



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOQUÍMICA**

**MÔNICA MARIA DE ALMEIDA LOPES**

**QUALIDADE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL EM PEDÚNCULOS  
DE CLONES DE CAJUEIROS ANÃO PRECOCE EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE  
MATURAÇÃO**

**FORTALEZA**

**2011**

MÔNICA MARIA DE ALMEIDA LOPES

**QUALIDADE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL EM PEDÚNCULOS DE  
CLONES DE CAJUEIROS ANÃO PRECOCE EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE  
MATURAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioquímica do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará para obtenção do Título de Mestre em Bioquímica.

**Área de Concentração:** Bioquímica Vegetal

**Orientador:** Prof. Dr. Joaquim Enéas Filho

**Co-orientador:** Dr. Carlos Farley Herbster Moura

**FORTALEZA**

**2011**

L854q    Lopes, Mônica Maria de Almeida  
Qualidade e atividade antioxidante em pedúnculos de clones de cajueiro  
anão precoce em diferentes estádios de maturação / Mônica Maria de  
Almeida Lopes. – 2011.  
100 f. : il. color., enc.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Enéas Filho  
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Farley Herbster Moura  
Área de concentração: Bioquímica Vegetal  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de  
Ciências, Depto. de Bioquímica e Biologia Molecular, Fortaleza, 2011.

1. Antioxidantes 2. Cajueiro anão – Clones – Ação antioxidante 3.  
Estresse oxidativo I. Enéas Filho, Joaquim (Orient.) II. Moura, Carlos  
Farley Herbster (Coorient.) III. Universidade Federal do Ceará – Programa  
de Pós-Graduação em Bioquímica IV. Título

CDD 574.192

Mônica Maria de Almeida Lopes

QUALIDADE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL EM PEDÚNCULOS DE CLONES DE CAJUEIROS ANÃO PRECOCE EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioquímica do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará para obtenção do Título de Mestre em Bioquímica.

Aprovada em: 28/07/2011

---

Mônica Maria de Almeida Lopes

BANCA EXAMINADORA

---

**Prof. Dr. Joaquim Enéas Filho (Orientador)**

**Universidade Federal do Ceará**

---

**Pesquisador Dr. Carlos Farley Herbster Moura (Co-orientador)**

**Embrapa Agroindústria Tropical**

---

**Dr. Ebenézer de Oliveira Silva**

**Embrapa Agroindústria Tropical (Membro)**

*A Deus, pela força, fé e coragem proporcionadas em todos os momentos.*

*À minha família.*

*À minha mãe.*

*A Nilo Sérgio pelo amor, dedicação e compreensão.*

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

À **Deus**, pois com sua luz e benção durante todos os momentos da minha vida proporcionou a realização deste trabalho.

A **Universidade Federal do Ceará - UFC**, pela minha formação desde a graduação, em particular ao Departamento Bioquímica e Biologia Molecular, pela oportunidade concedida para a realização do curso de mestrado.

Aos meus familiares pelo apoio e compreensão, em especial a minha mãe **Maria Joaquina de Almeida Lopes** e minha irmã e amiga **Diana Maria de Almeida Lopes** que participou do meu processo de formação sempre me indicando os melhores caminhos, transmitindo-me confiança, coragem e fé em suas palavras.

A **Nilo Sérgio** pela sua cumplicidade, companheirismo e amor, sendo fundamental em minha vida.

Ao orientador **Professor Dr. Joaquim Enéas Filho** pelos brilhantes ensinamentos, por ter me direcionado nos estudos, pela invejável paciência e serenidade, e principalmente pela oportunidade de tê-lo como orientador.

Ao co-orientador e pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical **Dr. Carlos Farley Herbster Moura** pela dedicação, seriedade e profissionalismo empenhados durante todo o desenvolvimento do trabalho, o qual trouxe para si com afinco e determinação durante todas as etapas.

Ao **Pesquisador Dr. Ebenézer de Oliveira Silva** por participar da banca, engrandecendo o estudo.

A todos os **professores** do departamento de Bioquímica e Biologia Molecular pelos conhecimentos transmitidos.

A **coordenação** do curso de Bioquímica e Biologia Molecular por proporcionar condições de estudo com qualidade no departamento de Bioquímica.

A Embrapa Agroindústria Tropical, na pessoa do chefe geral **Dr. Vitor Hugo de Oliveira**, por ter permitido o desenvolvimento dos meus estudos e por disponibilizar a infraestrutura do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita para a realização do experimento.

A Supervisora do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, **Márcia Régia Sousa da Silveira** por conceder todas as condições experimentais para que a pesquisa se realizasse, com muito bom humor e dinamismo.

Ao pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical **Dr. Fernando Antônio Sousa de Aragão**, pelas orientações oferecidas com muita presteza.

Ao Supervisor do Campo Experimental de Pacajus **Raimundo Nonato Martins de Souza** pela presteza e competência e aos funcionários daquele Campo – Em especial ao **Seu Dão, Seu Dico e Seu Wellington** pela paciência e ajuda demonstradas durante a marcação,

coleta dos materiais e assessoria quando necessário, tudo realizado da forma mais harmoniosa e agradável possível.

A todos os colegas e funcionários do **Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Frutos** pela convivência, disponibilidade de ajuda, troca de conhecimentos e experiências proporcionando um ambiente de trabalho bastante agradável.

A todas as colegas do **Laboratório de Bioquímica e Fisiologia de Frutos** pela receptividade e ensinamentos nos momentos em que lá estive.

A todos os colegas do **Laboratório de Fisiologia Vegetal** que me ajudaram todas as vezes que necessitei.

À **FUNCAP** pelo suporte financeiro.

A **todos** que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

*“Se consegui enxergar mais longe, é porque estava apoiado sobre ombros de gigantes”*

*Isaac Newton*



## RESUMO

Fontes ricas em compostos antioxidantes são importantes para a manutenção da saúde humana, e nos últimos anos, uma maior atenção tem sido dada aos antioxidantes encontrados nos frutos, isso se deve a estudos epidemiológicos que demonstraram que uma alta ingestão de frutos está estritamente associada à redução da mortalidade por doenças vasculares e cânceres, sendo justificado pela atividade antioxidante presente nesses produtos. Com isso, esse experimento objetivou a caracterização física, qualidade e atividade antioxidante total de quatro clones de cajueiro anão precoce: CCP 09, CCP 76, BRS 189 e BRS 265, oriundos do Campo Experimental de Pacajus-CE, selecionando entre esses clones os que apresentam os melhores resultados quando analisados em sete diferentes estádios de maturação. Sendo caracterizados quanto à: tamanho, peso, firmeza, coloração, pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), SS/AT, vitamina C, carotenóides totais (CT), antocianinas totais (ANT), flavonóides amarelos (FA), polifenóis extraíveis (PE), atividade antioxidante total (AAT), atividade da catalase (CAT), da dismutase do superóxido (SOD) e da peroxidase do ascorbato (APX). A atividade antioxidante dos pedúnculos de caju analisados deve-se, sobretudo ao conteúdo de polifenóis extraíveis, e são, portanto, considerados fontes relevantes de compostos antioxidantes, que são necessários para a manutenção da saúde humana. Correlações positivas e significativas foram encontradas entre polifenóis extratable e atividade antioxidante. Os clones que tiveram destaque foram o BRS 265 e o CCP 09. Os maiores teores de ácido ascórbico foram encontrados no clone BRS 265, durante todo o crescimento e maturação dos pedúnculos. Os mais elevados níveis de polifenóis extraíveis e capacidade antioxidante total foram encontrados em CCP 09 nos primeiros cinco estádios de maturação. Os pedúnculos são consumidos frescos, o que significa que um potencial de mercado, inexplorado para eles existe. Portanto, os clones representam um potencial real para o desenvolvimento de novos produtos com propriedades funcionais, podendo ser explorados pela indústria de suplementos antioxidantes ou proveitosamente estudados pela indústria alimentar para o desenvolvimento de diversos produtos.

**Palavras-chave:** Atividade Antioxidante. Compostos Bioativos. Estádios de Maturação. Qualidade Pós-Colheita. Estresse Oxidativo.

## ABSTRACT

Rich sources of antioxidants are important for the maintenance of human health, and in recent years, increasing attention has been given to the antioxidants found in fruits, this is due to epidemiological studies that have shown that high intake of fruit is associated with reduced mortality due to vascular diseases and cancers, as justified by the antioxidant activity in these products. This work aimed at to physical characterization, quality and total antioxidant activity of four early dwarf cashew clones: CCP 09, CCP 76, BRS 189 and BRS 265 were harvest from the Experimental Farm of Pacajus-CE, selecting among these clones that presenting the best results when analysed in seven different stages of maturation. The clones were characterized to results: size, weight, firmness, color, pH, soluble solids (SS), titrable acidity (AT), SS/TA ratio, vitamin C, total carotenoids (TC), total anthocyanins (TAN), yellow flavonoids (YF), extractable polyphenols (EP), total antioxidant capacity (TAC), catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and ascorbate peroxidase (APX). Activity antioxidant the cashew apples analysed are mainly attributed contents of extrable polyphenols, and this therefore considered as relevant sources of antioxidant compounds, which are necessary for the maintenance of human health. Positive and significant correlations were found between extrable polyphenols and antioxidant activity. The clones that had prominence were the BRS 265 and the CCP 09. The highest ascorbic acid contents were found in the BRS 265 clone, throughout growth and maturation of the cashew apples. The highest levels extrable polyphenols and antioxidant capacity were found in CCP 09 in first five maturity stages. These cashew apples are consumed fresh, which means a potential, and untapped, market for them exists. Therefore, these cashew apples represent a real potential for the development of new products with functional properties, may be explored for antioxidant supplements industry or usefully studied by the industry food for the development of diverse products.

