidor final. Durante o armazenamento dos frutos, ocorrem alterações da cor da epiderme, em função do metabolismo dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A cor de frutas e hortaliças contribui para avaliação da qualidade. Esta eventualmente é usada como critério para avaliar a qualidade geral de muitos produtos, sendo que qualidade e cor não necessariamente se correlacionam. Em certas situações, a associação entre o que é percebido como uma cor ótima e qualidade ótima não são de todo válido. Desta forma, a cor não expressa, necessariamente, a qualidade verdadeira do produto (KAYS, 1991).

A cor da epiderme tem origem em diversos pigmentos no tecido, que sofrem modificações durante o processo de amadurecimento. A coloração amarela ou vermelha, que se incorpora após a degradação das clorofilas, decorre não só do processo de amadurecimento, mas também de exposição dos frutos à luz solar (MITCHELL; KADER, 1989).

O etileno pode exercer influência nos processos de mudança de cor no que se refere à síntese de pigmentos antocianinas, não atuando em mudanças que ocorrem no início da perda da clorofila (BLANKENSHIP; DOLE, 2003).

### **2.2.5 Incidência de podridões**

O controle de doenças e podridão pós-colheita deve iniciar ainda no campo e, depois da colheita, o manuseio deve ser realizado segundo as boas práticas de pós-colheita.

O processo de infecção é facilitado pela ocorrência de danos mecânicos na epiderme dos frutos (WILLS et al., 1981), que aumenta a produção de etileno, o que pode estimular o crescimento de algumas espécies de fungos. Portanto, cuidados no manejo na pós-colheita, como a redução no número e tamanho de lesões causadas por atritos ou impactos irão reduzir a expressão e a atividade da enzima ACC sintase e, conseqüentemente, diminuir a produção de etileno.

Entretanto, em algumas espécies, tratadas com 1-MCP, pode-se observar um aumento na incidência de doenças (BLANKENSHIP; DOLE, 2003), provavelmente devido à inibição de resposta de um metabólito benéfico, possivelmente relacionada ao mecanismo de defesa dos vegetais (KU et al., 1999).

Paula (2017) verificou que a variável de incidência de podridões (IP) é uma variável limitante para pedúnculos de caju, desta forma, determinou limite de >30%, para analisar IP nos tratamentos aplicados. Ao armazenar pedúnculos de caju sob atmosfera modificada (AM),

quando as frutas foram armazenadas com filme PVC, alcançaram o limite estabelecido aos 16 dias de armazenamento (IP=31,11%), conseqüentemente tornando as frutas impróprios para a comercialização.

## 2.3 ARMAZENAMENTO DE PEDÚNCULO DE CAJU

### 2.3.1 Técnicas de armazenamento

#### 2.3.1.1 Armazenamento refrigerado

A vida útil pós-colheita do pedúnculo de caju em condições ambientes não ultrapassa 48 horas, após esse período, o pedúnculo apresenta-se enrugado, fermenta e logo há perda na qualidade (LOPES et al., 2011). Quando comparado às culturas de clima temperado, as frutas tropicais e subtropicais normalmente apresentam maiores problemas no armazenamento devido à sua maior perecibilidade, conseqüentemente as condições na chegada ao mercado consumidor tende a ser menos satisfatórias. As transformações químicas associadas ao metabolismo após a colheita são contínuas, contudo a refrigeração contribui para a redução no processo de respiração, acarretando uma menor perda de massa do produto e, conseqüentemente, diminuição das alterações bioquímicas, aumentando a vida útil das frutas (ALMEIDA et al., 2011).

O armazenamento refrigerado (AR) é um método viável economicamente e mais utilizado para manter a qualidade pós-colheita de produtos frescos, pois baixas temperaturas ocasionam redução nos processos fisiológicos e da rota respiratória e, conseqüentemente, mudanças bioquímicas nos frutos (KRUSE; RENNENBERG; ADAMS, 2011). Desta forma, a temperatura do fruto possui efeito direto na velocidade das reações bioquímicas (EKMAN; GOLDING; MCGLASSON, 2005). Um dos fatores mais importantes para a manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento (BRACKMANN et al., 2010). Além da redução na temperatura, o controle da umidade relativa também é um fator importante para a conservação de frutas *in natura* (ERKAN; WANG, 2006)

O trabalho iniciado por Soares (1975) com armazenamento de pedúnculos de cajueiro comum, sob refrigeração (10 °C e UR 80%) obteve os primeiros resultados na conservação do caju para consumo *in natura*. Mosca et al. (1998), analisando armazenagem em refrigeração associado com atmosfera modificada, observaram uma vida útil pós-colheita entre 12 e 16 dias para os pedúnculos de cajueiro anão precoce.

### *2.3.1.2 Atmosfera modificada*

Outra forma de aumentar a vida útil em pós-colheita do pedúnculo em baixas temperaturas é a utilização de embalagens que possibilitem a modificação da atmosfera, proporcionando uma menor troca de gases entre o meio interno e externo da fruta, reduzindo a concentração de oxigênio e aumentando a de gás carbônico, que ajudam a retardar a senescência pela redução na respiração, produção de etileno e sensibilidade ao frio (ALMEIDA et al., 2011). A atmosfera modificada (AM), atualmente a mais utilizada para o armazenamento de pedúnculo, permite a oferta de frutas com qualidade por até 18 dias após a colheita (MOURA et al., 2010). Trabalhos visando uma maior conservação do caju foram desenvolvidos por Menezes (1992). Este autor usou refrigeração (5 °C) associada com filme de PVC e obteve uma vida útil para o pedúnculo do cajueiro comum de aproximadamente 10 dias. Figueiredo (2000) associou ao AR a aplicação de cálcio em pós-colheita no clone CCP 76 e conseguiu uma vida útil de aproximadamente 20 dias. Ao desenvolver uma pesquisa associando refrigeração e AM com diferentes clones de caju foi possível obter uma vida útil pós-colheita, variando entre 10 a 25 dias (MORAIS, 2001).

Ao usar a AM tem-se uma menor troca de gases entre o meio interno e o externo da fruta. O resultado esperado será promissor pelo uso simultâneo dos dois métodos. Comumente, a modificação da atmosfera resulta numa menor disponibilidade de O<sub>2</sub> no interior da embalagem (MOURA, 2004; KADER, 1992).

### *2.3.1.3 Atmosfera controlada*

No armazenamento em atmosfera controlada (AC) presume-se redução na taxa respiratória e produção de etileno, mantendo, deste modo, as características físico-químicas, tais como: acidez titulável, coloração da epiderme, sólido solúveis, firmeza de polpa, além de reduzir a ocorrência podridões (WEBER et al., 2013).

Em atmosfera controlada, a respiração de frutos pode ser restringida em até 50%, quando correlacionada com a taxa respiratória do produto armazenado sob refrigeração na mesma temperatura (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A redução da pressão parcial de O<sub>2</sub> e o incremento do CO<sub>2</sub> nas câmaras de armazenamento atrasam o amadurecimento dos frutos, alteram o metabolismo de pigmentos, reduzem a síntese e a ação do etileno sobre o metabolismo dos frutos e a ocorrência de podridões e, permitindo maior acúmulo de açúcares e a manutenção de cor da epiderme (BRACKMANN et al., 2013). Diante desses fatores, o uso dessa tecnologia para o armazenamento de pedúnculos poderá acarretar em uma

prolongamento da vida útil do mesmo, visto que, a AM promove um aumento de 20 dias, espera-se que a AC possa ser eficaz no prolongamento da vida útil dos pedúnculos de caju e manter suas qualidades físico-químicas.

Nas diferentes espécies, cada cultivar tem uma exigência específica de temperatura e atmosfera, por isso devem ser armazenadas em atmosfera controlada conforme sua tolerância ao O<sub>2</sub> baixo e CO<sub>2</sub> alto. Quanto à temperatura do pedúnculo de caju, pode ser armazenado em temperatura de 3 °C para os clones de coloração laranja e 5 °C os de coloração vermelha. (MOURA; ALVES; SILVA, 2013).

### **2.3.2 Aplicação de 1 Metilciclopropeno (1MCP)**

Dependendo da espécie a ser tratada, 1-MCP pode ter uma gama de efeitos sobre a respiração, produção de etileno, produção de voláteis, degradação de clorofila e mudanças de outras cores, modificações nas proteínas e membranas, amaciamento, doenças e danos, e acidez e açúcares (ABDI et al., 1998; FAN et al., 1999; JIANG, 1999a; JEONG et al., 2002).

Em frutos não-climatéricos, o 1-MCP pode aumentar, diminuir ou não ter efeito sobre o desenvolvimento de podridão induzida por patógenos (MULLINS et al., 2000; PORAT et al., 1999).

O 1-metilciclopropeno é um fitorregulador que retarda o amadurecimento, estendendo a vida útil pós-colheita e conserva a qualidade de frutas. Este produto atua por meio da ligação de suas moléculas aos receptores do etileno localizados na membrana plasmática das células, evitando respostas relativas a este gás sobre o processo de amadurecimento (BLANKENSHIP; DOLE, 2003).

Estudos afirmam que o tempo necessário para aplicação do tratamento com 1-MCP varia de 12 às 24h. Outro fator importante a considerar é o tempo entre a colheita e a aplicação do 1-MCP. Normalmente, quanto mais perecível o produto menor deve ser o tempo entre esses dois eventos (ABLE et al., 2002; KIM et al., 2001). Devido ao fato do 1-MCP ser eficiente no controle do amadurecimento, aponta-se como uma ferramenta para a manutenção da qualidade dos produtos hortícolas (LU; MA; LIU, 2012).

A aplicação do 1- metilciclopropeno estende a vida útil pós-colheita, inibindo tanto a ação do etileno exógeno quanto endógeno, hormônio vegetal chave envolvido nos processos metabólicos do amadurecimento, sem comprometer a qualidade sensorial dos frutos (FANTE et al., 2013). A ligação do 1-MCP ao receptor de etileno evita a ocorrência dos eventos posteriores desencadeados pelo etileno, que irão resultar no amadurecimento e senescência

dos frutos. Desta forma, retarda a senescência e mantém a qualidade dos frutos (BULENS et al., 2012).

Alguns trabalhos têm mostrado os benefícios da aplicação de 1-MCP em frutos tropicais armazenados em AR. Em frutas de *Spondia Mombin* L. tratados com 1-MCP houve redução na perda de massa, quando comparados com frutas não tratados (SANCHES et al., 2017a), sendo que este resultado também foi observado em *Syzygium malaccense* (L.) Merr & Perry e *Hancornia speciosa* Gomes (PLAINSIRICHAH et al., 2010; CAMPOS et al., 2011). Além disso, este fitorregulador também reduziu a perda de firmeza de polpa em *Spondia Mombin* L. (SANCHES et al., 2017a).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIAL EXPERIMENTAL E PREPARO DAS AMOSTRAS**

Os pedúnculos de caju foram obtidos na Fazenda Boa Fruta, localizado no município de Petrolina, PE (latitude 09° 23' 55" Sul, longitude 40° 30' 03" Oeste e altitude de 376 m). O experimento 1 – ano 2018, foi realizado com pedúnculos de cajueiro anão precoce do clone: CCP 76 (Clone do Cajueiro de Pacajus 76) colhidos manualmente nas horas mais frescas do dia (início da manhã). Esses pedúnculos foram acondicionados em caixas plásticas, com apenas uma camada de frutas. Os pedúnculos foram acondicionados em bandeja contendo três cajus e embalados com filme de PVC, mantidos sob ar refrigerado até o momento do transporte. Os cajus foram transportados via aérea até Porto Alegre - RS, de onde seguiram em transporte terrestre até o Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP) da Universidade Federal de Santa Maria, RS. Antes do armazenamento, as frutas passaram por uma seleção e homogeneização das amostras experimentais, retirando as frutas que apresentaram algum tipo de dano decorrente do transporte. Além disso, foi realizado a sanitização dos pedúnculos com uma solução de cloro ativo (0,02%). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, no esquema unifatorial, em que testou-se condições de atmosfera controlada (AC) e aplicação do um fitorregulador 1-MCP expressos na tabela 2.