**Key words:** Antioxidant Activity. Bioactive Compounds. Maturation of Stages. Postharvest Quality. Oxidative Stress.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Estrutura do ácido L-ascórbico.....	<b>35</b>
<b>Figura 2.</b> Estrutura do ácido L-desidroascórbico.....	<b>35</b>
<b>Figura 3.</b> Estrutura dos carotenóides.....	<b>38</b>
<b>Figura 4.</b> Estrutura dos flavonóides.....	<b>41</b>
<b>Figura 5.</b> Estrutura dos quatro grupos de flavonóides.....	<b>41</b>
<b>Figura 6.</b> Rotas metabólicas de formação das ERO nas células vegetais.....	<b>45</b>
<b>Figura 7.</b> Pedúnculos de cajueiro anão precoce clone CCP 76 provenientes da Estação Experimental de Pacajus – CE, 2009. Da esquerda para a direita, estágio 1 ao 7.....	<b>51</b>
<b>Figura 8.</b> Pedúnculos de cajueiro anão precoce clone CCP 09 provenientes da Estação Experimental de Pacajus – CE, 2009. Da esquerda para a direita, estágio 1 ao 7.....	<b>51</b>
<b>Figura 9.</b> Pedúnculos de cajueiro anão precoce clone BRS 189 provenientes da Estação Experimental de Pacajus – CE, 2009. Da esquerda para a direita, estágio 1 ao 7.....	<b>52</b>
<b>Figura 10.</b> Pedúnculos de cajueiro anão precoce clone BRS 265 provenientes da Estação Experimental de Pacajus – CE, 2009. Da esquerda para a direita, estágio 1 ao 7.....	<b>52</b>
<b>Figura 11.</b> Esquema mostrando o fluxograma para a determinação da atividade antioxidante total e extração de polifenóis extraíveis.....	<b>57</b>
<b>Figura 12.</b> Estabilização do radical ABTS <sup>*+</sup> por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio.....	<b>58</b>
<b>Figura 13.</b> Exemplo de curva padrão de Trolox (µM).....	<b>59</b>

## LISTA DE TABELAS

1. Pluviosidade ocorrida de janeiro a dezembro de 2009 na região de Pacajus-CE.....	<b>49</b>
2. Escala subjetiva para avaliação de coloração externa dos cajus (pedúnculo e castanha) visando a seleção do estágio de maturação de diferentes clones de cajueiro anão precoce provenientes da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus - Ceará. 2009.....	<b>50</b>
3. Diâmetro basal (mm) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>62</b>
4. Diâmetro apical (mm) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>63</b>
5. Comprimento (mm) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>64</b>
6. Massa total de cajus (gramas) de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>65</b>
7. Massa das castanhas (gramas) de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>65</b>
8. Massa dos pedúnculos (gramas) de clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>66</b>
9. Firmeza (N) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>67</b>
10. pH dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de desenvolvimento e maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>68</b>
11. Sólidos solúveis (°Brix) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>69</b>
12. Acidez titulável dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>70</b>
13. SS/AT dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>70</b>
14. Teores de vitamina C (mg.100 g <sup>-1</sup> ) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>71</b>
15. Teores de carotenóides totais (mg.100 g <sup>-1</sup> ) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>73</b>

<b>16.</b> Teores de antocianinas totais (mg.100 g <sup>-1</sup> ) na película dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>74</b>
<b>17.</b> Teores de flavonóides amarelos (mg.100 g <sup>-1</sup> ) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>75</b>
<b>18.</b> Teores de polifenóis extraíveis (mg.100 g <sup>-1</sup> ) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>76</b>
<b>19.</b> Atividade antioxidante total (μmol trolox.g <sup>-1</sup> ) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>77</b>
<b>20.</b> Correlação de Pearson entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante total em pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>78</b>
<b>21.</b> Atividade da enzima catalase (μmol H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> mg.p <sup>-1</sup> ) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>80</b>
<b>22.</b> Atividade da enzima dismutase do superóxido (UAE mg.p <sup>-1</sup> ) dos pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>81</b>
<b>23.</b> Atividade da enzima peroxidase do ascorbato (μmol H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> mg.p <sup>-1</sup> ) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.....	<b>82</b>

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1.	Aspectos Gerais do Cajueiro.....	17
2.2.	Importância da Cajucultura.....	19
2.3.	Melhoramento Genético do Cajueiro.....	20
2.3.1.	Clone CCP 76.....	23
2.3.2.	Clone CCP 09.....	23
2.3.3.	Clone BRS 189.....	24
2.3.4.	Clone BRS 265.....	24
2.4.	Desenvolvimento e Maturação dos Pedúnculos.....	24
2.5.	Aspectos Gerais da Qualidade do Pedúnculo do Cajueiro.....	26
2.6.	Características Físicas.....	27
2.6.1.	Massa.....	27
2.6.2.	Tamanho.....	28
2.6.3.	Firmeza dos Pedúnculos.....	29
2.7.	Características Físico-químicas.....	30
2.7.1.	Sólidos Solúveis (SS).....	30
2.7.2.	pH e Acidez Titulável (AT).....	31
2.7.3.	Relação SS/AT.....	32
2.8.	Compostos com Propriedades Funcionais.....	33
2.8.1.	Vitamina C.....	34
2.8.2.	Carotenóides.....	36
2.8.3.	Compostos Fenólicos.....	38
2.9.	Atividade Antioxidante (ATT) e o Método ABTS.....	41
2.10.	Sistema Enzimático Antioxidante e Estresse Oxidativo.....	44
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>48</b>
3.1.	Objetivo Geral.....	48
3.2.	Objetivos Específicos.....	48
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>49</b>
4.1.	Localização do Pomar e Amostragem.....	49
4.1.2.	Condução do Experimento.....	50
4.2.	Métodos Usados para as Características Físicas.....	53
4.2.1.	Diâmetro Basal e Apical.....	53
4.2.2.	Comprimento do Pedúnculo.....	53
4.2.3.	Massa Total.....	53
4.2.4.	Massa das Castanhas.....	53
4.2.5.	Massa dos Pedúnculos.....	53
4.2.6.	Firmeza dos Pedúnculos.....	54
4.3.	Métodos Usados para as Características Físico-químicas.....	54
4.3.1.	pH.....	54
4.3.2.	Sólidos Solúveis (SS).....	54
4.3.3.	Acidez Titulável (AT).....	54
4.3.4.	Relação SS/AT.....	54
4.4.	Métodos Usados para os Compostos Bioativos.....	55
4.4.1.	Vitamina C (VC).....	55
4.4.2.	Carotenóides Totais(CT).....	55
4.4.3.	Antocianinas Totais (ANT) e Flavonóides Amarelos (FA).....	55

4.4.4.	Polifenóis extraíveis (PE).....	56
4.4.5.	Atividade Antioxidante Total (AAT) por ABTS.....	57
4.4.5.1.	Preparação da Curva Padrão de Trolox ( $\mu\text{M}$ ).....	58
4.4.6.	Determinação da Atividade Antioxidante Total (AAT).....	59
4.5.	Métodos Usados para as Avaliações Bioquímicas.....	60
4.5.1.	Extração Protéica.....	60
4.5.2.	Determinação do Conteúdo de Proteínas Solúveis Totais.....	60
4.5.3.	Atividade da Enzima Catalase (CAT, EC 1.11.1.6).....	60
4.5.4.	Atividade da Enzima Dismutase do superóxido (SOD, EC 1.15.1.1).....	60
4.5.5.	Atividade da Enzima Peroxidase do ascorbato (EC 1.11.1.1).....	61
4.6.	Análise Estatística.....	61
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>62</b>
5.1.	Análises Físicas.....	62
5.1.1.	Tamanho.....	64
5.1.2.	Massa.....	64
5.1.3.	Firmeza.....	66
5.2.	Análises Físico-químicas.....	68
5.2.1.	pH.....	68
5.2.2.	Sólidos Solúveis.....	69
5.2.3.	Acidez Titulável.....	69
5.2.4.	Relação SS/AT.....	70
5.3.	Compostos Bioativos.....	71
5.3.1.	Vitamina C.....	71
5.3.2.	Carotenóides Totais.....	72
5.3.3.	Antocianinas Totais.....	73
5.3.4.	Flavonóides Amarelos.....	75
5.3.5.	Polifenóis Extraíveis.....	76
5.4.	Atividade Antioxidante Total (AAT).....	77
5.4.1.	Correlação de Pearson entre compostos bioativos e AAT.....	78
5.5.	Enzimas Antioxidantes.....	79
5.5.1.	Catalase (CAT, EC 1.11.1.6).....	79
5.5.2.	Dismutase do Superóxido (SOD, EC 1.15.1.1).....	80
5.5.3.	Peroxidase do Ascorbato (APX, EC 1.11.1.11).....	81
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>83</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>84</b>

## 1. INTRODUÇÃO

---

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pertence à família *Anacardiaceae*, composta por espécies de origem arbóreas e arbustivas de origem tropical e subtropical (JOHNSON, 1973). Esta família possui cerca de 60 gêneros e 400 espécies, incluindo a mangueira (*Mangifera indica* L.), a cajazeira (*Spondias mombim* L.), o cajá-manga ou cajarana (*Spondias cytherea* Sonn.) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), pertencentes ao gênero *Spondias* (MEDINA, 1978; CRANE; CAMPBELL, 1990).

O mercado mundial de frutas tem acelerado nos últimos anos em função das crescentes vantagens que a ciência tem apontado em relação à utilização destes alimentos, no que diz respeito às vitaminas, sais minerais, fibras e baixos níveis de calorias (MOURA, 2004). O Nordeste, e consequentemente o Ceará, são privilegiados nas condições de luminosidade, umidade relativa e temperatura, quando comparado às outras regiões do país. Devido a esses privilégios que o clima lhe propicia, essa região contribuiu de forma significativa no aumento da área da fruticultura brasileira atingindo uma taxa de aumento nunca vista antes na história (AGRIANUAL, 2008).

Com o aumento da área, e um consequente, aumento de produção, as perdas pós-colheita se tornaram mais acentuadas, no caso específico do pedúnculo do cajueiro atingiu uma cifra em torno de 95% (LIMA, 2008). Devido a esse aumento nas perdas faz-se necessário buscar novas alternativas para a utilização dessas frutas, aproveitando outros fatores constituintes presentes nas mesmas, tais como os compostos bioativos (vitamina C, antocianinas, carotenóides, polifenóis, flavonóides, etc.). Pois o pedúnculo do cajueiro é de reconhecido valor nutricional devido às altas concentrações de vitamina C, um forte agente antioxidante (PAIVA *et al.*, 2002; MOURA, 2004). Além do alto conteúdo de vitamina C com valores entre 142 e 270 mg.100 g<sup>-1</sup> (ABREU, 2007), o pedúnculo maduro do cajueiro destaca-se também na quantidade de compostos fenólicos variando de 0,24 a 0,35% de massa fresca (MOURA, 1998).

Fontes ricas em compostos antioxidantes são importantes para a manutenção da saúde humana, e nos últimos anos, uma maior atenção tem sido dada aos antioxidantes encontrados nos frutos. Isso se deve a estudos epidemiológicos que demonstraram que a alta ingestão de frutos está associada à redução da mortalidade por doenças vasculares e cânceres, sendo justificado pela atividade antioxidante presente nesses produtos. Os frutos de clima tropical e subtropical se sobressaem quanto à qualidade e quantidade de antioxidantes devido a sua forte exposição à radiação solar (HANAMURA *et al.*, 2005).



Além da nutrição humana, os antioxidantes são relevantes também para a fisiologia dos frutos sendo importante entender a evolução de sua produção e perda durante o desenvolvimento desses órgãos. As alterações que ocorrem nos compostos antioxidantes enzimáticos como: catalase (CAT), dismutase do superóxido (SOD) e peroxidase do ascorbato (APX) e ainda nos compostos não enzimáticos durante a maturação vêm sendo estudadas em várias espécies, no entanto há ainda uma deficiência de informações sobre esses sistemas antioxidantes em frutas tropicais como caju (pedúnculo).

Conforme trabalhos de pesquisa desenvolvidos pela Embrapa e por outras instituições de pesquisa, o pedúnculo do cajueiro é rico em vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos. Além do potencial vitamínico, estes compostos conferem potencial antioxidante à polpa do caju. Esta propriedade biológica está associada à prevenção de doenças crônico-degenerativas, que avançam a cada ano, superando estatísticas e preocupando as lideranças governamentais da área de saúde. A necessidade de aumento do consumo de frutas tem sido uma recomendação crescente da OMS, visando à prevenção do desenvolvimento dessas doenças (ABREU, 2007).

Agostini-Costa *et al.* (2010) citam que de acordo com resultados de pesquisas realizadas no Brasil, pela Embrapa, e fora do Brasil, o pedúnculo do cajueiro é um forte candidato para acrescentar saúde, além de sabor na mesa tropical.

Apesar do exposto, ainda existem pouquíssimas informações disponíveis sobre a atividade antioxidante total de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce em diferentes estádios de maturação. Desta forma, este trabalho tem por prioridade avaliar a atividade antioxidante total de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce, desenvolvidos pela Embrapa Agroindústria Tropical, com a finalidade de identificar os materiais que apresentam uma maior ação antioxidante total, para inclusão na alimentação como fator de proteção à saúde humana.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

---

### 2.1 Aspectos gerais do cajueiro

O cajueiro, *Anacardium occidentale* L., planta da família Anacardiaceae, é uma planta perene, de ramificação baixa e porte médio, com altura média de copa entre cinco e oito metros, e diâmetro médio de envergadura entre 12 e 14 metros. As folhas são simples, inteiras, alternas, de aspecto subcoriáceo, glabras e curtopecioladas, medindo de 10 a 20 centímetros de comprimento por 6 a 12 centímetros de largura. O fruto é um aquênio reniforme que se prende à panícula por um pedúnculo hipertrofiado que é confundido, pela maioria da população, com o fruto verdadeiro (LIMA, 1986).

O período de florescimento varia com o genótipo e o ambiente. Na região do Nordeste Setentrional do Brasil, no litoral e transições com outros agroecossistemas, em latitude de 6° Sul e altitudes que não ultrapassam a 100 m, é longo, variando de cinco a sete meses no tipo comum (julho/agosto a dezembro/janeiro) e de seis a oito meses (junho/julho a janeiro/fevereiro) no tipo anão precoce (BARROS *et al.*, 1984; BARROS, 1988), podendo, em alguns clones e ambientes específicos, florescer o ano inteiro. A cultura do cajueiro anão tem caráter sazonal e, embora possa apresentar frutificação com um ano, sua colheita é economicamente viável somente a partir do terceiro ano (MENEZES; ALVES, 1995).

O principal centro de origem do gênero *Anacardium* é a região amazônica, com um centro secundário nos cerrados (Planalto Central), sendo a maior diversidade de *Anacardium occidentale* L., única espécie cultivada e a de maior dispersão do gênero (JOHNSON, 1973; MITCHELL; MORI, 1987), é no nordeste brasileiro (BARROS, 1991), onde pode ser encontrada em diversos ecossistemas principalmente nas zonas costeiras, fazendo parte da vegetação de praias e dunas e nas formações de restinga (LIMA, 1986).

No Brasil, o cajueiro é encontrado em todo o território, entretanto, em termos de importância econômica a sua exploração concentra-se no Nordeste, principalmente nos Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (FIGUEIREDO, 2000).

O fruto verdadeiro é a castanha, um aquênio reniforme, de 3 a 5 centímetros de comprimento por 2,5 a 3,5 centímetros de largura apresentando coloração castanho-escuro lustrosa, coriáceo, liso, com mesocarpo espesso, alveolado, cheio de um líquido viscoso, ácido e corrosivo, denominado líquido da casca da castanha (LCC) (MEDINA, 1978). A amêndoa, parte comestível da castanha, é composta por dois cotilédones brancos, carnosos e oleosos (JOHNSON, 1973). No Brasil observa-se grande variabilidade para a massa do fruto

que chega a ultrapassar as 30 gramas, embora a média da produção seja de 8 gramas (LIMA, 1986).

O pseudofruto ou pedúnculo floral é hipertrofiado, carnosos, suculento e bastante variável em tamanho, massa, forma e coloração da película, sendo comumente denominado de caju, embora também seja dada esta denominação ao conjunto (castanha e pedúnculo). Após o pegamento dos cajuas as castanhas começam o desenvolvimento e atingem o tamanho final por volta de 4 semanas, seguido pelo crescimento do pedúnculo. O fruto completo sofre abscisão quando maduro, onde do pegamento dos cajuas até a completa maturação decorre um período médio de 52 dias (JOHNSON, 1973; BARROS *et al.*, 1993).

O tamanho do pedúnculo pode variar muito em relação à castanha, e o formato também. O pedúnculo muito jovem é verde ou púrpura, tornando-se verde mais tarde. Quando maduro, torna-se vermelho ou amarelo ou de outra cor intermediária (AUGUSTIN; UNNITHAN, 1981). O pedúnculo tem formato muito variado, podendo ser piriforme, cilíndrico, musóide, cardióide, pomóide, fusiforme, alongado, troncônico (TREVAS; FILHO, 1971), predominando as piriforme e arredondada de colorações vermelha e amarela e com matizes destas duas cores, com massa do pedúnculo variando de 15 a pouco mais de 500 gramas (LIMA, 1986; SOARES, 1986).

A grande variabilidade observada no Brasil foi agrupada em dois tipos de cajueiros bem definidos em relação ao porte, denominados de cajueiros tipos comum e anão precoce. O cajueiro tipo comum, o mais difundido, tanto naturalmente como por cultivo, caracteriza-se pelo porte mais alto, com altura variando de 8 m a 15 m e envergadura de copa que chega a 20 m. A copa apresenta grande variação de formato e distribuição de ramos, sendo possível encontrar desde a forma ereta e compacta até a forma espreada (BARROS, 1988).

A capacidade produtiva individual do cajueiro comum é muito variável, com dados de plantas que produzem apenas uns poucos frutos até aquelas com produções em torno de 100 kg de castanha por safra, não obstante existirem informações, não oficialmente registradas, de plantas em áreas de produtor com produção de 400 kg de castanhas por safra. O cajueiro tipo anão precoce, também conhecido por cajueiro de seis meses, caracteriza-se pelo porte baixo, com altura de planta em torno de 3 a 4 m, copa compacta e homogênea, e envergadura de copa média em torno de 5 a 6,5 metros. Inicia o florescimento entre 6 e 18 meses. A massa do fruto nas populações naturais varia de 3 a 10 g e do pedúnculo de 20 a 160 g, o que significa dizer que são características com menor variabilidade em relação ao tipo comum. A capacidade produtiva individual também é menor, até o momento com a máxima

produção registrada de 43 kg de castanhas (BARROS, 1988). A produtividade esperada por hectare, para o cajueiro anão precoce sob sequeiro, é cerca de 1.000 kg de castanha e 10.000 kg de pedúnculo, enquanto, sob irrigação, pode chegar a 3.800 kg de castanha e 30.000 kg de pedúnculo (OLIVEIRA, 2008).

É importante destacar que o produto principal explorado até o início dos anos 50, para a comercialização era a castanha, enquanto que o pedúnculo era subutilizado. Havendo a partir de então, a valorização da industrialização do pedúnculo do cajueiro, o qual oferece uma gama diversificada de produtos derivados, como sucos, doces, geléias, cristalizados, bebidas (cajuína, refrigerante gaseificado), glacê, dentre outros, graças ao trabalho de melhoramento genético, que vem lançando diversos clones desde 1983, destinados a exploração do pedúnculo para consumo *in natura* e para a indústria de transformação (MOURA, 2004).

## **2.2 Importância socioeconômica da cajucultura**

A modernização da agricultura, o crescimento econômico, a intensa urbanização e a diversificação da pauta das importações brasileiras têm provocado mudanças e novos hábitos de consumo de alimentos, em convivência com costumes regionais e culturalmente adaptados aos consumidores no Brasil. Atualmente, a cesta básica mais disseminada de 32 frutas em todo o país possui laranja, banana e maçã, sendo esta última incorporada recentemente ao hábito alimentar da população de baixa renda. O território extenso do Brasil, com sua elevada diversificação de clima e tipos de solos é propício a uma produção extremamente variada na agricultura, inclui-se nessa diversidade, o caju (MOURA, 2004).

Os principais países produtores e exportadores da amêndoa da castanha de caju são Vietnã, Índia e Brasil (FAO, 2009). No Brasil, a cajucultura possui uma área plantada de 762.660 hectares, com área colhida de 752.021 hectares, proporcionando uma produção de aproximadamente 102.002 mil toneladas de castanha por ano, com um rendimento médio de 136 quilogramas por hectare (IBGE, 2010). Distribuída em várias regiões do país, concentra-se na região Nordeste, que responde por 94% da produção nacional, onde os maiores plantios se localizam principalmente nas faixas litorâneas e de transição do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. A matéria-prima castanha alimenta um parque industrial responsável pela obtenção da amêndoa de castanha de caju - ACC, destinada em sua maioria à exportação, sendo os principais destinos Estados Unidos e Holanda, onde o Brasil exportou em 2010, US\$

229.571.504, com o estado do Ceará correspondendo a 79,28% do total das exportações do país (MDIC, 2010).