Foram formadas amostras experimentais de 15 frutas em quatro repetições, totalizando 60 frutas por tratamento. Uma amostra de 15 frutas foi submetida à análises inicial (Tabela 4).

Tabela 2 - Condições das atmosferas que foram utilizadas para o armazenamento de

pedúnculo de caju em 2018.

Tratamento	kPa O <sub>2</sub> + kPa CO <sub>2</sub>	Aplicação de 1-MCP
1	AR (5 °C)	Não
2	AC - 3 + 3	Não
3	AC - 3 + 5	Não
4	AC - 3 + 10	Não
5	AR (5 °C)	Sim
6	AC - 3 + 3	Sim
7	AC - 3 + 5	Sim
8	AC - 3 + 10	Sim

Para o experimento 2, realizado no ano de 2019, as frutas foram obtidos na fazenda São Jerônimo, localizada no distrito de Guanacés no município de Cascavel, CE (latitude 04° 08'48,88" Sul, longitude 38°21'24,28" Oeste e altitude 40m). O ensaio foi realizado com pedúnculos de cajueiro anão precoce do clone: CCP 76 (Clone do Cajueiro de Pacajus 76), os processos de colheita, acondicionamento, transporte e preparo das amostras foram os mesmos utilizados para o experimento 1. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, no esquema unifatorial em que avaliou-se condições de atmosfera controlada (AC) e dois períodos de armazenamento (15 e 30 dias), expressos na tabela 3.

Tabela 3 - Condições das atmosferas que foram utilizadas para o armazenamento de pedúnculo de cajueiro em 2019.

Tratamento	kPa O <sub>2</sub> + kPa CO <sub>2</sub>	Tempo de armazenamento (dias)
1	AR	15/30
2	AC - 3 + 8	15/30
3	AC - 3 + 12	15/30
4	AC - 3 + 16	15/30
5	AC -1,5 + 8	15/30

Foram formadas amostras experimentais de 13 frutas, totalizando 104 frutas por tratamento, divididos em oito repetições. Uma amostra de 15 frutas foi submetida à análise inicial (Tabela 4). Previu-se a análise de 4 amostras de cada tratamento aos 15 dias e outras 4 amostras aos 30 dias de armazenamento.

Tabela 4 - Características físico-químicas dos pedúnculos de caju após a colheita.

Variável	Unidade	Experimento 1(2018)	Experimento 2 (2019)
Firmeza de polpa	N	9,12	10,0
Acidez titulável	% Ác. málico	0,19	0,24

Sólidos solúveis	°Brix	10,6	10,3
	L	49,13	68,4
Cor da epiderme	C	53,98	62,6
	°h	45,31	63,7

### 3.2 INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO DA ATMOSFERA CONTROLADA

Para o experimento 1, os pedúnculos de caju foram armazenados durante 35 dias em minicâmaras de 230 L, alocadas em câmara frigorífica de 28 m<sup>3</sup>, à temperatura de  $5 \pm 0,5$  °C e para o experimento 2 as frutas foram armazenados durante 15 e 30 dias em minicâmaras de 230 L, alocadas em câmara frigorífica de 28 m<sup>3</sup>, à temperatura de  $3 \pm 0,1$  °C. Após o fechamento hermético das minicâmaras foram instaladas as condições de AC. A pressão parcial de O<sub>2</sub> foi obtida por varredura das minicâmaras de armazenagem com N<sub>2</sub> e a pressão parcial de CO<sub>2</sub> foi obtida pela injeção de CO<sub>2</sub> nas minicâmaras de acordo com as pressões estabelecidas para cada tratamento. A determinação da concentração dos gases e sua correção foi realizada com auxílio de um sistema de controle automático (Valis<sup>®</sup>, Lajeado, RS, Brasil) ligado a um analisador de gases (Siemens, Ultramat, Alemanha). O equipamento realizava a medição e correção de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, comparando a leitura com a pressão parcial pré-estabelecida para cada minicâmara. Se o CO<sub>2</sub> estava acima do *set point*, o ar da câmara era circulado através de um absorvedor de cal que eliminava o CO<sub>2</sub> e, se o O<sub>2</sub> estava abaixo do estabelecido, era injetado ar ambiente no sistema. Durante o armazenamento, o analisador de gases foi calibrado a cada duas semanas com um gás padrão.

### 3.3 TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA

A temperatura de armazenamento foi mantida a  $5 \pm 0,1$  °C (2018) e  $3 \pm 0,5$  °C (2019) durante todo o período de armazenamento. Durante todo o período do armazenamento, a temperatura foi monitorada e controlada com auxílio de termostatos eletrônicos. Foi feito um acompanhamento diário com um termômetro de mercúrio inserido na polpa de um pedúnculo. A umidade relativa do ar no interior das minicâmaras foi mantida em  $93 \pm 3\%$  e monitorada diariamente com ajuda de um psicrômetro. Para manter a UR neste nível foi colocado absorvente a base de cloreto de cálcio nas minicâmaras.

### 3.4 APLICAÇÃO DE 1 MCP

Para o experimento de 2018, as frutas foram acondicionadas em uma minicâmara de 230 L, que estava dentro de uma câmara frigorífica, com temperatura de  $(5,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C})$ . Foi preparada uma solução de  $0,625 \text{ } \mu\text{L L}^{-1}$  de 1-MCP (SmartFresh<sup>®</sup>, 0,14% ingrediente ativo). Logo em seguida, a solução foi colocada em uma placa de Petri, que estava dentro da minicâmara, que foi imediatamente fechada hermeticamente, permanecendo fechada durante 24 horas. Durante esse período o ar da minicâmara foi movimentado com um microventilador, para homogeneizar a ação do 1-MCP. Após 24 horas, as frutas foram retiradas da minicâmara e armazenadas em AC.

### 3.5 ANÁLISES FÍSICO- QUÍMICAS

Para o experimento 1 as análises das variáveis físico-químicas foram realizadas após 35 dias de armazenamento. Já para o experimento 2 as análises das variáveis físico-químicas foram realizadas após 15 dias de armazenamento seguido de sete dias de vida de prateleira à baixa temperatura ( $3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) e após 30 dias de armazenamento.

#### 3.5.1 Perda de massa (castanha + pedúnculo)

Utilizando-se balança semi-analítica, determinou-se a massa inicial de cada repetição (15 pedúnculos) por tratamento no dia da instalação do experimento. A perda de massa foi obtida através da fórmula:  $(\text{massa inicial} - \text{massa final}) / \text{massa inicial} * 100\%$ . O resultado foi expresso em porcentagem.

#### 3.5.2 Incidência de podridões

A incidência de podridões (IP) foi determinada pela contagem de pedúnculos com presença de qualquer sintoma de infecção por fungos na epiderme, com diâmetro maior que 5 mm. Resultados foram expressos em porcentagem total de frutas com podridões.

#### 3.5.3 Frutos sadios

Determinada pela diferença entre o número total de frutas por repetição (15 pedúnculos) e o número de pedúnculos com algum sintoma de podridão e degenerescência de polpa. Os resultados foram expressos em porcentagem de pedúnculos sadios (PS).

### **3.5.4 Firmeza de polpa**

Foi determinada com auxílio de um penetrômetro analógico FT modelo FT 011, com ponteira de 8 mm de diâmetro. A ponteira foi inserida em dois lados opostos da polpa, na região equatorial dos pedúnculos. Os resultados foram expressos em Newton (N).

### **3.5.5 Sólidos solúveis**

Foi extraída uma amostra de suco dos 15 pedúnculos de cada repetição, com um extrator de suco (Philips Walita®). Três gotas de suco foram colocadas sobre o prisma do refratômetro para a determinação do teor de sólidos solúveis e os resultados foram expressos em °Brix. Método recomendado pela AOAC (2005).

### **3.5.6 Acidez titulável**

Determinada com a mesma amostra de suco extraída para determinação de sólidos solúveis. Foi realizada a titulação, com NaOH a 0,1N, de uma solução de 10 mL de suco diluídos em 100 mL água destilada até pH 8,1. Resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico, seguindo a AOAC (2005).

### **3.5.7 Cor da epiderme**

Determinado duas leituras na porção basal do pedúnculo, em pontos aproximadamente equidistantes com colorímetro da marca Minolta (modelo CR 310, Tóquio, Japão), que utiliza o sistema CIE L a\*b\*, onde L = luminosidade (0 = preto e 100 = branco), a\* indica a variação da cor verde (-a\*) ao vermelho (+a\*) e b\* é a variação da cor azul (-b\*) ao amarelo (+b\*). A partir dos valores a\* e b\* foi calculada a intensidade da cor (croma) e o ângulo de matiz da cor vermelha (ângulo hue).

## **3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

O experimento 1 foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, no esquema unifatorial. Cada tratamento foi constituído de quatro repetições, contendo 15 frutas. O experimento 2 foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, no esquema

unifatorial. Cada tratamento foi constituído de quatro repetições, contendo 13 frutas. Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Box-Cox para verificar a normalidade e homogeneidade de variância entre os tratamentos, utilizando o programa estatístico Action. Quando necessário, os dados foram transformados. Em seguida, foi realizada a análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade de erro. Os dados expressos em porcentagem foram previamente transformados pela fórmula  $\text{arc.sen} \sqrt{(x+0,5)/100}$ , para posteriormente serem submetidas à análise estatística. Para análise dos dados foram utilizados o software estatístico SISVAR, versão 5.7.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

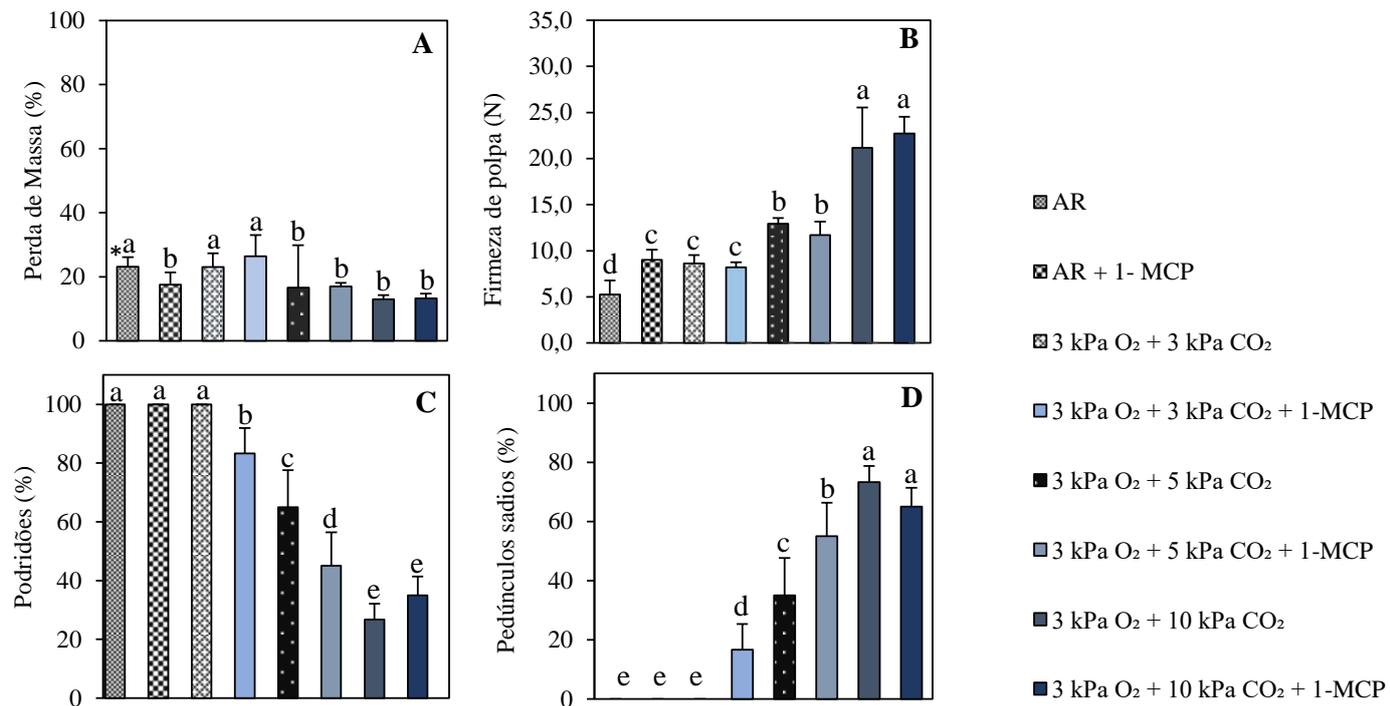
### 4.1 EXPERIMENTO 1 - ARMAZENAMENTO DE PEDÚNCULOS DE CAJU EM ATMOSFERA CONTROLADA E APLICAÇÃO DE 1-MCP