Para o semiárido nordestino a importância é ainda maior, porque os empregos do campo são gerados na entressafra das culturas tradicionais como milho, feijão e algodão, reduzindo, assim, o êxodo rural. A ocupação de mão-de-obra varia durante o ano em função das práticas culturais, ocorrendo um pico por ocasião da colheita. São registradas também oportunidades de utilização da mão-de-obra em países que industrializam a castanha de caju, como são os casos do Brasil e da Índia, o que amplia o número de postos de trabalho. No caso do Brasil, são gerados empregos também no processamento do pedúnculo, com uma elevada variedade de produtos como: bebidas (sucos, cajuína, néctares, polpas, aguardente etc.), doces e ração (LEITE; PESSOA, 2002; OLIVEIRA, 2002).

Outro mercado que vem apresentando crescimento significativo a cada safra é o do pedúnculo para consumo *in natura*. Vale ressaltar que o Brasil é o maior produtor mundial de pedúnculo, produzindo 2 milhões de toneladas por ano. Isto tem ocorrido devido aos novos plantios feitos com cajueiro anão precoce que, por apresentarem porte baixo, permitem a colheita manual com maior aproveitamento e redução de perdas (FILGUEIRAS; ALVES, 2002; FAO, 2010). Até muito recentemente, os pedúnculos eram vendidos exclusivamente em feiras locais, porém hoje alcançam supermercados em outras partes do país, localizadas a mais de 4.000 km do local de produção, podendo ser mantidos em boas condições por até 18 dias a 3 °C como no caso do clone CCP 76 (MOURA *et al.*, 2010).

Por sua vez o mercado de polpas, cajuína, refrigerantes gaseificados, aguardentes e outros menos expressivos vêm crescendo, significando a ampliação da ocupação de mão-de-obra e renda para muitos agentes produtivos, seja em fábricas de maior porte ou em unidades artesanais (LEITE; PESSOA, 2002).

### **2.3 Melhoramento Genético do Cajueiro**

Também conhecido por cajueiro de seis meses, o tipo anão precoce apresenta características botânicas, fisiológicas e agrônômicas que o diferenciam do cajueiro do tipo comum. Originário provavelmente da região Amazônica, aparentemente espontâneo nos cerrados de Roraima, caracteriza-se pelo porte baixo, altura menor que 4 metros, copa homogênea com variação no tamanho de 5 a 6,5 metros, diâmetro do caule e envergadura bem inferiores ao do tipo comum, inicia o florescimento dos 6 aos 18 meses (BARROS, 1988).

O porte baixo possibilita o aumento da densidade de plantio com conseqüente acréscimo na produtividade, além de facilitar os tratos culturais e a colheita, favorecendo o maior aproveitamento do pedúnculo. Dadas as características de reprodução do cajueiro e a elevada segregação genética resultante do plantio de sementes, reduzindo o potencial de produção dos pomares, tem sido recomendado o plantio de clones selecionados de cajueiro anão precoce. Esta tecnologia é preferida em razão das vantagens do emprego de mudas propagadas vegetativamente em relação às mudas de sementes, principalmente na manutenção da identidade genética das plantas, cujos reflexos ocorrem na uniformidade do pomar e maior produtividade (BARROS *et al.*, 1984; BARROS *et al.*, 1993).

Com a descoberta do cajueiro como opção econômica, iniciaram-se as atividades de pesquisa, obedecendo a diferentes estratégias, de acordo com a época e da orientação seguida pelas instituições de pesquisa no país. É possível organizar cronologicamente as atividades de melhoramento genético no cajueiro, no Brasil, em cinco fases distintas (PAIVA *et al.*, 1997).

A primeira remonta à época da descoberta, pelos nativos, de plantas com pedúnculos adequados à sua alimentação na forma de consumo *in natura* ou na elaboração de bebidas. A segunda fase foi marcada pela extração do líquido da casca da castanha (LCC), assim como da introdução de plantas oriundas de outras populações. A terceira fase caracterizou-se por plantios comerciais de cajueiro comum, graças ao incentivo do governo, seguido pela identificação de plantas que se destacavam com relação à produção. A quarta fase foi caracterizada pela obtenção e lançamento de clones, tanto gigante como anão precoce nos anos de 1983 e 1987 (CCP 06, CCP 09, CCP 76 e CCP 1001). A quinta e última fase está focalizando o cajueiro irrigado, assim como na exploração do pedúnculo para consumo *in natura* (BARROS *et al.*, 1988).

Os trabalhos de melhoramento com cajueiro foram iniciados no Ceará em 1965, a partir da seleção e controle de produção de cajueiros comum e anão precoce, e da determinação das características físicas e químicas de castanha e pedúnculo dos tipos mais promissores. A partir de 1975, o programa de melhoramento com cajueiro foi intensificado, resultando em 1982 na instalação do campo de multiplicação da matriz CCP 76 e o jardim clonal de cajueiros anão precoce. Em 1983, a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE), lançou os clones dos cajueiros de Pacajus CCP 06 e CCP 76. Em 1987, houve ampliação das áreas de multiplicação dos clones CCP 76 e CCP 06, formando campos de jardim clonal, sendo lançados os clones CCP 09 e CCP 1001, que apresentavam produtividade média superior em até 3,5 vezes a do cajueiro comum, além das vantagens de

uniformização da massa da castanha/amêndoa e pedúnculo e do porte reduzido da planta. Além desses foram lançados também os clones CL 49, COPAN BL 221, 246, 265, 295, Embrapa 50 e 51 e EPACE 2001 (FIGUEIREDO, 2000), BRS 189 e 226 (PAIVA; BARROS, 2004) e BRS Bahia 12 que foi lançado pela Embrapa Agroindústria Tropical em parceria com a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola S. A. (EBDA) em dezembro de 2004 (TODA FRUTA, 2010). O clone BRS 265 (Pacajus), em 2005, foi recomendado para o plantio comercial de sequeiro no estado do Ceará e regiões similares (EMBRAPA, 2005). O clone BRS 226 foi lançado em 2002 para o plantio comercial, em cultivo de sequeiro. Em 2007, a Embrapa Agroindústria Tropical, em parceria com a Companhia de Óleos do Nordeste (Cione), lançou o primeiro clone de cajueiro comum para cultivo em regime de sequeiro, resultante de 14 anos de pesquisas do programa de melhoramento genético onde pelas suas características, é recomendado para a exploração da castanha. Já o clone BRS 275 também lançado no ano de 2007, é um clone híbrido obtido entre o cajueiro anão precoce CCP 1001 e o cajueiro comum CP 12, com indicação para exploração da castanha (CAVALCANTI; BARROS, 2009).

Nesse enfoque, a seleção deve enfatizar plantas com características de porte baixo que facilite a colheita manual, com a obtenção de pedúnculos com características de coloração, sabor, firmeza, maior vida útil pós-colheita e teor de fenólicos adequados às preferências do produtor, de acordo com a finalidade a qual se destina, seja esta industrialização ou consumo *in natura*. Na fase de avaliação dos clones, recomenda-se testá-los, tanto em condições de irrigação como de sequeiro, em diferentes ecossistemas (BARROS *et al.*, 1999; PAIVA *et al.*, 2000).

Uma condição desejável para o produtor é o cultivo de clones que tenham produção mensal melhor distribuída ao longo do ano, isto é desejável devido à possibilidade de se obterem preço mais elevado no período de entressafra do produto. Do ponto de vista do melhoramento genético, é possível obter e selecionar clones que, quando cultivados em condição irrigada, apresentem uma produção de pedúnculo com distribuição mais uniforme, haja vista a existência de variabilidade para esse caráter (BARROS *et al.*, 1988).

Com a introdução do cajueiro anão precoce, o sistema de produção baseado no emprego de clones melhorados, cultivo adensado, aplicação de fertilizantes e controle fitossanitário tem evoluído significativamente. Vários pomares vêm utilizando, inclusive, a irrigação, conjuntamente, esses fatores podem promover aumento da produtividade, menor risco de perda de produção, ampliação do período de colheita e melhoria da qualidade da castanha e do pedúnculo (OLIVEIRA, 2008).

O aproveitamento do pedúnculo para o consumo *in natura*, seguindo os princípios da fruticultura moderna para maior aproveitamento dos produtos obtidos, eleva a exploração do pedúnculo para comercialização a condição de produto principal e da castanha a de produto secundário, devido sua boa aceitação pelos consumidores (MOURA, 2004).

### **2.3.1 Clone CCP 76**

Este clone foi obtido no ano de 1979, a partir da planta matriz de cajueiro CP 76, proveniente do mesmo lote da CP 06, também avaliada por 15 anos. A maior produção registrada pela planta matriz foi de 22 kg. Esse clone foi lançado para o plantio comercial no ano de 1983. Seus indicadores agroindustriais são peso da castanha de 8,60 g, amêndoa despeliculada com média de 1,80 g com umidade natural, a relação amêndoa/casca alcança 20,1% e a porcentagem de amêndoas quebradas no corte é de 4,1%. A produtividade média esperada no sexto ano de produção é em torno de 338,9 kg/ha, em espaçamento de 7 x 7 m. Para o pedúnculo, os indicadores agroindustriais são peso médio de 135 g e coloração laranja. A exploração comercial desse clone vem sendo feita tanto em cultivo de sequeiro como irrigado, com aproveitamento do pedúnculo, para o mercado de mesa, e da castanha, para o mercado de amêndoa (CAVALCANTI; BARROS, 2009).

### **2.3.2. Clone CCP 09**

Teve sua origem na clonagem da planta matriz de cajueiro CP 09, proveniente do mesmo lote da CP 06, cuja maior produção foi de 25 kg de castanha. Esse clone foi lançado para o plantio comercial no ano de 1987. Apresenta, como características, plantas de porte baixo, altura média de 2,15 m e diâmetro médio da copa de 4,65 m no sexto ano de idade. Essas características são peculiares ao tipo de cajueiro anão precoce. Seus indicadores agroindustriais são peso da castanha de 7,7 g, amêndoa despeliculada com média de 2,1 g com umidade natural, a relação amêndoa/casca é em torno de 27,7% e a porcentagem de amêndoas quebradas no corte é de 9,7%. A produtividade média esperada no sexto ano de produção é estimada em 412,4 kg/ha, em espaçamento de 7 x 7 m. Para o pedúnculo os indicadores agroindustriais são peso médio de 87 g e coloração laranja. A exploração comercial desse clone vem sendo feita tanto em cultivo de sequeiro como irrigado, com aproveitamento do pedúnculo para o mercado de mesa, e da castanha para o mercado de amêndoa (CAVALCANTI; BARROS, 2009).



### **2.3.3. Clone BRS 189**

Esse clone originou-se da seleção fenotípica individual dentro de progênes obtidas do cruzamento entre os clones de cajueiro anão precoce CCP 1001 e CCP 76, seguida de avaliação clonal dos clones selecionados, no Campo Experimental de Pacajus-Ce. Foi lançado para o plantio comercial, em cultivo irrigado, no estado do Ceará, no ano de 2000. Apresenta, como características, plantas de porte baixo, altura média de 3,16 m no terceiro ano de idade das plantas em cultivo irrigado, diâmetro médio da copa de 5,9 m, no espaçamento de 8 x 6 m, em sistema retangular, com 208 plantas/ha, ou 7 x 7 m, em sistema quadrado, com 204 plantas/ha. O peso da castanha é 7,9 g, enquanto que o peso da amêndoa é 2,1 g e a relação amêndoa/casca é cerca de 26,6% (CAVALCANTI; BARROS, 2009).

Para o pedúnculo, os indicadores agroindustriais desse clone são peso médio de 155,4 gramas, produção anual de 12.738 kg/ha, no terceiro ano de idade das plantas sob cultivo irrigado, coloração vermelho-clara, formato piriforme, sólidos solúveis de 13,3 °Brix, acidez titulável de 0,40%, conteúdo de vitamina C de 251,86 mg 100 g<sup>-1</sup> de polpa e teor de tanino oligomérico de 0,30%. No geral, os teores de tanino observados estão abaixo do verificado na literatura. Pelas suas características, o clone é mais recomendado para o mercado de mesa (CAVALCANTI; BARROS, 2009).

### **2.3.4. Clone BRS 265**

O Clone BRS 265 resultou da seleção fenotípica individual dentro de progênes policruzadas de cajueiro anão precoce. Tem porte baixo, com altura média de 2,55 m no quinto ano de idade das plantas, em cultivo de sequeiro. O clone BRS 265, por suas características, é recomendado para a exploração da castanha em cultivo de sequeiro, embora as análises dos indicadores agroindustriais do pedúnculo indiquem que também pode ser feito o aproveitamento do mesmo para o mercado de mesa (CAVALCANTI; BARROS, 2009).

## **2.4 Desenvolvimento e maturação dos pedúnculos**

O amadurecimento envolve uma série de complexos eventos bioquímicos, tais como: alterações na textura; conversão de amido e ácidos em açúcares; desestruturação ou conversão dos cloroplastos em cromoplastos e consequente degradação da clorofila;

aparecimento de carotenóides e antocianinas; polimerização de fenólicos e produção de alcoóis, ésteres e outros (SPEIRS; BRADY, 1991).

Fatores ambientais como luz, temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes no solo, entre outros, têm uma acentuada influência no desenvolvimento das plantas e de seus órgãos, repercutindo no período pós-colheita. A mudança de coloração dos pedúnculos tem sido associada com o amadurecimento e, juntamente com a firmeza, têm constituído os principais atributos para a determinação do estágio de maturação (KAYS, 1991). A caracterização bem definida dos diferentes estádios de vida do fruto revela-se como de fundamental importância para a compreensão das modificações pós-colheita.

A pré-maturação, corresponde ao estágio de desenvolvimento que antecede a maturação, e geralmente inclui a metade do período entre a floração e a colheita. A maturação pode ser definida como a sequência de mudanças bioquímicas, fisiológicas e estruturais dos frutos, conduzindo a um estado que os torna comestíveis. O amadurecimento é um evento interessante nesse ciclo vital dos frutos, por transformá-los em produtos atrativos e aptos para o consumo humano. A senescência, portanto, corresponde aos processos que ocorrem após a maturidade fisiológica ou horticultural e que, por serem predominantemente degradativos, resultam na morte dos tecidos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Segundo Filgueiras *et al.* (1999), o completo desenvolvimento do caju (pedúnculo + castanha) na planta ocorre em média aos 50 dias após a antese, mas pode variar de 44 a 72 dias. Os primeiros estudos fisiológicos sobre o caju (BIALE; BARCUS, 1967) mostraram que este tem uma alta taxa metabólica, evidenciada pela alta taxa de respiração ( $74$  a  $76$  mL O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ou  $62$  a  $72$  mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) à temperatura de 20°C. Entretanto, segundo Biale e Young (1987), o comportamento respiratório é não-climatérico e a produção de etileno é muito baixa ( $200$  a  $400$  nL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) à 20 °C.

Os frutos não climatéricos produzem pequenas quantidades de etileno e não respondem ao tratamento com esse gás, exceto em termos de desverdecimento (degradação da clorofila). Esses seriam colhidos quando completamente maduros para assegurar uma boa qualidade no seu *flavor*, com esses frutos a descontinuidade do tratamento com etileno a qualquer hora durante o armazenamento resultaria no retorno da taxa de trocas gasosas ao nível dos frutos não tratados. É o que ocorre, por exemplo, com o limão e a laranja (BIALE; YOUNG, 1981; KADER, 1999).

Os frutos não climatéricos como é o caso pedúnculo do cajueiro apresentam atividade respiratória relativamente baixa e constante, com ligeiro declínio após a colheita,

não sendo capazes de completar o processo de amadurecimento quando colhidos maduros, portanto devem permanecer na planta mãe até o final da maturação.

O pedúnculo de cajueiro, a exemplo de outros frutos tropicais, passa por uma série de alterações durante os processos de crescimento e maturação, onde destacam-se: a degradação de clorofila, decréscimo na acidez e aumento no conteúdo de sólidos solúveis, açúcares redutores e vitamina C, ao longo dessas etapas (ALVES, 1999).

Alguns poucos trabalhos envolvendo a caracterização dos estádios de maturação são bastante relevantes: Alves *et al.* (1999) trabalharam com clone de cajueiro anão precoce CCP 76, dividindo os estádios de desenvolvimento e maturação em sete, considerando não apenas a coloração da castanha, mas, principalmente, a coloração externa do pedúnculo e ainda o estudo desenvolvido por Figueiredo (2000) com o mesmo clone nos mesmos estádios de maturação. Sendo assim, esse estudo vem contribuir para compreender as mudanças pós-colheita nos clones analisados.

## **2.5 Aspectos Gerais da Qualidade do Pedúnculo do Cajueiro**

A produção de frutos de qualidade visando atender o crescente consumo de produtos frescos para mercados cada vez mais exigentes tem sido o grande desafio para a fruticultura brasileira (BISCEGLI *et al.*, 2003).

Os aspectos de qualidade são, naturalmente, os mais importantes para determinar a aceitabilidade comercial das frutas (DUCH, 2001). De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a qualidade não é um atributo único bem definido e sim, um conjunto de muitas propriedades ou características peculiares de cada produto. Englobam propriedades sensoriais (aparência, firmeza, aroma e sabor), valor nutritivo e multifuncional decorrente dos componentes químicos, propriedades mecânicas, bem como a ausência ou a presença de defeitos do produto. Contudo, tais atributos são fortemente influenciados pela variedade, clima, estágio de maturação, solo, técnicas de cultivo e outros. O conhecimento destes atributos assume uma grande importância, uma vez que podem ser utilizadas técnicas para a sua preservação e seleção de variedades (LEITE, 2009).

A qualidade “ótima” de um produto hortícola pode ser considerada como aquela atingida num determinado grau de desenvolvimento e amadurecimento, em que a combinação de atributos físicos e componentes químicos tem o máximo de aceitação pelo consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O pedúnculo do cajueiro tem constituição delicada, extremamente perecível. A rápida deterioração do pedúnculo é um problema que exige maior atenção da pesquisa, no sentido de sugerir alternativas de aproveitamento, a fim de evitar as excessivas perdas no campo e na indústria (PINTO, 1999).

Para o pedúnculo destinado ao consumo *in natura*, a qualidade relaciona-se, principalmente, aos seguintes aspectos: teor de açúcar na polpa, adstringência, coloração externa, formato e firmeza, sendo este último bastante importante para a determinação de um maior período de conservação do produto. Já para a industrialização, a qualidade do pedúnculo relaciona-se, principalmente, aos aspectos sensoriais (cor, “flavor”), à firmeza e ao valor nutricional.

De acordo com Moura Fé *et al.* (1972), a importância de estudar a caracterização química, física e físico-química do pedúnculo do cajueiro proveniente de diferentes clones, decorre da grande participação deste produto, no processo de desenvolvimento da agricultura de frutos tropicais no Nordeste brasileiro e do crescente mercado não só para o consumo *in natura*, como também para a indústria de transformação, obtendo diversos produtos derivados de elevada importância econômica, nutricional e até funcional.

## **2.6 Características Físicas**

As determinações das características físicas de frutos como massa, forma, rendimento, coloração entre outras, não só auxiliam no estabelecimento do grau de maturação e do ponto ideal de colheita, como refletem nos padrões de qualidade de aceitação do produto pelo consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

### **2.6.1. Massa**

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a massa correlaciona-se com o tamanho do produto e constitui uma característica varietal. Ao atingirem o pleno desenvolvimento, as frutas devem apresentar massa variável dentro dos limites típicos da cultivar, os quais são bastante flexíveis. Os produtos com massa padronizada são mais fáceis de serem manuseados em grandes quantidades, pois apresentam perdas menores, produção mais rápida e melhor qualidade.

A massa de um fruto está relacionada linearmente com o seu grau de desenvolvimento e/ou amadurecimento, exceto quando se encontra em estágio avançado de

maturação, quando apresenta tendência a perder matéria fresca em decorrência do maior teor de umidade e de maior permeabilidade da casca (KAYS, 1997).

Em populações naturais conhecidas de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), segundo Barros (1988), a massa dos pedúnculos de cajueiro varia de 20 a 160 g, enquanto que as de castanhas de 3 a 10 g, denotando grande variabilidade genética para a característica massa. Paiva *et al.* (1998) citam que os consumidores preferem os pedúnculos com massa variando de 100 a 140 g. De acordo com Filgueiras *et al.* (1999), a classificação é feita com base no número de caju por bandeja, que usualmente varia de 4 a 8, com 500 a 600 g, sendo os tipos 4 e 5 os mais preferidos pelos consumidores.