Após 35 dias de armazenamento em AC e aplicação de 1-MCP, as frutas foram submetidos à análises físico-químicas. As análises de variância para os pedúnculos de cajueiro foram significativas apenas para as variáveis perda de massa, firmeza da polpa, podridões e frutas sadios. Não apresentando a mesma resposta para as outras variáveis.

#### 4.1.1 Perda de massa

O prolongamento do armazenamento no decorrer de 35 dias resultou em um aumento na perda de massa (PM) dos pedúnculos (Figura 1A). A combinação da aplicação de 1-MCP ao AR foi eficiente na redução da PM dos pedúnculos. Os caju armazenados com pressões parciais de 3,0 kPa de O<sub>2</sub> + 5,0 kPa de CO<sub>2</sub> e 3,0 kPa de O<sub>2</sub> + 10,0 kPa de CO<sub>2</sub>, com e sem a aplicação de 1-MCP apresentaram as menores perdas de massa, quando comparado com as outras condições de atmosfera controlada. Desta forma, verificando que a utilização de pressão parcial elevada de dióxido de carbono é eficiente na redução de PM fresca. Para o clone CCP 76, a menor perda registrada nesse trabalho foi superior (1,3%) à apresentada por Moura et al. (2010), durante 21 dias de armazenamento com atmosfera modificada.

**Figura 1** - Perda de massa (A), firmeza de polpa (B), incidência de podridões (C) e pedúnculos sadios (D) de clones de cajueiro anão precoce CCP 76 após 35 dias de armazenamento sob atmosfera controlada na temperatura de  $5,0 \pm 0,5$  °C e umidade relativa do ar de  $93 \pm 0,3\%$ .



Fonte: Costa, T. C.

\*Barras com a mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

De acordo com o experimento realizado por Menezes et al. (1992), a perda de massa do caju armazenado apenas sob refrigeração é substancialmente superior àquela verificada nas frutas com o uso de outras técnicas de armazenamento. A conservação do pedúnculo de caju em AM foi relatada por alguns pesquisadores que embalsamaram os pedúnculos em filmes de PVC (2, 4, 6 e 8 camadas), observando uma vida útil desses frutos variando de 13 a 20 dias (DAS, ARORA, 2017; MOURA et al., 2004). A atmosfera controlada, combinada com baixa temperatura e umidade relativa alta, reduz a perda de água e, conseqüentemente, a PM. A perda de água no decorrer do transporte e armazenamento pode ser considerado um sério fator econômico, principalmente, se o fruto for vendido por peso, como é o caso do caju (MOURA, 2004; MENEZES et al., 1992), mas o maior prejuízo é causado pelo murchamento da fruta, que perde seu aspecto de fruta fresca. Além disso, a perda de água pode ser uma das causas de podridões, logo, não resultando em apenas perdas quantitativas diretas, mas também perda na aparência, diferenças na firmeza de polpa e qualidade nutricional (KADER, 1986).

Outro fator que agravou o problema, da perda de massa, principalmente para as frutas dos tratamentos de AR (controle) e AC (3 kPa de O<sub>2</sub> + 3 kPa de CO<sub>2</sub>) foi a infecção por fungos, que, não inibiu suficientemente o crescimento de patógenos que danificaram os

tecidos e, com isso, ter facilitado a perda de água e, conseqüentemente, provocado uma maior perda de massa.

#### **4.1.2 Firmeza de polpa**

A manutenção da firmeza de polpa (FP) é um atributo físico importante para a vida útil do pedúnculo de caju. A FP dos frutos antes de serem armazenados foi de 9,12 N, sofreram variações no decorrer do armazenamento, assim, verificando diferenças entre os tratamentos aos 35 dias após o armazenamento. As frutas mantidas em AR apresentaram uma FP de 5,26 N (redução de 42% da inicial). De acordo com trabalhos anteriores, a exposição de algumas frutas a baixas temperaturas, mesmo que seja por um período curto pode provocar alteração na firmeza (KAYS, 1991). Moura et al. (2010), armazenando clone de CCP 76 em atmosfera modificada a  $3,4 \pm 0,6$  °C e  $85 \pm 11\%$  de U.R observaram que a firmeza dos pedúnculos apresentou um decréscimo gradual no decorrer do armazenamento, resultando em uma perda de 22% na FP.

No entanto, os pedúnculos que foram armazenados em pressões parciais elevadas de dióxido de carbono (10 kPa de CO<sub>2</sub>) tiveram um aumento na FP para 21,17 N (aumento de 132%). Da mesma forma os frutos armazenados a 10 kPa de CO<sub>2</sub> associado a aplicação de 1-MCP aumentaram em 149% a FP.

Siriphanich (1998) ao armazenar morangos sob elevada concentração de CO<sub>2</sub>, observou que os frutos tiveram aproximadamente 30% de firmeza a mais do que aqueles armazenados em ar ambiente, apontando, que esse gás tem uma função importante na firmeza dos frutos, devido à diminuição do pH de vários compartimentos celulares, incluindo o espaço intercelular, e a manutenção da firmeza dependerá da composição de solutos presentes no espaço intracelular.

O aumento da FP tem um comportamento inverso do metabolismo de amadurecimento, tanto de frutos climatéricos como não climatéricos. Figueiredo et al. (2001) relatam que, o coeficiente de correlação entre percentagem de solubilização de pectinas e firmeza tem uma relação perceptível, evidenciando a magnitude da solubilização da pectina na diminuição da firmeza de pedúnculos de cajueiro. O percentual de solubilização de pectinas crescente com o estágio de amadurecimento reduz a firmeza do pedúnculo por causa de sua correlação com a atividade das pectinases: pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) (FIGUEIREDO, 2000). Como quanto menor a atividade dessas

enzimas, mais firme o pedúnculo, indica que essas enzimas estavam com baixa atividade no presente trabalho, visto que ocorreu um aumento gradual da FP.

#### **4.1.3 Incidência de podridões e pedúnculos sadios**

Durante o período de armazenamento houve elevada incidência de podridões (IP) dos pedúnculos de caju para todos os tratamentos, de forma mais evidente nos tratamentos com baixa pressão parcial de dióxido de carbono (3 kPa) e controle (AR), no qual alcançaram 100% IP ao 35º dia de armazenamento. A utilização da AC, independente do uso de 1-MCP, prolongou a vida útil dos pedúnculos após a colheita. Observou-se que no 35º dia de armazenamento as frutas armazenadas na pressão parcial de 3 kPa de O<sub>2</sub> + 10 kPa de CO<sub>2</sub> diferiu dos demais, apresentando a menor IP, de 26,7% (Figura 1C). A maior perda de qualidade dos pedúnculos durante o armazenamento está relacionada diretamente com a incidência de podridões. A incidência de podridões pode aumentar devido ao manejo fitossanitário inadequado no campo, estágio de maturação avançado dos frutos (STEFFENS et al., 2005; VILANOVA et al., 2012) e danos mecânicos (VILANNOVA et al., 2014). As frutas armazenadas em pressões parciais altas de CO<sub>2</sub> apresentaram menor incidência de podridões, pois esse gás em altas concentrações possui importante ação antifúngica melhorando a manutenção da qualidade dos pedúnculos e, conseqüentemente, resultando em um elevado percentual de pedúnculos sadios.

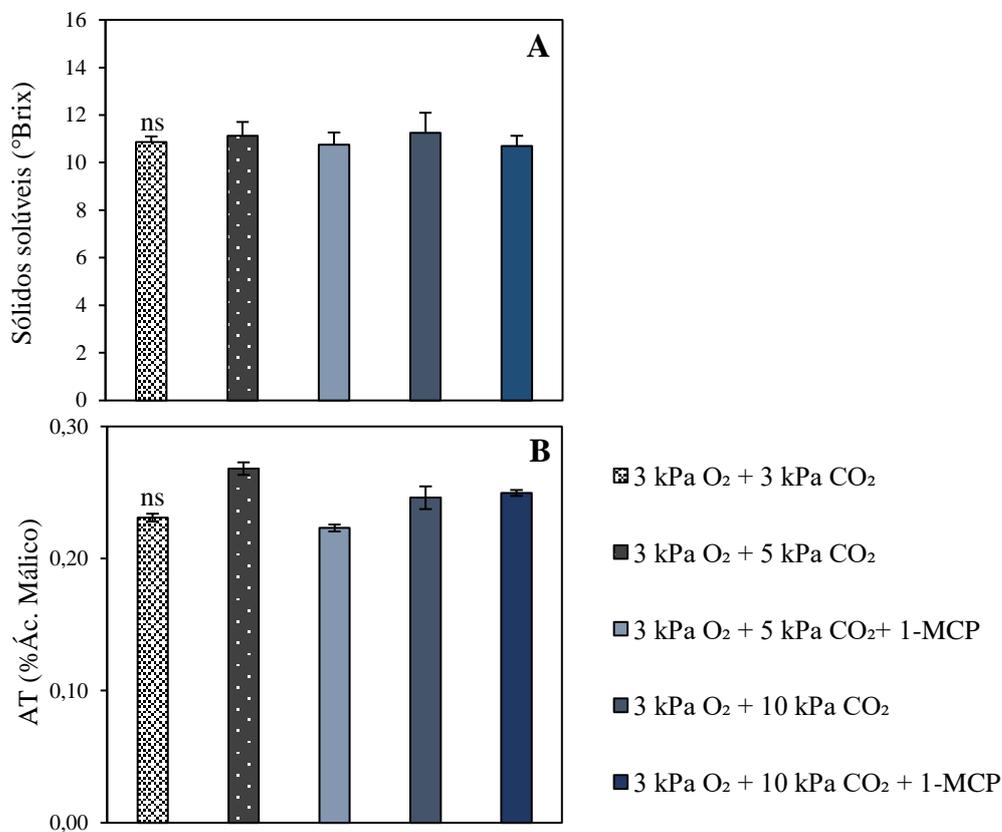
Em geral, as frutas armazenadas sob condições de 3 kPa de O<sub>2</sub> + 10 kPa de CO<sub>2</sub> apresentaram maior porcentagem de pedúnculos sadios em relação ao AR (Figura 1D). O 1-MCP também teve efeito benéfico na porcentagem de pedúnculos sadios, principalmente para condição de 3 kPa de O<sub>2</sub> + 3 kPa de CO<sub>2</sub>, que resultou em 16,7% de pedúnculos sadios quando aplicado este produto.

#### **4.1.4 Sólidos solúveis e acidez titulável**

Para as variáveis Sólidos Solúveis (SS), Acidez Titulável (AT) e relação SS/AT não houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ), ou seja, provavelmente o período em que as frutas foram armazenados não foi suficiente para ocasionar alterações nestas variáveis. Com relação aos SS, encontrou-se valores variando de 10,7 a 11,3 °Brix entre os tratamentos e acredita-se que essa variação seja pequena para percepção no sabor dessa fruta. Os pedúnculos armazenados em pressões parciais O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> em relação ao teor de SS (Figura 2A), não diferiram entre os

tratamentos. A quantidade de sólidos solúveis presentes nas frutas tem relação com açúcares solúveis, além das pectinas, sais e ácidos presentes na fruta (COCOZZA, 2003). Em experimento com AM, realizado por Moura (2004), os sólidos solúveis para quatro clones de pedúnculo, apresentaram, independentemente da embalagem, valores praticamente constantes durante todo o armazenamento. Alves et al. (2003) trabalhando com o clone CCP 76 sob armazenamento refrigerado a 5 °C, constataram uma faixa de 10,5 a 11 °Brix durante o período de 20 dias de avaliação, resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

**Figura 2.** Sólidos solúveis (A) e acidez titulável (B) de pedúnculos de cajueiro anão precoce clone CCP 76 armazenados sob atmosfera controlada durante 35 dias em temperatura de  $5,0 \pm 0,5$  °C e umidade relativa de  $93 \pm 0,3$  %.



Fonte: Costa, T. C. ns: não significativo.

Nesse experimento, para os clones armazenados em AR, AR+1-MCP e de 3 kPa de O<sub>2</sub> + 3 kPa de CO<sub>2</sub> +1-MCP, devido a infecção por fungos, não foi possível quantificar dados para essas variáveis.

A AT apresentou valores entre os tratamentos de 0,23 a 0,27 % de ácido málico (Figura 2B). Assim como no teor de SS solúveis, verificou-se que a AT pouco variou entre os tratamentos. O amadurecimento de frutos se dá por diversas mudanças bioquímicas,

principalmente, nos ácidos orgânicos. Estes alcançam valores máximos durante o crescimento e desenvolvimento dos frutos na planta, porém, diminuem durante o armazenamento (MOURA, 2004; ESKIN, 1971). De acordo com Chitarra e Chitarra (2007), ocorre uma redução na acidez com o amadurecimento dos frutos, pois os ácidos orgânicos estão entre os constituintes celulares mais metabolizados no processo de amadurecimento. A acidez titulável nos pedúnculos em desenvolvimento, de acordo com Figueiredo (2000), mostrou um aumento nos estádios iniciais, seguido de uma diminuição para o estágio seis, permanecendo constante até a maturação comercial (estádio sete).

#### **4.1.5 Cor da epiderme**

Para as variáveis luminosidade, croma e ângulo Hue não houve diferença estatística entre as condições de armazenamento avaliadas ( $p < 0,05$ ) (Figura 3 A, B e C). A cor de frutas e hortaliças contribui na avaliação da qualidade mais do que qualquer outro fator. Esta é usada como critério para avaliar a qualidade de muitos produtos agrícolas, Em alguns casos, a relação entre o que é percebido como uma cor ótima e qualidade ótima não são de todo válido. A cor não reflete, necessariamente, a qualidade verdadeira do produto (KAYS, 1991).

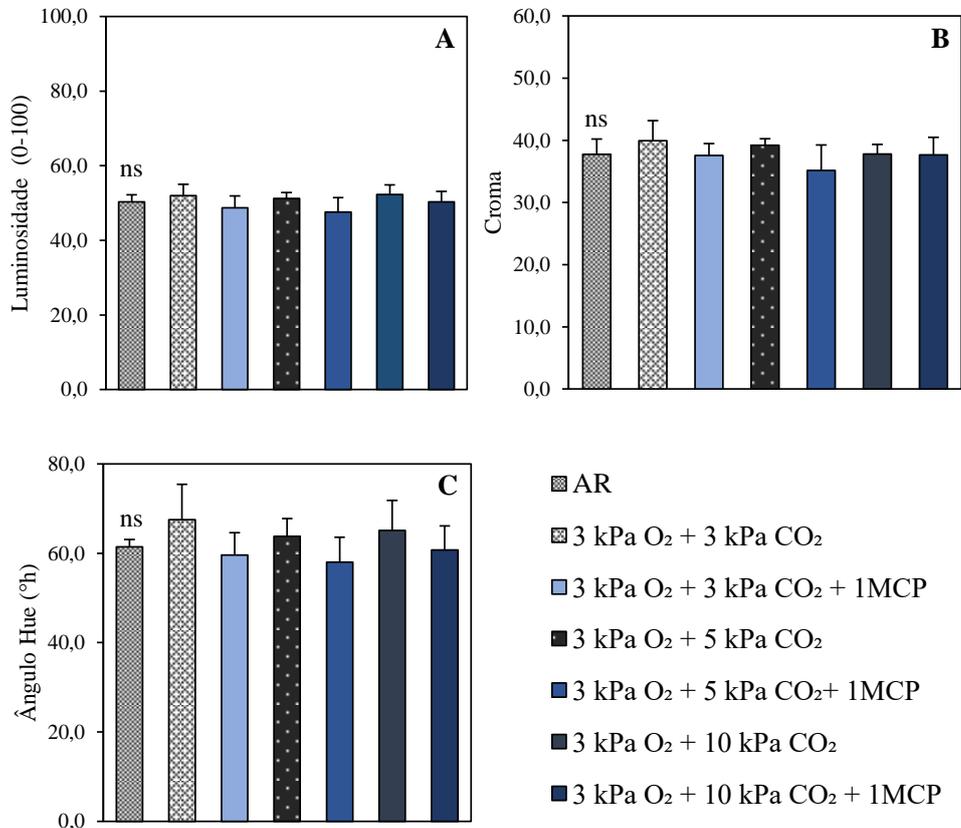
A mudança de cor está relacionada com o amadurecimento, e representa um atributo padrão, juntamente com a firmeza de polpa, para a determinação da qualidade comestível, sendo ambos usados como indicadores do estágio de maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Figueiredo (2000) observou uma síntese lenta no teor de antocianina nos três primeiros estádios, para praticamente dobrar ao atingir o máximo no estágio sete. O rápido acúmulo destes pigmentos nos estádios finais de maturação, proporciona uma aparência atrativa, característica do pedúnculo maduro.

Segundo Moura et al. (2001) clones de coloração alaranjada-claro armazenados sob atmosfera modificada a  $3,4 \pm 0,6$  °C e  $85 \pm 11\%$  de U.R apresentaram cor diferente à testemunha. Esses resultados diferem dos encontrados no presente trabalho, que permaneceram em níveis praticamente iguais em todas as condições de armazenamento avaliadas.

Após o armazenamento não houve diferença significativa na cor entre as diferentes condições de AC e AR, mesmo com aplicação de 1-MCP.

**Figura 3.** Luminosidade (A), croma (B), ângulo Hue (C) de pedúnculos de cajueiro não precoce clone CCP 76 armazenados sob atmosfera controlada durante 35 dias em temperatura de  $5,0 \pm 0,5$  °C e umidade relativa de  $93 \pm 0,3$  %.



Fonte: Costa, T. C. ns: não significativo.

#### 4.2 EXPERIMENTO 2 – QUALIDADE DE PEDÚNCULOS DE CAJU CLONE CCP 76 APÓS 15 E 30 DIAS DE ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA

Após 15 dias de armazenamento, mais sete dias de vida de prateleira os frutos foram submetidos a análises físico-químicas. As análises de variância para os pedúnculos de cajueiro foram significativas apenas para as variáveis perda de massa, firmeza da polpa, sólidos solúveis e acidez titulável. Nova determinação foi realizada após 30 dias de armazenamento. As análises de variância foram significativas para as variáveis e para incidência de podridões. Para a variável cor da película o resultado da análise de variância não diferiu entre os tratamentos para os dois períodos avaliados.

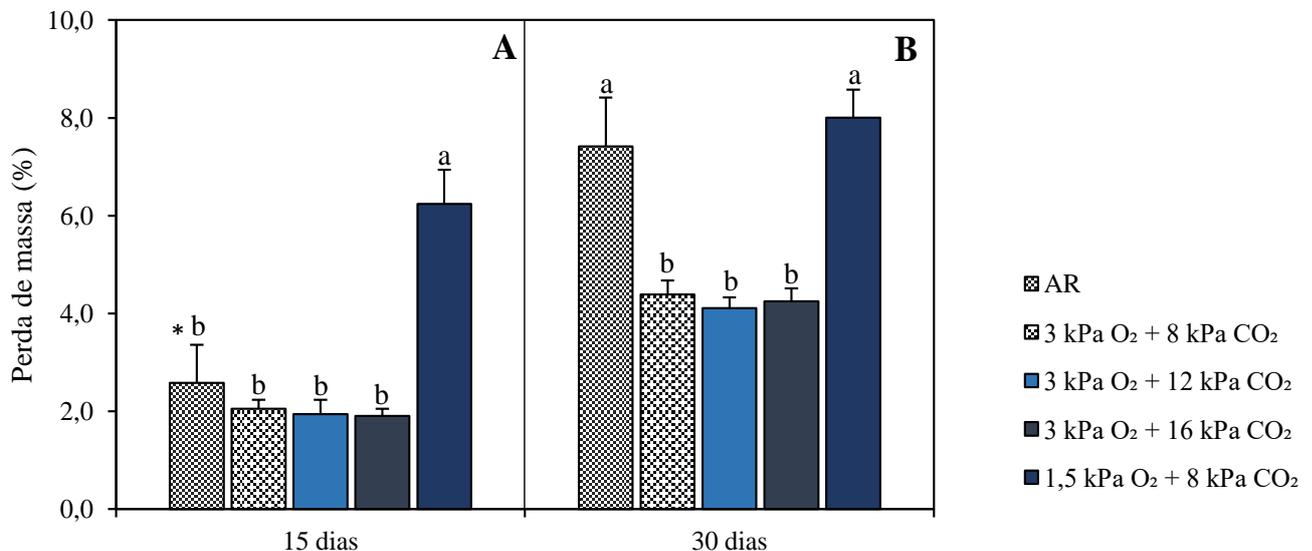
##### 4.2.1 Perda de massa

Com base nos dados obtidos, foi observada perda de massa gradual ao longo dos dias de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 4A e 4B). A perda de massa foi maior em cajus armazenados em AC com 1,5 kPa de O<sub>2</sub> + 8,0 kPa de CO<sub>2</sub> com 6,24% e 8,0%, quando comparados ao tratamento AC com 3,0 kPa de O<sub>2</sub> + 8,0 kPa de CO<sub>2</sub>, situando-se entre valores 2,05% e 4,39% aos 15 e 30 dias de armazenamento, respectivamente. Os demais tratamentos que estavam armazenados em pressões parciais elevadas de dióxido de carbono apresentaram perdas de massa ligeiramente inferiores (6,5%), assim como o que estava armazenado em AR.

A perda de massa em índices elevados durante um curto período de armazenamento é, em parte, decorrente da baixa umidade relativa, que se manteve a baixo de 80% durante o a vida de prateleira. No entanto, as pressões parciais dos gases usadas, podem ter influência na perda de massa dos pedúnculos ao longo do período de 30 dias de armazenamento.