Moura *et al.* (2001) estudando a caracterização física de pedúnculos de cajueiro para comercialização *in natura* e obtiveram massas médias para os caju, em estudo com nove clones, de 88,45 a 155,40 g. Já Gomes *et al.* (2006) realizando a caracterização pós-colheita de clones de cajueiro anão precoce no oeste da Bahia encontraram os maiores valores para os clones CCP 76, BRS 189 e Embrapa 51, de 155,23; 143,12 e 134,69 g, respectivamente. Em estudo realizado com diferentes clones avaliando a qualidade do cajueiro anão precoce, a massa do pedúnculo variou de 80,27 a 145,68 g (MOURA, 1998).

Para a castanha, Pinto *et al.* (1997) encontraram valores entre 7,66 e 11,34 g. Moura (1998) obteve uma amplitude de 7,90 a 10,46 g. Gomes *et al.* (2006) encontraram valores de massa de castanha bem superior, variando de 10,52 a 13,40 g, sendo as amêndoas destas últimas consideradas todas do tipo SLW (Special Large Whole), que são obtidas a partir de castanhas com massa superior a 10 g.

### **2.6.2. Tamanho**

O tamanho é uma característica avaliada pelo diâmetro, comprimento, largura, pela massa, ou pelo volume (gravidade específica). A forma é avaliada pela relação entre os diâmetros ou por outras características peculiares da espécie ou cultivar. Sendo estes dois atributos, tamanho e forma, importantes parâmetros que, quando variam entre os mesmos produtos, irão afetar a escolha pelo consumidor, as práticas de manuseio, o potencial de armazenamento, a seleção de mercado e o destino final que é o consumo *in natura* ou a industrialização. O diâmetro longitudinal (ou comprimento) e o transversal representam, em conjunto, o tamanho e a sua relação dá idéia da forma do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para o pedúnculo do cajueiro o tamanho se relaciona a três medidas: diâmetro basal (próximo à castanha), diâmetro apical e comprimento. Para o diâmetro apical, Moura (1998) obteve valor médio de 44,87 mm. Gomes *et al.* (2006) obtiveram os maiores valores para os clones BRS 189, CCP 76 e CCP 09, 47,7; 46,6 e 42,8 mm, respectivamente. Abreu (2007), trabalhando com dez clones em estádio de maturação comercial, encontrou média geral para o diâmetro apical de 44,09 mm para os clones analisados. Gomes *et al.* (2006), trabalhando com sete clones de cajueiro anão precoce no oeste da Bahia, encontraram a maior média de diâmetro basal para o clone CCP 76 no valor de 58,10 mm. Para o comprimento, Moura (1998) obteve como média geral 70,47 mm, onde o clone que apresentou maior valor foi o BRS 189, com comprimento de 84,04 mm. De acordo com a literatura a faixa de comprimento para o pedúnculo do cajueiro está entre 30 e 200 mm (PAIVA *et al.*, 1998).

### **2.6.3. Firmeza dos pedúnculos**

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a firmeza representa uma das mais importantes características físicas, uma vez que frutos mais firmes sugerem uma vida útil pós-colheita mais prolongada. Essa característica está associada não só à composição e estrutura das paredes celulares, como também, à manutenção de sua integridade. Frutas e hortaliças destinadas ao processamento devem ser firmes o suficiente para suportar os tratamentos térmicos. Conforme estes autores, a firmeza é definida como o conjunto de propriedades do alimento, composto por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo do alimento, sob a aplicação de uma força.

A diminuição na firmeza do fruto é um comportamento geral que acompanha o amadurecimento tanto de frutos climatéricos como não-climatéricos (BIALE; YOUNG, 1981). Durante esse amadurecimento, a perda na firmeza resulta da deterioração dos constituintes da parede celular primária, sendo a lamela média a constituinte mais afetada, que é uma espécie de cimento localizado entre as paredes celulares primárias das células adjacentes, particularmente rica em substâncias pécticas (ESKIN, 1971).

O amolecimento acontece devido às mudanças nos constituintes da parede celular, entre os quais as substâncias pécticas têm um papel fundamental (BIALE; YOUNG, 1981). Esse amolecimento durante o armazenamento é de interesse econômico, como um processo que influencia os danos físicos durante o manuseio, suscetibilidade a doenças, período do armazenamento e aceitabilidade do consumidor (SIDIQQUI *et al.*, 1996).

Em estudos realizados por Moura (1998) e Pinto (1999) com diferentes clones, foram obtidos os valores de 4,94 a 7,42 N e 7,78 a 11,88 N, respectivamente, sendo o primeiro estudo realizado em clones sob irrigação e o segundo em clones em regime de sequeiro, explicando, assim, a diferença entre os valores obtidos. Figueiredo (2000) encontrou para o clone CCP 76, valor de firmeza de 17 N, após aplicação de cloreto de cálcio, sendo observado pelo mesmo autor um aumento de 4,38% na firmeza, em relação ao início do armazenamento. Já Moura (2004) obteve valor de 4,18 N para a firmeza desse mesmo clone.

Moura *et al.* (2001) avaliando essa característica em pedúnculos de nove clones de cajueiro anão precoce observaram que apenas o CCP 09 (7,42 N) e BRS 189 (7,25 N) apresentaram pedúnculos mais firmes que o CCP 76 (5,83 N), sendo que os demais são praticamente equivalentes. Pinto *et al.* (1997) encontraram para os clones CAP 11, CAP 15 e CAP 22 uma firmeza significativamente maior do que o CCP 76, sugerindo que eles podem ter uma vida útil pós-colheita superior quando comparado com os outros clones.

## **2.7 Características físico-químicas**

Com o amadurecimento do fruto, ocorre um aprimoramento das suas características sensoriais, sendo desenvolvidos sabores e odores específicos, em conjunto com o aumento da doçura, redução da acidez e da adstringência. Deste modo, o fruto torna-se mais macio, colorido e aceitável para o consumo. Entre as características físico-químicas e químicas utilizadas na avaliação da qualidade dos frutos, consideram-se as mais comuns: teor de sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), relação SS/AT, açúcares redutores, açúcares totais, substâncias pécnicas, compostos voláteis, vitamina C, pigmentos e compostos fenólicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

### **2.7.1. Sólidos Solúveis (SS)**

O teor de sólidos solúveis é utilizado como uma medida indireta do conteúdo de açúcares, pois seu valor aumenta à medida que estes vão se acumulando no fruto. No entanto, a sua determinação não representa o teor exato de açúcares, pois outras substâncias também se encontram dissolvidas no conteúdo celular (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos), apesar de os açúcares serem os mais representativos e poderem constituir até 85-90% destes (ALVES, 2002; CHITARRA, 2001).

Os sólidos solúveis (SS), expressos em °Brix representam os compostos que são solúveis em água. Os SS aumentam nos frutos com o amadurecimento, os quais são constituídos principalmente pelos açúcares solúveis (COCCOZA, 2003; LUCENA, 2006). Maia *et al.* (2004) obtiveram valores de SS para os clones CCP 76, CCP 1001 e CCP 06 de, respectivamente, 10,76; 10,04 e 9,74 °Brix. Moura (2004) determinou para o clone CCP 76 o valor de 12,22 °Brix. Figueiredo (2000) obteve 12,74 °Brix para o clone CCP 76.

### 2.7.2. pH e Acidez Titulável (AT)

Segundo Figueiredo (2000), a acidez total e o potencial hidrogeniônico são os principais métodos usados para medir a acidez de frutos e hortaliças. Enquanto a acidez determina o percentual de ácidos orgânicos, o pH mede a concentração hidrogeniônica da solução. O pH mede a quantidade de íons hidrogênio no suco, representando o inverso da concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ) em um dado material e sua determinação é realizada com auxílio de papel indicador ou de potenciômetro (peagâmetro). Já a acidez, em vegetais, é atribuída, principalmente, aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como combinada com sais de ésteres, glicosídeos. Os mais abundantes em frutas são o cítrico e o málico, havendo ocorrência de outros, de acordo com a espécie. O conteúdo de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento na maioria dos frutos tropicais devido à sua utilização no ciclo de Krebs ou sua transformação em açúcares durante o processo respiratório. Uma vez que a concentração de ácidos orgânicos totais tende a declinar, o pH sofreria, por consequência, uma elevação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Com o amadurecimento, a acidez diminui até atingir um conteúdo tal que, juntamente com o açúcar, dá a fruta o seu sabor característico, que varia com a espécie, segundo Figueiredo (2000).

A acidez titulável em pedúnculos de cajueiro, de acordo com Maia *et al.* (1971), varia entre um máximo de 0,40% no início do desenvolvimento, para um mínimo de 0,27% em ácido málico, para pedúnculos completamente maduros. Esta diminuição também foi observada por Alves *et al.* (1999), em estudo realizado com o clone CCP 76, cujos teores variaram de 0,40 a 0,21% de ácido málico para pedúnculos verdes e maduros, respectivamente.

Para o pH praticamente não há variação no suco de caju, mesmo durante a maturação esse valor pouco é modificado, conforme Figueiredo (2000). Maia *et al.* (1971) encontraram valor de 4,37 para pedúnculos em início de desenvolvimento e 4,13 para os



completamente maduros. Moura (1998) trabalhando com nove clones de cajueiro anão precoce encontrou uma faixa de pH que variou de 4,10 a 4,64, sendo esta variação a normalmente encontrada para esta espécie. Alves *et al.* (1999) trabalhando com o clone CCP 76, em sete estádios de desenvolvimento, não encontraram mudanças significativas no pH durante a maturação.

### 2.7.3. Relação SS/AT

A relação SS/AT indica o grau de doçura de um fruto ou de seu produto, evidenciando qual o sabor predominante, o doce ou o ácido, ou ainda se há equilíbrio entre eles. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), essa relação é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, sendo mais representativo que a medição isolada de açúcares ou da acidez. Essa relação dá uma boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes. Quanto maior for esta razão, mais doces serão as frutas, sendo um importante atributo de qualidade, além de constituir uma forma usual para avaliar o sabor e selecionar a matéria-prima para o processamento (MUSSER *et al.*, 2004).

No caso do pedúnculo do cajueiro, segundo Alves *et al.* (1999), o máximo de qualidade comestível ocorre quando o pedúnculo está completamente maduro, coincidindo com a alta relação SS/AT, ocasião em que é colhido.