As frutas submetidas à AC com altas pressões parciais de CO<sub>2</sub> (12 e 16 kPa) apresentaram níveis inferiores a 4,5% de perda, enquanto que em AR, a perda alcançou até 7,41 % no 30º dia de armazenamento. Pequenas perdas de água da fruta ao longo do armazenamento podem até ser toleradas, mas, a partir de certos níveis, esse evento pode provocar prejuízos consideráveis, especialmente na comercialização *in natura* dos pedúnculos.

**Figura 4.** Perda de massa de pedúnculos de cajueiro anão precoce, clone CCP 76 armazenados por 15 dias mais sete dias de *shelf life* (A) e a 30 dias (B), sob atmosfera controlada na temperatura de  $3,0 \pm 0,1$  °C e umidade relativa de  $93 \pm 0,3$ %.



Fonte: Costa, T. C.

\*Barras com a mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro

Chitarra e Chitarra (2005) propõem que, para evitar perdas significativas de água, o armazenamento dos frutos deve ser feito em ambientes com umidade relativa de cerca de 90%. Este limite foi atingido no transcorrer desse experimento, mesmo assim houve uma perda significativa, mas uma satisfatória qualidade dos frutos pôde ser mantida por até 30 dias. Baixas concentrações de O<sub>2</sub> podem tornar o tecido mais susceptível a perda de água, resultando em perdas de massa. Durante o processo respiratório, ocorre degradação oxidativa de açúcares e ácidos orgânicos em moléculas simples, com produção de energia (KLUGE et al., 2002). A degradação de carboidratos torna-se mais lenta no momento em que as frutas são armazenadas em O<sub>2</sub> baixo com CO<sub>2</sub> alto. Jiang et al. (2002) relataram que elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> pode aumentar a vida útil de armazenamento de frutas longan (*Dimocarpus longan* Lour.) em aproximadamente 5 a 10 dias a mais do que a atmosfera refrigerada.

Alguns autores relataram que a perda de massa é um importante fator que contribui para a manutenção de alta qualidade durante a pós-colheita em maçãs (MAGUIRE et al., 2000; BRACKMANN et al., 2007) e pêsegos (PINTO et al., 2012). Sendo que, a perda de massa no decorrer do armazenamento é, principalmente, devido ao processo de transpiração, podendo ser decorrente, em menor escala, da degradação de substâncias de reservas nos processos metabólicos (BRACKMANN et al., 2007). Brackmann et al. (2014) relatam que 82% da perda de massa pode ser atribuída à transpiração e o restante das perdas, ao processo de respiração (perda de moléculas de CO<sub>2</sub>).

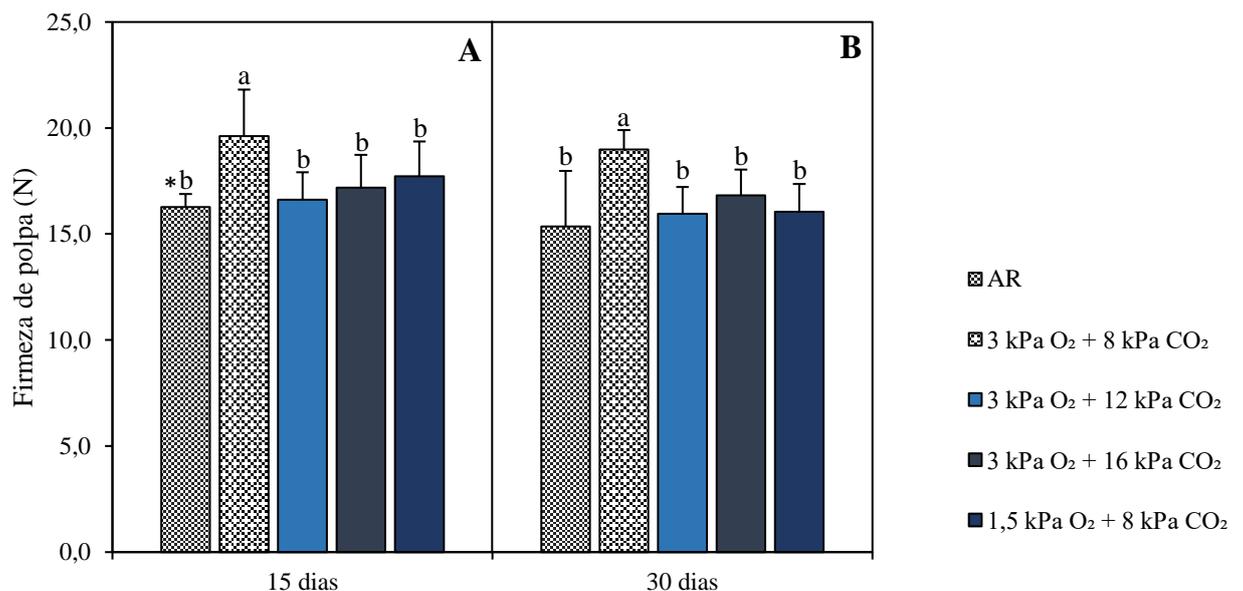
Como a perda de massa por transpiração acarreta na perda de qualidade de pedúnculos de caju e para diminuir estas perdas, pesquisadores têm testado diversas tecnologias, como a refrigeração (MENEZES et al., 1992), uso de filme PVC (MORAIS et al., 2002), aplicação de cálcio (FIGUEIREDO et al., 2007), radiação gama (SOUZA et al., 2009), atmosfera modificada (MOURA et al., 2010) e recobrimento comestível (PAULA, 2017), porém não se tem trabalhos na literatura que fizeram o uso da atmosfera controlada como alternativa para prolongar o tempo de vida útil desses pedúnculos, assim como, a manutenção de suas qualidades físico-químicas.

#### **4.2.2 Firmeza de polpa**

Durante o período de armazenamento houve aumento na FP dos pedúnculos de caju, como mostra a Figura 5A e 5B. A utilização de AC mostrou efeito positivo sobre o

comportamento da FP em relação ao armazenamento refrigerado. A firmeza de polpa aumentou significativamente do início (10,0 N) até o final do período de armazenagem. Para os dois períodos de armazenamento, a AC 3,0 kPa de O<sub>2</sub> + 8,0 kPa de CO<sub>2</sub> apresentou níveis mais altos de FP, podendo-se observar um aumento de 49,2% e 47,5% aos 15 e 30 dias de armazenamento, respectivamente, em relação aos demais tratamentos. A maior firmeza de polpa possui importância econômica, pois aumenta a resistência ao transporte, manuseio e ataque de microrganismos (AWAD, 1993). Souza et al. (2016) constataram que o clone CCP 76 armazenado a  $3,0 \pm 2,0$  °C (UR  $90 \pm 2\%$ ) por um período de 20 dias quando tratado com ácido giberélico (GA3) apresenta frutas mais firmes, sendo que a firmeza da amostra tratada com GA3 foi de 15,40 N e a dos pedúnculos controle de 11,38 N.

**Figura 5.** Firmeza de polpa de pedúnculos de cajueiro anão precoce clone CCP 76 armazenados a 15 dias mais sete dias de *shelf life* (A) e 30 dias (B), sob atmosfera controlada em temperatura de  $3,0 \pm 0,1$  °C e umidade relativa de  $93 \pm 0,3\%$ .



Fonte: Costa, T. C.

\*Barras com a mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Brackmann et al. (2012), ao armazenar goiabas da cultivar ‘Paluma’ em AC, observaram que o tratamento (1,0 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub>) proporcionou menor perda de firmeza quando comparado às frutas testemunhas (AR), concluindo que essa condição de AC proporciona uma manutenção na qualidade físico-química dessa fruta.

Com relação à temperatura de armazenamento, nos dois anos de experimento foram avaliadas duas temperaturas distintas. Apesar de não serem frutos do mesmo lote e avaliados em anos diferentes, percebe-se que em AC, na temperatura de 3,0 °C do experimento de 2019

demonstrou uma tendência em manter a FP dos pedúnculos em níveis mais elevados quando comparado com 5°C no experimento de 2018. A manutenção da firmeza das frutas armazenados em condições de AC pode ser devido à atividade antifúngica que as elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> proporcionam, contribuindo, dessa maneira, também para a redução do IP, visto que para o experimento de 2019 o porcentual de frutos podres em condições de AC foi baixo. Nesse experimento houve incidência de *Colletotrichum* sp no 15º dia de armazenamento (dados não apresentados). Entretanto, não ocorreu aumento na proliferação desse fungo ao 30º dia. Considera-se que, além da ação do CO<sub>2</sub>, pode ter ocorrido a liberação de oligossacarídeos das pectinas durante o ataque fúngico aos tecidos vegetais e induzido a uma resposta de defesa que limitou a invasão de patógenos (TAIZ; ZEIGER, 2017) consequentemente, contribuindo para o aumento da FP dos pedúnculos.

A modificação na firmeza está relacionada à resistência da parede celular e à degradação por enzimas (ZHOU et al., 2011). Sendo que a elevada atividade de PME pode resultar em um maior grau de desesterificação em cadeias de ácido galacturônico que, provavelmente, conduziriam a matrizes mais geleificadas, evitando a degradação e auxiliando na preservação da integridade da parede celular (KIRTIL et al., 2014). O volume gasoso intercelular e pressão de turgescência também são fatores que se relacionam com a elasticidade das frutas e hortaliças (CALBO, 2008; FERREIRA, 2008; WEBER, 1990). Nava e Brackmann (2002), ao armazenarem pêssegos da cultivar ‘Chipará’ entre a 4ª e a 8ª semana de armazenamento, verificaram aumento na firmeza de polpa dos frutos. Este fato, pode estar ligado à geleificação das pectinas relativamente degradadas da parede celular dos frutos (NAVA e BRACKMANN, 2002; LUCHSINGER, 2000; PURVIS, 1993).

#### **4.2.3 Incidência de podridões e pedúnculos sadios**

Na avaliação realizada após 15 dias de armazenamento, não houve incidência de podridões, bem como após sete dias vida de prateleira à temperatura de 3,0 °C (dados não apresentados). Apesar de não ter sido identificado IP, observou-se uma proliferação patogênico de *Colletotrichum* sp. que provavelmente foi proveniente do campo. No entanto, não foi verificado aumento na proliferação desse fungo no 30º dia de armazenamento.

Após o período de 30 dias de armazenamento houve incidência de podridões nos pedúnculos de caju para todos os tratamentos, exceto o tratamento com 3,0 kPa de O<sub>2</sub> + 16,0 kPa de CO<sub>2</sub>. A maior podridão foi evidenciada no tratamento testemunha (AR), o qual alcançou 40,4% IP no 30º dia de armazenamento. A utilização da AC com pressões parciais

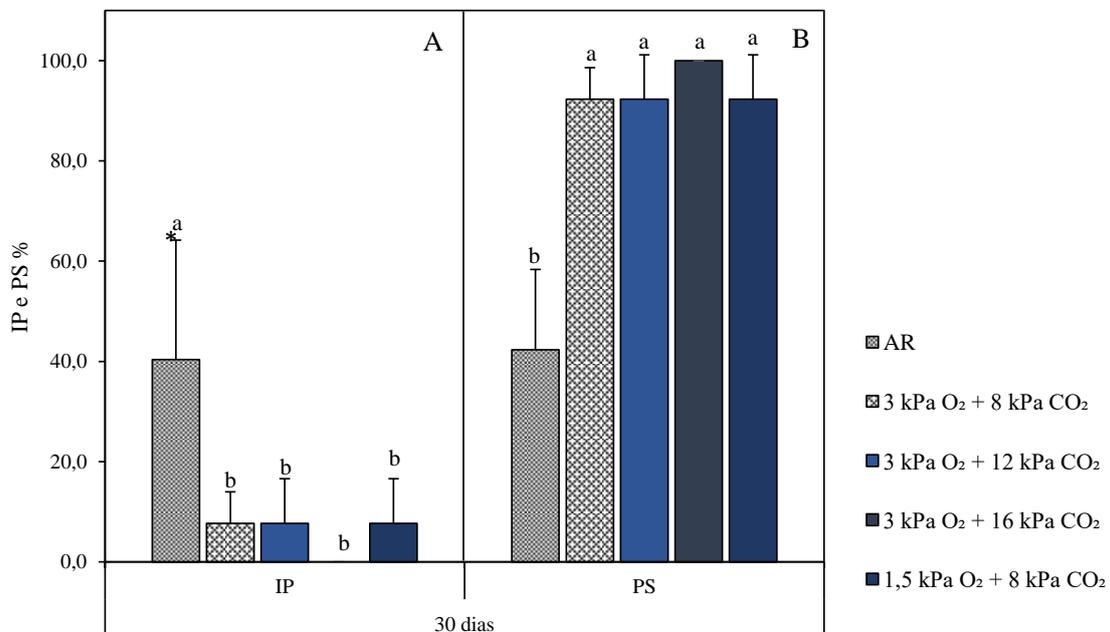
de 8 a 16 kPa de CO<sub>2</sub> proporciona o prolongamento da vida útil dos pedúnculos após a colheita. Neste experimento observamos que no 30º dia de armazenamento os pedúnculos armazenados em AC diferiram do controle, porém não houve diferença significativa entre as condições de AC (Figura 6A).

O uso de AC, juntamente com a redução da temperatura, foi benéfico para retardar a senescência, assim como, a incidência de microrganismos nos pedúnculos de caju. Atmosferas com pressões baixas de O<sub>2</sub> e altas de CO<sub>2</sub> podem inibir o crescimento da maioria dos microrganismos aeróbicos, devido à atividade antimicrobiana do CO<sub>2</sub> (DE PAIVA et al., 2017).

Os pedúnculos de caju armazenados em condições de 3,0 kPa de O<sub>2</sub> + 16,0 kPa de CO<sub>2</sub> apresentaram 100% PS ao 30º dia (Figura 6B).

Paula (2017) observou um aumento acima de 30% de IP em pedúnculos de caju quando armazenados sob AM em temperatura de 5,0 °C. Almenar et al. (2007) observaram em morangos que níveis de 5 e 20% de CO<sub>2</sub> apresentaram efeitos anti-fúngico.

**Figura 6.** Incidência de podridões (A) e pedúnculos sadios (B) em cajueiro anão precoce clone CCP 76 armazenados a 30 dias sob atmosfera controlada em temperatura de  $3,0 \pm 0,1$  °C e umidade relativa de  $93 \pm 0,3$  %.



Fonte: Costa, T. C.

\*Barras com a mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro

### 4.2.3 Sólidos solúveis e acidez titulável

O teor de sólidos solúveis sofreu alterações nos dois períodos de armazenamento. No 15º dia, o controle atingiu 11,8 °Brix, já os pedúnculos armazenados em pressões parciais de 3,0 kPa de O<sub>2</sub> + 12,0 kPa de CO<sub>2</sub> atingiram menor teor de SS (11,0 °Brix) (Figura 7A), que não diferiu das demais condições de AC. Nos teores de SS, nenhum sinal de senescência foi detectado e que pudesse interferir na qualidade dos pedúnculos para o consumo *in natura*.

Os sólidos solúveis foram influenciados diferentemente pelos tratamentos. Durante o período de 15 dias, diminuiu a acumulação de SS, resultando em menores teores para os frutos mantidos em condição de AC, no entanto, os pedúnculos armazenados em AC por um período de 30 dias, atingiram maiores teores de SS variando entre 10,9 e 11,2 °Brix, diferindo dos frutos armazenados em AR. O aumento no teor de sólidos solúveis totais deve-se, provavelmente, a perda de água do pedúnculo durante que causou a concentração dos açúcares.

Morais (2001), estudando quatro clones de cajueiro anão precoce sob armazenamento refrigerado (5,0 °C e UR de 85 ± 3 %), encontrou um aumento gradual nos teores médios de sólidos solúveis totais até 20 dias de armazenamento, com faixa de variação de 10,5 a 11,3 °Brix. Resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Souza et al. (2016) avaliando clone CCP 76 armazenados a 3,0 ± 2,0 °C (UR 90 ± 2%) por um período de 20 dias e tratado com GA3 e AVG, verificaram que o conteúdo de SS permaneceu constante em 12 °Brix.

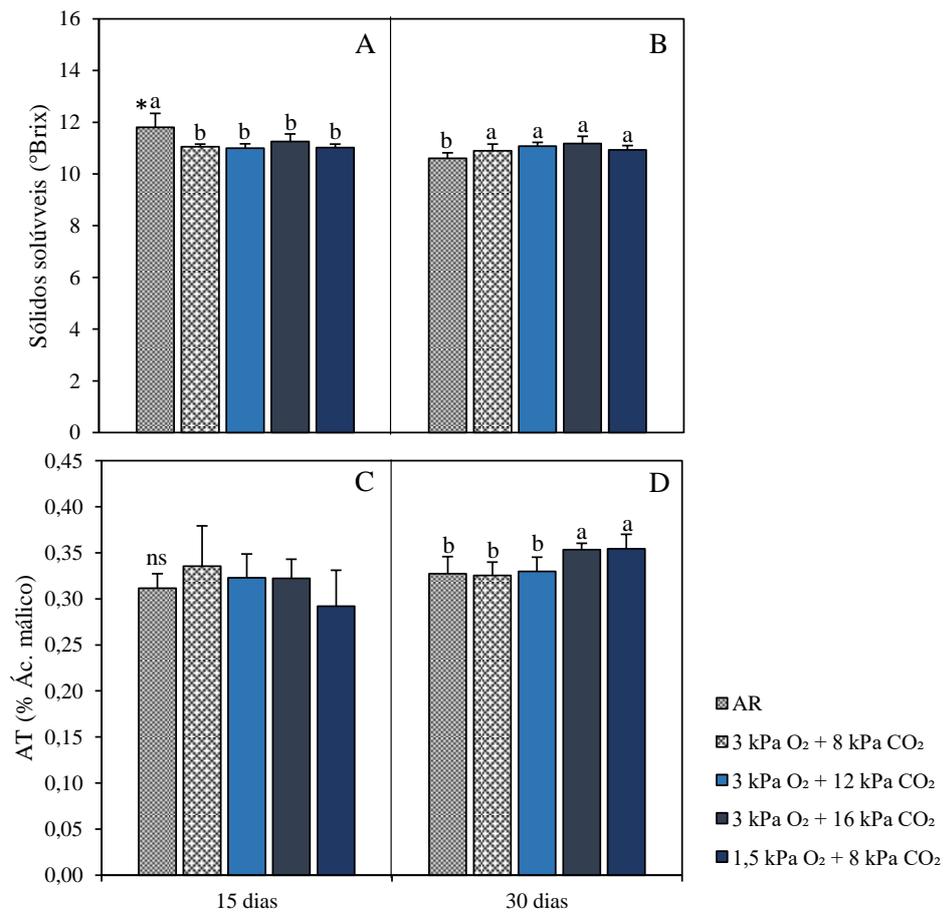
Para a variável AT não houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos na avaliação aos 15 dias, que variaram de 0,29 a 0,33 % de ácido málico (Figura 7C). No entanto, aqueles pedúnculos armazenados por um período de 30 dias apresentaram diferença entre os tratamentos, sendo que em pressões parciais de 3,0 kPa de O<sub>2</sub> + 16,0 kPa de CO<sub>2</sub> e 1,5 kPa de O<sub>2</sub> + 8,0 kPa de CO<sub>2</sub> os pedúnculos apresentaram média de 0,35% de ácido málico, significativamente superior às demais condições, que tiveram média de 0,33% de ácido málico. Assim como no teor de SS nos dois períodos de armazenamento, a AT não diferiu entre os tratamentos.

Morais et al. (2002) observou média de 0,35 % de ácido málico em clones de pedúnculos de caju. Resultados semelhantes também foram encontrados por Moura et al. (2001) em pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce.

Alguns ácidos orgânicos, tais como o cítrico e o málico, são componentes essenciais no ciclo dos ácidos tricarbóxicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; LEE et al., 2010;

NASCIMENTO, 2013). Sendo, esses dois encontrados em maior quantidade no pedúnculo de caju.

**Figura 7.** Sólidos solúveis a 15 dias mais sete dias de *shelf life* (A) e 30 dias (B) e acidez titulável a 15 dias mais sete dias de *shelf life* (C) e 30 dias (D) de pedúnculos de cajueiro anão precoce clone CCP 76 armazenados, sob atmosfera controlada na temperatura de  $3,0 \pm 0,1$  °C e umidade relativa de  $90 \pm 0,3$  %.



Fonte: Costa, T. C.

\*Barras com a mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro. ns: não significativo.

#### 4.2.4 Cor da epiderme

Com relação à cor da epiderme dos pedúnculos, não houve diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis luminosidade, croma e ângulo Hue nos dois períodos de armazenamento. Houve mudança da coloração inicial, com tendência ao amarelecimento (Figura 8).

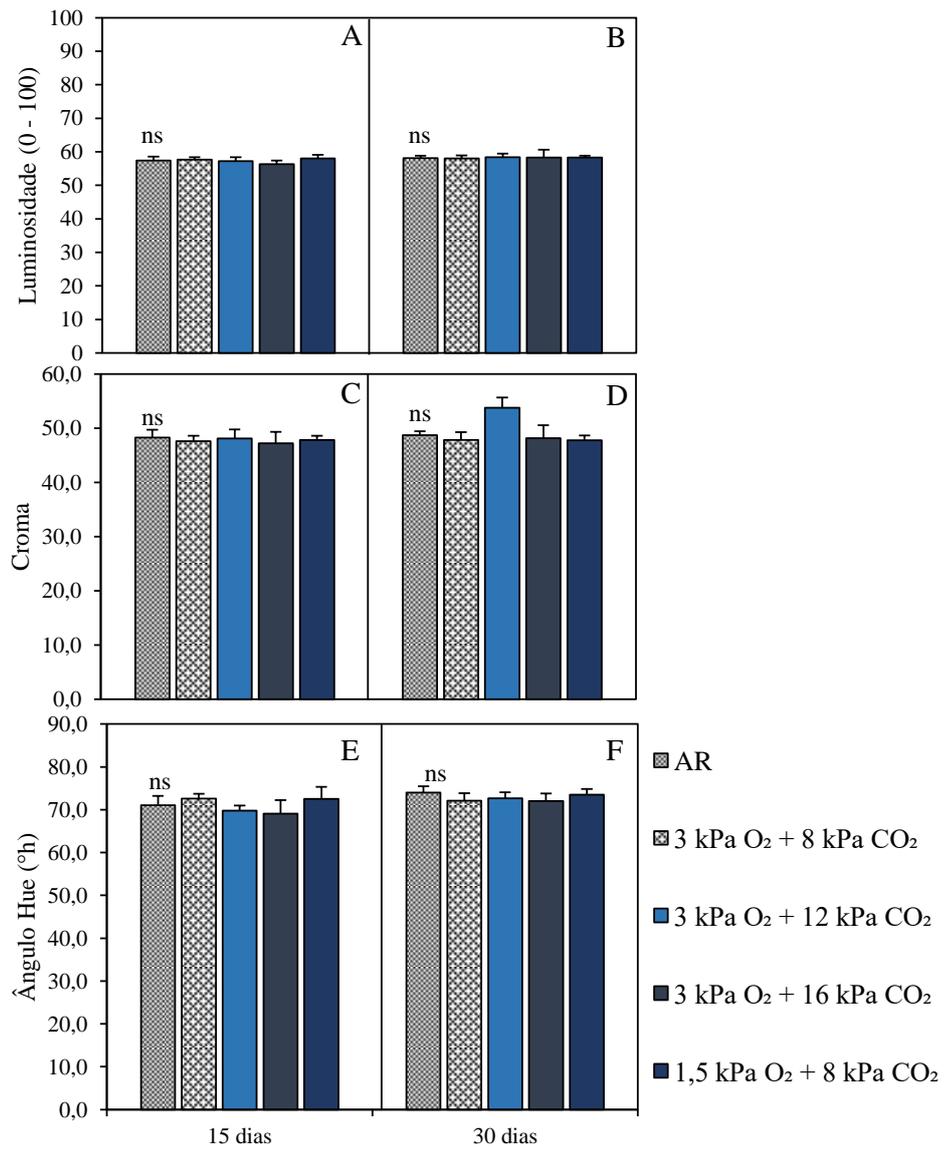
A intensidade de cor, avaliada através da cromaticidade, permaneceu praticamente constante, desde o pré-armazenamento até o final do experimento, o que beneficia a venda *in natura*. Na temperatura 3,0 °C, os pedúnculos não apresentaram danos por frio. A manutenção da coloração alaranjada pode ser observada durante todo o período de armazenamento, confirmada por um °Hue praticamente constante.