Diversos pesquisadores observaram aumento gradual da proporção SS/AT no decorrer do processo de desenvolvimento e maturação do pedúnculo do cajueiro (MAIA *et al.*, 1971; ALVES *et al.*, 1999). Essa relação é um dos índices mais usados para avaliar o grau de doçura, posto que além de indicar o sabor dos mesmos, através do balanço açúcares/ácidos, pode estabelecer níveis de SS e AT para que se determine o ponto ótimo de colheita.

Moura (1998) determinou para os clones CCP 76, CCP 09, Embrapa 51 e BRS 189 os valores de 46,28; 29,93; 32,13 e 33,33 para a relação SS/AT. Pinto (1999), trabalhando com onze clones, obteve valores médios de 33,02 e 54,10, para os mesmos pedúnculos dos clones colhidos nos anos de 1996 e 1997, respectivamente. Moura (2004) obteve o maior grau de doçura para o clone BRS 189, que apresentou valor de 38,75.

## 2.8 Compostos com propriedades funcionais

Em todo o mundo têm-se destacado o consumo de frutas tropicais. A diversidade de frutas no mercado é cada vez maior e, a cada dia, se introduz uma nova fruta tropical, cujas propriedades e características ainda não foram totalmente estudadas (KUSKOSKI *et al.*, 2005). Os hábitos alimentares modernos, através do consumo excessivo de alimentos industrializados, refrigerantes, frituras, doces, etc., contribuem para a instalação de enfermidades crônico-degenerativas não transmissíveis, como doenças cardiovasculares, perda de memória, doença de Alzheimer, mal de Parkinson, câncer, diabetes mellitus, envelhecimento precoce, arteriosclerose e uma série de outras. Entre as possíveis causas das enfermidades crônico-degenerativas está a formação de radicais livres decorrentes de maus hábitos alimentares (MONTE, 2006). A incidência de morte devido a essas doenças pode ser minimizada através de bons hábitos alimentares (MORAES; COLLA, 2006).

Algumas espécies de frutos tropicais apresentam grande perspectiva quanto à prospecção de compostos com propriedades funcionais e alta atividade antioxidante (ALVES *et al.*, 1999; RUFINO, 2006).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 1999) a alegação de propriedade funcional é aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, no desenvolvimento, na manutenção e em outras funções normais do organismo humano.

Lajolo (2006) relata que alimentos funcionais, ou alimentos com alegações de funcionais ou de saúde, podem ser descritos como alimento semelhante em aparência ao alimento convencional, consumidos como parte da dieta usual, capazes de produzir efeitos metabólicos ou fisiológicos úteis na manutenção de uma boa saúde física e mental, além de suas funções nutricionais básicas.

Várias classes de substâncias, naturalmente presentes nos alimentos, apresentam propriedades funcionais fisiológicas tais como: pigmentos, carotenóides, vitaminas, compostos fenólicos, minerais (MORAES; COLLA, 2006). Essas são fisiologicamente ativas, quer pela ação antioxidante, com capacidade para capturar radicais livres e sequestrantes de carcinógenos e de seus metabólitos, ou por exercerem ação protetora contra a evolução de processos degenerativos que conduzem às doenças e ao envelhecimento precoce (FREI, 1995).

Conforme Halliwell (1996), nas frutas, os principais tipos de compostos com propriedades antioxidantes estão relacionados a três grandes grupos: vitaminas, com destaque para a vitamina C, compostos fenólicos e carotenóides.

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas nos diferentes segmentos visando à descoberta de novas fontes nutricionais. A importância funcional desses compostos na saúde humana tem levado inúmeros pesquisadores a realizarem estudos buscando determinar as concentrações destes compostos nos alimentos mais consumidos e em especial nas frutas. Estudos epidemiológicos têm demonstrado o efeito protetor de dietas ricas em frutas e vegetais contra doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer, devido, em parte, aos antioxidantes contidos nestes alimentos (MELO *et al.*, 2006). Estas respostas se devem a alguns compostos presentes nesses alimentos, como fenólicos, vitamina C e carotenóides.

### **2.8.1. Vitamina C**

É considerada como uma substância de grande importância para a nutrição humana e está amplamente distribuída no reino vegetal, sendo que algumas frutas são consideradas fontes excepcionais, destacando-se a acerola, goiaba e o pedúnculo de cajueiro (SILVA, 2007).

A vitamina C é uma substância cristalina, com sabor ácido. É insolúvel na maior parte dos solventes orgânicos e solúveis em água. O calor, as exposições ao ar e ao meio alcalino aceleram a oxidação desta vitamina, especialmente quando o alimento está em contato com o cobre, o ferro ou enzimas oxidativas (SOUZA, 2007) (Figura 1 e 2).

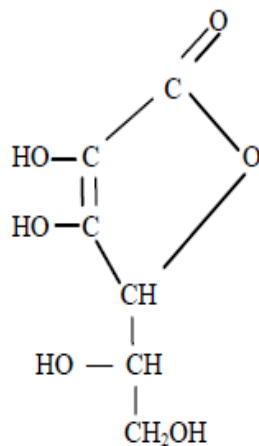
A vitamina C não é sintetizada pelo organismo humano, sendo indispensável a sua ingestão mediante a dieta (AGUIAR, 2001). É um antioxidante, com papel vital na proteção do dano oxidativo. Neutraliza reações potencialmente prejudiciais nas partes aquosas do corpo, tais como o sangue, mas não é capaz de agir nos compartimentos lipofílicos para inibir a peroxidação lipídica, então pode atuar como antioxidante sinergista com a vitamina E, que é lipossolúvel. Em função de sua estrutura molecular pode atuar como doador de hidrogênio, sequestrador de hidrogênio singleto e quelante de metais. Como comportamento paradoxal, pode atuar como pró-oxidante reduzindo metais catalíticos como  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Cu}^+$ , respectivamente, gerando radicais livres  $\text{H}_2\text{O}_2$  e  $\text{OH}^\cdot$ . Porém esses metais estão presentes em quantidades muito limitadas (ODIN, 1997; MANCINI; MANCINI-FILHO, 2005; VANNUCCHI; JORDÃO JUNIOR, 2005). A vitamina C age ainda estimulando o sistema

imunológico podendo, por esse mecanismo, atuar beneficemente tanto na prevenção do câncer como dos processos viróticos, como gripes e resfriados (PRASAD, 1980).

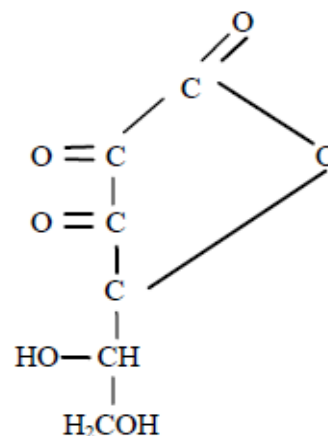
O pedúnculo de cajueiro destaca-se em teores de vitamina C, pois em análises realizadas, comprovou-se que um mesmo volume de suco de caju contém de 4 a 5 vezes mais vitamina C do que o suco de laranja, fruta considerada padrão nessa vitamina (SOARES, 1986). Abreu (2007) encontrou para pedúnculos maduros de cajueiro a média geral de 209,14 mg.100 g<sup>-1</sup> de ácido ascórbico. Maia *et al.* (2004) para os clones CCP 76, CCP 1001 e CCP 06, relataram valores de 158,26; 157,64 e 153,20 mg.100 g<sup>-1</sup> de polpa. Simões *et al.* (2001) determinaram para o clone CCP 76 o valor de 240,44 mg.100 g<sup>-1</sup> de polpa. Aguiar (2001) determinou teor de vitamina C de 176,89 mg.100 g<sup>-1</sup> de polpa no clone CCP 76. Pinto (1999) relatou teores de 167,44; 113,58 e 134,81 mg.100 g<sup>-1</sup> de polpa, respectivamente, para os clones CCP 76, CCP 09 e CCP 1001. Conforme as literaturas citadas acima, o pedúnculo do cajueiro apresenta uma grande variabilidade no teor de vitamina C.

As recomendações nutricionais da vitamina C vêm aumentando ao longo do tempo. Na década de 1960, a comissão de especialistas da FAO/OMS recomendava 30 mg de vitamina C para adultos (homens e mulheres acima de 13 anos); 50 mg durante a gestação e lactação e 20 mg para crianças recém-nascidas e crianças até a idade de 13 anos. Nos anos de 1970, o National Research Council recomendava 45 mg diários para adultos, 60 mg durante a gestação e 80 mg durante a lactação (PELÚZIO; OLIVEIRA, 2006).

Experimentações com animais e em culturas de células sugerem que a vitamina C atua na prevenção do câncer, particularmente do esôfago e do estômago. Um mecanismo importante na prevenção do câncer pela vitamina C é a sua capacidade de inibir a formação de compostos N-nitrosos (N-nitrosaminas) (BLOCK, 1991).



**Figura 1** – Forma estrutural do ácido L-ascórbico  
Fonte: Bobbio e Bobbio (1995)



**Figura 2** – Forma estrutural do ácido L-desidroascórbico. Fonte: Bobbio e Bobbio (1995)

### 2.8.2. Carotenóides

A vitamina A ganhou grande destaque no meio científico por sua atuação como antioxidante em sistemas biológicos. Em relação a esse aspecto, os estudos pioneiros relacionavam-se às doenças crônico-degenerativas e hoje se estendem também às outras situações associadas ao estresse oxidativo. Nesse contexto ganham importância os carotenóides. Antes estudados por sua ação pró-vitáminica, passam a destacar-se por sua potente ação antioxidante (SILVA; NAVES, 2001).

Os carotenóides formam um dos grupos de pigmentos naturais mais largamente encontrados na natureza. São frequentemente responsáveis pela cor vermelha, amarela e laranja de frutas e vegetais e também são encontrados em muitos vegetais verdes-escuros (SASS-KISS *et al.*, 2005). Ocorrem invariavelmente nos cloroplastos de plantas superiores ainda que neste tecido fotossintético sua cor seja mascarada pela clorofila (RODRIGUEZ-AMAYA, 1989). Atualmente são conhecidos, aproximadamente, 600 tipos de carotenóides que ocorrem naturalmente, sendo usados como aditivos (corantes) alimentares. Entretanto, é na nutrição que os carotenóides ganham maior importância (ALVES *et al.*, 2006).