Armazenando pedúnculo de cajueiro do clone CCP 76 sob AM, Moura et al. (2010) verificaram para as variáveis luminosidade e cromaticidade resultados estáveis do início ao final do experimento, enquanto que o °Hue apresentou tendência de aumento, caracterizado por um maior amarelecimento.

Moura et al. (2001), avaliando a coloração de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce, observaram que o CCP 09 de cor alaranjado clara, apresentou menor intensidade de cor quando comparado com a testemunha e os clones P 47 e END 183 (laranja-escuro) apresentaram coloração idêntica ao clone CCP 76, avaliado neste experimento, enquanto os demais tiveram coloração mais intensa.

A mudança de cor após a colheita, pode estar relacionada à degradação de pigmentos (antocianinas e carotenoides), devido a alterações no pH da célula, assim como do contato desse pigmento com os seus agentes de oxidação após a perda da permeabilidade seletiva das membranas celulares (BROUILLARD, 1983).

**Figura 8.** Luminosidade aos 15 dias mais sete dias de *shelf life* (A) e 30 dias (B), Croma aos 15 dias mais sete dias de *shelf life* (C) e 30 dias (D), Ângulo Hue aos 15 dias mais sete dias de *shelf life* (E) e 30 dias (F) de pedúnculos de cajueiro anão precoce, clone CCP 76 armazenado sob atmosfera controlada na temperatura de  $3,0 \pm 0,1$  °C e umidade relativa de  $93 \pm 0,3$  %.



Fonte: Costa, T. C. ns: não significativo.

## 5 CONCLUSÕES

O presente estudo revelou a eficiência da utilização da AC na manutenção da qualidade dos pedúnculos de caju.

Pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 em AC mantêm qualidade superior após 35 dias de armazenamento pela baixa incidência de podridões, maior firmeza de polpa e porcentagem de frutos sadios, sendo que a aplicação de 1-MCP aumenta a eficiência da AC. O aparecimento de fungos é o fator que mais contribui para a perda de qualidade e sua ocorrência está relacionado com a temperatura de armazenamento de 5 °C.

De um modo geral não ocorre variações nos teores de sólidos solúveis totais, acidez total titulável, luminosidade, Croma e °Hue durante 35 dias de armazenamento a 5 °C.

A utilização de concentrações 12 e 16 kPa de CO<sub>2</sub> mantêm uma qualidade superior dos pedúnculos pela baixa perda de massa, maior firmeza e porcentagem de pedúnculos sadios.

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstram o potencial da utilização de atmosfera controlada como uma tecnologia alternativa de conservação e transporte a longas distâncias de pedúnculos de caju, em virtude da redução das alterações fisiológicas e consequente manutenção da vida pós-colheita.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABLE, A. J. et al. 1-MCP is more effective on a floral brassica (*Brassica oleracea* var. *italica* L.) than a leafy brassica (*Brassica rapa* var. *chinensis*). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 26 p. 147-155, 2002.
- ABREU, C. R. A. **Qualidade e atividade antioxidante total de pedúnculos de clones comerciais de cajueiro-anão precoce**. 2007. 111 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2007.
- ALMEIDA, L. H. F. de. et al. Viabilidade econômica da produção de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Nativa**, Cuiabá, v.5, n.1, p.9-15, 2017.
- ALMEIDA, M. L. B. et al. Qualidade pós-colheita de pedúnculos de cajueiro submetido a dois métodos de colheita e mantidos sob refrigeração. **Revista Verde**, Mossoró, v.6, n.3, p. 168–173, 2011.
- ALMENAR, E. et al. Equilibrium modified atmosphere packaging of wild strawberries. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Amsterdam, v. 87, n 10, p. 1931-1939, 2007.
- ALVES, R.E. et al. Armazenamento refrigerado de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 sob atmosfera modificada. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v.5, n.1, p.38-42, 2003.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 18. ed. Gaithersburg: 2005.
- ARAÚJO, J. P. P. de. **Caju: o produtor pergunta, a Embrapa responde** – 2. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2015.
- ASMAR, S. A. et al. Firmness of papaya treated with 1-MCP in different exposition times. **Ciência. agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, 2010.
- AWAD, M. **Fisiologia Pós-colheita de Frutos**. São Paulo: Nobel, 1993, 114p.
- BATE-SMITH, E.C. Flavonoid compounds in foods. **Advances in Food Research**, New York, v.5, p.262- 292, 1954.
- BENNET, A. B. Genetic determinants and control of fruit softening. **International conference on postharvest science**, Jerusalem. v. 4, p 9.
- BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 1-25, 2003.
- BRACKMANN, A. et al. Efeito das concentrações de co2 e o2 no crescimento e esporulação de *Penicillium expansum* (link.) Thom, in vitro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.2, nº 3, 147-150, 1996
- BRACKMANN, A. Effect of different CA conditions and ethylene levels on the aroma

- production of apples. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 258, p. 207-214, 1989.
- BRACKMANN, A. et al. Aplicação de 1-metilciclopropeno e absorção de etileno em maçã da cultivar ‘Royal Gala’ colhida tardiamente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v 40, p 2074-2080, 2010.
- BRACKMANN, A. et al. Atmosfera controlada para o armazenamento de goiaba cultivar “Paluma”. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 151–156, 2012.
- BRACKMANN, A. et al. Dynamic controlled atmosphere (DCA) monitored by respiration quotient and chlorophyll fluorescence for apple storage. In: **XI International Controlled & Modified Atmosphere Research Conference**, 2013, Trani.
- BRACKMANN, A. et al. Indução da perda de massa fresca e a ocorrência de distúrbios fisiológicos em maçãs ‘Royal Gala’ durante o armazenamento em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.32, n.2, p.87-92, 2007.
- BRACKMANN, A. et al. Respiration rate and its effect on mass loss and chemical qualities of “Fuyu” persimmon fruit stored in controlled atmosphere. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 4, p. 612–615, 2014.
- BROUILLARD, R. The in vivo expression of anthocyanin colour in plants. **Phytochemistry**, Elmsford, v.22, n.6, p.1311-1323, 1983.
- BULENS, I. et al. Influence of harvest time and 1-MCP application on postharvest ripening and ethylene biosynthesis of ‘Jonagold’ apple. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.72, n.1, p.11-19, 2012.
- CALBO, A. G. Fisiologia dos danos mecânicos em frutas e hortaliças. In: FERREIRA, M. D. **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, v. 1.p. 129-144, 2008.
- CAMPOS, R. P. et al. 1-MCP em mangabas armazenadas em temperatura ambiente e a 11°C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, Volume Especial, n. 3, p. 206-212, 2011.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2007. 785p.
- COCOZZA, F.D.M. **Maturação e conservação de manga ‘Tommy Atkins’ submetida à aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno**. 2003. 198f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) UNICAMP, Campinas, 2003.
- COSTA, W. S. et al. Influência da concentração de sólidos solúveis totais no sinal fotoacústico de polpa de manga. **Revista brasileira de produtos agroindustriais**, Campina grande, v.6, n.2, p.141-147, 2004.
- DAS, I.; ARORA, A. Post-harvest processing technology for cashew apple – A review. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 194, p. 87–98, 2017.

DE PAIVA, E. et al. Combined effect of antagonistic yeast and modified atmosphere to control *Penicillium expansum* infection in sweet cherries cv. Ambrunes. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 241, p. 276-282, 2017.

EKMAN, J.H.; GOLDING, J.B.; McGLASSON, W.B. Innovation in cold storage technologies. **Stewart Postharvest Review**, Perth, v. 1, p. 1-14, 2005.

ESKIN, N.A.M. **Biochemistry of foods**. 2.ed., San Diego: Academic Press, Inc. 1971, 556p

FANTE, C. A. et al. 1-MCP nos aspectos fisiológicos e na qualidade pós-colheita de maçãs Eva durante o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 12, p. 2142-2147, 2013.

FAO. **FAOSTAT**: food and agricultural commodities production. 2017. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> Acesso em: 28 ago. 2019.

FERREIRA, M. D. **Colheita e Beneficiamento de frutas e Hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. v. 1, p. 144.

FIGUEIREDO, R. W. de et al. Qualidade de pedúnculos de caju submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e armazenados sob refrigeração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 475–482, 2007.

FIGUEIREDO, R. W. et al. Alterações de firmeza, pectinas e enzimas pectinolíticas durante o desenvolvimento e maturação de pedúnculos de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* l. var. *nanum*) CCP-76. **Soc. Trop. Hort**, v.43, p.82-86, 2001.

FIGUEIREDO, R.W. **Qualidade e bioquímica de parede celular durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio**. 2000. 154f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2000.

FILGUEIRAS, H. A. C. et al. Cashew apple for fresh consumption: Research on harvest and postharvest technology in Brazil. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v 485, p 155-160, 1999.

GERMANO, T. A. **Efeito do revestimento comestível à base de galactomanana e cera de carnaúba na qualidade e metabolismo antioxidante de goiaba**. 2016, 85f. Dissertação (Mestrado em bioquímica) Universidade Federal do Ceará. 2016.

HASLAN, E. Vegetable tannins. In: STUMPF, P.K.; CONN, E.E. (ed.). **The biochemistry of plants**: a comprehensive treatise. New York: Academic Press, 1981, East Lansing, v.7, p.527-556.

JIANG, Y. et al. Postharvest biology and handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 26, n. 3, p. 241–252, 2002.

K.M. et al. Harvest date, cultivar, orchard and tree effects on water vapor permanence in apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Virginia, v.125, n.1, p.100-104, 2000.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology of Horticultural Crops**, Oakland, p.97-108, 1992.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Illinois, v.40, n.5, p.99-104, 1986.

KAYS, J.S. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Avi Book, 1991. 543p.

KIM, H. O.; HEWETT, E. W.; LALLU, N. Softening and ethylene production of kiwifruit reduced with 1-methylcyclopropene. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 553, p. 167-170, 2001.

KIRTIL, E. et al. Effect of pectin methyl esterase (PME) and CaCl<sub>2</sub> infusion on the cell integrity of fresh-cut and frozen-thawed mangoes: An NMR relaxometry study. **Food Research International**, Amsterdam v. 66, p.409-416, 2014.

KLUGE, R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Livraria e Editora Rural, p. 214, 2002.

KRUSE, J.; RENNENBERG, H.; ADAMS, M. A. Steps towards a mechanistic understanding of respiratory temperature responses: Tansley review. **New Phytologist**, London, v. 189, n. 3, p. 659–677, 2011.

KU, V. V. V.; WILLS, R. B. H.; BEN-YECHOSHUA, S. 1-Methylcyclopropene can differentially affect the postharvest life of strawberries exposed to ethylene. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 119-120, 1999.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of the agricultural and Food Chemistry**. Washington, v. 45, p. 1390-1393.1997.

LEE, S.; CHOI, H.; CHO, S.K.; KIM, Y. Metabolic analysis of guava (*Psidium guajava* L.) fruits at different ripening stages using different data-processing approaches. **Journal of Chromatography B**, v. 878, n. 29, p. 2983-2988, 2010.

LOPES, M. M. de A. et al. Caracterização física de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 914-920, out-dez, 2011.

LOPES, M. M. A. **Efeitos da luz pulsada no metabolismo e nas características físico-químicas de frutos de manga ‘Tommy Atkins’ durante o armazenamento**. 2015. 145f. Tese (Doutorado em Bioquímica) –Universidade Federal do Ceará, 2015.

LU, X.; MA, Y.; LIU, X. Effects of maturity and 1-MCP treatment on postharvest quality and antioxidant properties of ‘Fuji’ apples during long-term cold storage. **Horticultural Environment and Biotechnology**, Berlin, v.53, p.378-386, 2012.

- LUCHSINGER, L. **Avanços na conservação de frutas de caroço**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTAS DE CAROÇO - PÊSSEGOS, NECTARINAS E AMEIXAS, 1. 2000, Porto Alegre. **Anais...** p. 95-104.
- MACEDO, M. et al. Influence of pectinolytic and cellulolytic enzyme complexes on cashew bagasse maceration in order to obtain carotenoids. **Journal of Food Science and Technology**, New Delhi, v. 52, n. 6, p. 3689– 3693, 2015.
- MALIS-ARAD, S. et al. Pectic substances: changes in soft and firm tomato cultivars. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 58, n. 1, p. 111-116, 1983.
- MELLO, A. M. D. **Efeito de inibidores da síntese e da ação do etileno em pêsegos cv. eldorado sob refrigeração**. 2005, 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria. 2005.
- MENEZES, J.B. **Armazenamento refrigerado de pedúnculos do caju (*Anacardium occidentale* L.) sob atmosfera ambiental e modificada**. Lavras: ESAL, 1992. 102p. (Dissertação de Mestrado). 1992.
- MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1995. 20p. (EMBRAPA-CNPAT. Documentos, 17).
- MITCHELL, F.G. & KADER, A.A. Factors affecting deterioration rate. In: **Peaches, plums and nectarines-growing and handling for fresh market**. Oakland, Unid of Califórnia, p. 65-178, 1989.
- MORAIS, A. S. **Armazenamento refrigerado sob atmosfera modificada de pedúnculos de cajueiro anão precoce dos clones CCP-76, END-157, END-183 e END-189**. 2001. 55f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.
- MORAIS, A.S. et al. Armazenamento refrigerado sob atmosfera modificada de pedúnculos de cajueiro anão precoce dos clones CCP 76, END 157, END 183 e END 189. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.647-650, 2002.
- MOURA, C. F. H. **Armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce BRS 189, CCP 76, END 183 e END 189 sob diferentes temperaturas e atmosferas**. 2004. 220f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará. 2004.
- MOURA, C. F. H. et al. Características físicas de pedúnculos de cajueiro para comercialização in natura. **Revista Brasileira Fruticultura.**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 537-540, 2001.
- MOURA, C. F. H. et al. Increasing shelf life of early dwarf cashew tree peduncle through reduction of storage temperature. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 140-145, 2010
- MOURA, C. F. H. et al. Internal quality of the new dwarf cashew apple (*Anacardium occidentale* L. var. nanum) clones cultivated under irrigation and destined to fresh

consumption. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Barquisimeto, v. 42, p. 119-123, 1998.

MOURA, C.F.H. et al. **Cold storage of cashew apple of the BRS 189, CCP 76, END 183 and END 189 early dwarf clones under different modified atmospheres**. In: Proc 3rd Int Symp of Tropical and Subtropical Fruits, Fortaleza Ceara. Brazil, 12e17 September, p 139, 2004.

MOURA, C.F.H.; ALVES, R.E.; SILVA, E.O. **Agronegócio do caju: praticas e inovações**. Araújo. – Brasília, DF : Embrapa, 2013. 275 p.

NASCIMENTO, J.I.G. **Atividade antifúngica da quitosana na expansão da vida de prateleira de goiaba minimamente processada**. 2013. 75f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) –Universidade Federal de Pernambuco. 2013.

NAVA, G. A.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch), cv. Chiripá, em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 328–332, 2002.

OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavonol composition and caffeine content of Green Leaf as quality potential indicators of *Kenyan black* teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 74, n. 2, p. 209-215, 1997.

OLIVEIRA, S. C. S.; ROCHA, A. G. P. Diagnóstico da cadeia produtiva do caju na bahia – Potencial do território de identidade semiárido nordeste II. **Revista Desenharia**, Salvador, n. 10, 2009.

OLIVEIRA, V. H. Cajucultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.1-3, 2008.

OZAWA, T., LILLEY, T.H.; HASLAM, E. Polyphenol interactions: astringency and the loss of astringency in ripening fruit. **Phytochemistry**, Elmsford, v.26, n.11, p.2937-2942, 1987.

PAL, R.S.; BITSH, M. **Newer Approaches to Biotechnology**. Delhi: Narendra Publishing House, 2013, p.71–83.

PAULA, J. T. de. **Métodos de conservação pós-colheita de pedúnculos de caju**. 2017. 115f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

PINTO, J.A.V. et al. Indução de perda de massa na qualidade pós-colheita de pêssegos ‘Eragil’ em armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.6, p.962-968, 2012.

PINTO, P. M. et al. Ponto de colheita e maturação de fruto de camu-camu colhidos em diferentes estádios. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.6, p.605-612, jun. 2013.

- PINTO, S. A. A. et al. Fresh consumption quality of the apple of some Brazilian early dwarf cashew clones (*Anacardium occidentale*). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Guatemala, v. 41, p. 189-193, 1997.
- PLAINSIRICHAI, M.; TRINOK, U.; TURNER, D. W. 1-methylcyclopropene (1-MCP) reduces water loss and extends shelf life of fruits of Rose apple (*Syzygium jambos* Alston) cv. **Tabtim Chan. Fruits**, Xangai, v. 65, n. 4, p. 133-140, 2010.
- PURVIS, A.C. Effects of short- term CA storage on cell wall polysaccharides during subsequent ripening of peaches. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 6., 1993, Ithaca. **Proceedings...** v.1, p. 418-424.
- SANCHES, A. G. et al. 1-Metilciclopropeno na manutenção da qualidade pós-colheita de taperebá (*Spondia Mombin* L.). **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 2, p. 56-62, abr./jun. 2017a.
- SANCHES, A. G. et al. Determinação do ponto de colheita e maturação em genótipo de abiu sob atmosfera modificada. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.5, n.1, p. 31-42, 2016.
- SANCHES, A. G. et al. Maturação de graviolas após armazenamento em atmosfera controlada. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 2, p. 54-61, abr-jun. 2016.
- SANCHES, A. G. et al. Retardo da maturação em cajaranas (*Spondias cytherea*) tratadas com 1-MCP. **Nativa**, Cuiabá, v.5, n.4, p.244-249, jul./ago. 2017b.
- SANTOS, R. P. et al. Compositional analysis of cashew (*Anacardium occidentale* L.) peduncle bagasse ash and its in vitro antifungal activity against *Fusarium* species. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 200-205, 2011.
- SASTRY, L.V. et al. Polyphenol constituent in cashew apple juice as influenced by region, strain and selection. **Indian Journal of Applied Chemistry**, New Delhi, v.25, n.4-6, p.119-122, 1962.
- SEIBERT, E. **Efeitos de pulverizações de ethephon na maturação e frigoconservação de pêras cv. Packham's Triumph**. 1997. 100 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- SILVA, J.; SILVA, E. S.; SILVA, P. S. L. Determinação da qualidade e do teor de sólidos solúveis nas diferentes partes do fruto da pinheira (*annona squamosa* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 562-564, agosto 2002.
- SIRIPHANICH, J. High CO<sub>2</sub> atmosphere enhance fruit firmness during storage. **Journal of Japanese Society for Horticulture Science**. Yamaguchi, v.67, n.6, p.1167-1170. 1998.
- SOARES, J.B. **Conservação do caju in natura**. Fortaleza: BNB, 1975. 41p.
- SOUZA FILHO, M. de S.M de. et al. **Aspectos de colheita e pós-colheita e transformação industrial do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.)** 2002. Disponível em: [http://www.ceifo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigos\\_3097.pdf](http://www.ceifo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigos_3097.pdf).

SOUZA, A. R. M. et al. Effect of gamma radiation and storage on cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) quality. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v 33, n 3, p 848-854, 2009.

SOUZA, K. O. et al. Preharvest treatment of growth regulators influences postharvest quality and storage life of cashew apples. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam v. 209, p. 53–60, 2016.

STEFFENS, C. A. et al. Condições de atmosfera controlada para armazenamento de ameixas “Laetitia” tratadas com 1-meticiclopropeno. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4. p. 750-756, 2013.

STEFFENS, C. A.; SESTARI, I.; BRACKMANN, A. Controle da queda pré-colheita de maçãs ‘gala’ e ‘fuji’ com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.3, p.329-332, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 5 ed., 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 5 ed., 2017.

TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, S.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, p. 255-266, 1993.

VILANOVA, L. et al. Increasing maturity reduces wound response and lignification processes against *Penicillium expansum* (pathogen) and *Penicillium digitatum* (non-host pathogen) infection in apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.88, p.54-60, 2014.

VILANOVA, L. et al. The infection capacity of *P. expansum* and *P. digitatum* on apples and histochemical analysis of host response. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v.157, p.360-367, 2012.

WAIT, A. J.; JAMIELSON, G. I. The cashew: its botany and cultivation. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, p. 253-257, 1986.

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

WEBER, J. Intercellular space enhance potato tuber elasticity. **Potato Research**, v. 33, p. 335-336, 1990.

WEBER, A. et al. Atmosfera controlada para o armazenamento da maçã Maxi Gala’. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, p. 294-301, 2013.

WILLS, R. H. et al. **Postharvest- an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. Granada, London, 1981, 161p.

WRIGHT, A. H. et al. The trend toward lower oxygen levels during apple (*Malus domestica* Borkh) storage - A review. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Kent, v. 90, p. 1- 13, 2015.

YANG, S. F.; HOFFMANN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol*, 35, p 155-89, 1984.

ZHENG, H.; ZHANG, Q.; QUAN, J.; ZHENG, Q.; XI, W. Determination of sugars, organic acids, aroma components, and carotenoids in grapefruit pulps. *Food Chemistry*, Oxford ,v. 205, p. 112-121,2016.

ZHOU, R.; LI, Y.; YAN, L.; XIE, J. Effect of edible coatings on enzymes, cell-membrane integrity, and cell-wall constituents in relation to brittleness and firmness of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) during storage. *Food Chemistry*, Oxford, v. 124, p. 569-575, 2011.