As cores das frutas se devem aos pigmentos naturais existentes. Portanto, para conseguir a aceitação e a cor desejada, é essencial conhecer os pigmentos presentes no produto em questão (FENNEMA, 1993). Três tipos principais de pigmentos ocorrem nos vegetais: clorofila, carotenóides e antocianinas. Portanto, a coloração de frutas e hortaliças é resultante dos pigmentos clorofilianos e dos carotenóides presentes nos cloroplastos e nos cromoplastos, bem como dos pigmentos fenólicos (antocianinas, flavonóis e proantocianinas) presentes nos vacúolos. A variação na cor entre variedades da mesma espécie é usualmente devida às diferenças nas quantidades desses pigmentos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os carotenóides mais abundantes na dieta são betacaroteno, alfa-caroteno, gama-caroteno, licopeno, luteína, beta-criptoxantina, zeaxantina e astaxantina (SASS-KISS *et al.*, 2005). A estrutura básica dos carotenóides é um tetra terpeno, simétrico e linear formado a partir de oito unidades de isoprenóides, unidas de tal maneira que a ordem se inverte no centro e estão associados em plantas com membranas fotossintéticas, fotoproteção e assimilação de energia luminosa. Em grande parte, são moléculas hidrofóbicas e conseqüentemente interagem com a parte lipofílica da célula. Os carotenóides hidrocarbonados se solubilizam nos lipídios das membranas. Sendo moléculas rígidas, elas se dispõem paralelamente a superfície da membrana. Os oxocarotenóides (xantofilas) como a luteína e zeaxantina expõem seus grupos hidroxila na superfície da membrana. Eles podem se dispor perpendicularmente à

superfície e servir como agente transmembranário (BURNS *et al.*, 2003; RODRIGUEZ-AMAYA, 1989). Centenas de carotenóides estão presentes na natureza, mas poucos são encontrados nos tecidos humanos, sendo os principais:  $\beta$ -caroteno, luteína, licopeno,  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -criptoxantina (Figura 3) (THURNHAM, 1994; ROCH *et al.*, 1996).

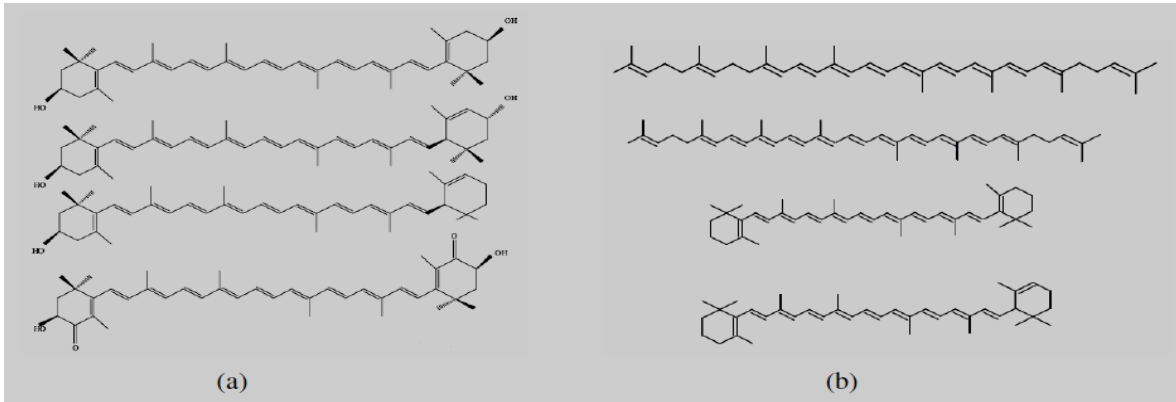
O betacaroteno é a provitamina A mais importante, principalmente pela sua prevalência nos alimentos vegetais e por ter maior atividade entre as provitaminas A (SASS-KISS *et al.*, 2005). Os pigmentos carotenóides exercem importante função na fotossíntese e fotoproteção nos tecidos das plantas. A função de fotoproteção se origina de sua habilidade de inativar espécies reativas de oxigênio tais como oxigênio singlete formado da exposição ao ar e luz. Esta função de fotoproteção está também associada com sua atividade antioxidante na saúde humana (LIU, 2006).

Segundo Olson (1999), os carotenóides sequestram o oxigênio singlete, removem os radicais peróxidos, modulam o metabolismo carcinogênico, inibem a proliferação celular, estimulam a comunicação entre células, e elevam a resposta imune.

A ação antioxidante do  $\beta$ -caroteno contra a peroxidação lipídica é acompanhada pela degradação e perda de coloração do pigmento, pelo fato de a intensidade de coloração dos carotenos está associada com o número de duplas ligações que apresentam em sua estrutura poliênica (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Estudos epidemiológicos evidenciam uma associação inversa consistente entre o consumo de frutas e hortaliças com níveis séricos de  $\beta$ -caroteno e risco de câncer de pulmão (SILVA; NAVES, 2001). Carotenóides como o betacaroteno, licopeno, zeaxantina e luteína, exercem funções antioxidantes em fases lipídicas, bloqueando os radicais livres que danificam as membranas lipoprotéicas (SHAMI; MOREIRA, 2004).

Entre as frutas mais ricas em carotenóides biologicamente ativos são aquelas de cor amarelo-alaranjada, principalmente as frutas tropicais e subtropicais, como buriti, manga, mamão, cajá, damasco seco e goiaba (SILVA; NAVES, 2001; FRANCO, 2010).



**Figura 3 – Estrutura dos carotenóides:** (a) Xantofilas – zeaxantina, luteína, criptoxantina e astaxantina, de cima para baixo; (b) Carotenos – neurosporeno, licopeno,  $\beta$ -caroteno e  $\alpha$  – caroteno de cima para baixo (SILVA, 2004).

Carotenóides foram detectados nos pedúnculos dos tipos amarelo e vermelho e no suco processado. Assim, a diferença na cor não parece ser uma função do tipo de carotenóide presente. Comparando os valores médios de vitamina A dos dois tipos de pedúnculos ( $0,072 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) com os do suco processado ( $0,047 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ), percebeu-se que a perda de carotenóides no suco processado foi refletida no valor de vitamina A, já que este pigmento é sensível a luz, calor e oxigênio (CECCHI; RODRIGUEZ-AMAYA, 1981).

No entanto, Moura Fé *et al.* (1972) encontraram teores mais elevados de carotenóides totais em pedúnculos de cajueiro de coloração amarela ( $0,286 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) em relação aos de coloração vermelha ( $0,224 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Cavalcante *et al.* (2003) em estudo com sucos de caju e cajuína encontraram teores de carotenóides de  $0,32$  e  $0,0006 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente.

### 2.8.3. Compostos fenólicos

Compostos fenólicos compreendem o maior grupo de metabólitos secundários de plantas (AGOSTINI-COSTA, 2003; KUBO *et al.*, 2003). Já foi detectada a ocorrência de mais de 8.000 compostos fenólicos em plantas (DREOSTI, 2000). São produtos secundários do metabolismo das plantas, exercendo função essencial na reprodução e crescimento das plantas, agindo como mecanismo de defesa contra patógenos, parasitas e predadores, além de contribuir para coloração das plantas. Em adição a sua função nas plantas, os compostos fenólicos na dieta podem trazer benefícios à saúde associados ao risco reduzido de doenças crônicas. Possuem um ou mais anéis aromáticos com um ou mais grupos hidroxilas,

destacando-se entre os principais, os ácidos fenólicos, flavonóides, cumarinas e taninos (LIU, 2006).

São compostos largamente distribuídos no reino vegetal, fazendo parte da dieta de forma significativa, influenciando fortemente a qualidade dos frutos, pois contribuem sensorial e nutricionalmente com estes (BAHORUN *et al.*, 2005; SCALZO *et al.*, 2005). Estima-se que pessoas que consomem várias porções de frutas e hortaliças por dia, estejam ingerindo diariamente cerca de 1 g de fenólicos.

Dentre os compostos fenólicos com propriedade antioxidante, destacam-se os flavonóides que quimicamente, englobam as antocianinas e os flavonóis. As antocianinas são pigmentos solúveis em água, amplamente difundidas no reino vegetal e conferem as várias nuances de cores entre laranja, vermelha e azul encontradas em frutas, vegetais, flores, folhas e raízes (FRANCIS, 1989). Os flavonóis são pigmentos de cores branca ou amarelo-claro encontrados nesses alimentos. Os últimos pigmentos citados são importantes por atuarem na co-pigmentação das antocianinas (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

Atualmente, existe uma tendência mundial na utilização de pigmentos naturais como corantes para alimentos e entre eles destacam-se as antocianinas (ESPÍN *et al.*, 2000, WANG *et al.*, 1997). Frequentemente, encontram-se na natureza na forma de glicosídeos ou agliconas (HEMEDA; KLEIN, 1990). Exibem várias atividades biológicas, como antialérgico, antiviral, ação anti-inflamatória, anticancerígena e atividade antioxidante que dependem principalmente do número e posição de grupos de hidroxilas dentro de sua estrutura (CHU *et al.*, 2002; HASSIMOTTO *et al.*, 2005). O poder antioxidante, por outro lado, varia significativamente segundo o tipo de antocianina (WANG *et al.*, 1997).

Foram identificados mais de 4.000 diferentes flavonóides (Figuras 4 e 5). Sua estrutura consiste de dois anéis aromáticos ligados por três carbonos em um terceiro anel heterocíclico oxigenado. Diferenças no anel heterocíclico classificam os flavonóides em flavonóis (quercetina), flavonóides (catequina), flavonas (luteolina), flavononas (miricetina) e antocianidinas (antocianinas, malvidinas) (LIU, 2006). Sem dúvida, as atividades antioxidantes das antocianinas respondem por alguns dos efeitos benéficos derivados do consumo de frutas e hortaliças ricas em antocianinas contra doenças cardiovasculares e outras doenças (OLUKEMI; OLUKEMI, 2005).

Segundo Reynerston *et al.* (2008), os polifenóis de frutas são importantes constituintes antioxidantes da dieta. As frutas, principais fontes dietéticas de polifenóis, apresentam variações quantitativas e qualitativas na composição desses constituintes em função de fatores intrínsecos (cultivar, variedade, estágio de maturação) e extrínsecos



(condições climáticas e edáficas). Por sua vez, a eficácia da ação antioxidante depende da concentração destes fitoquímicos no alimento (MELO *et al.*, 2008).

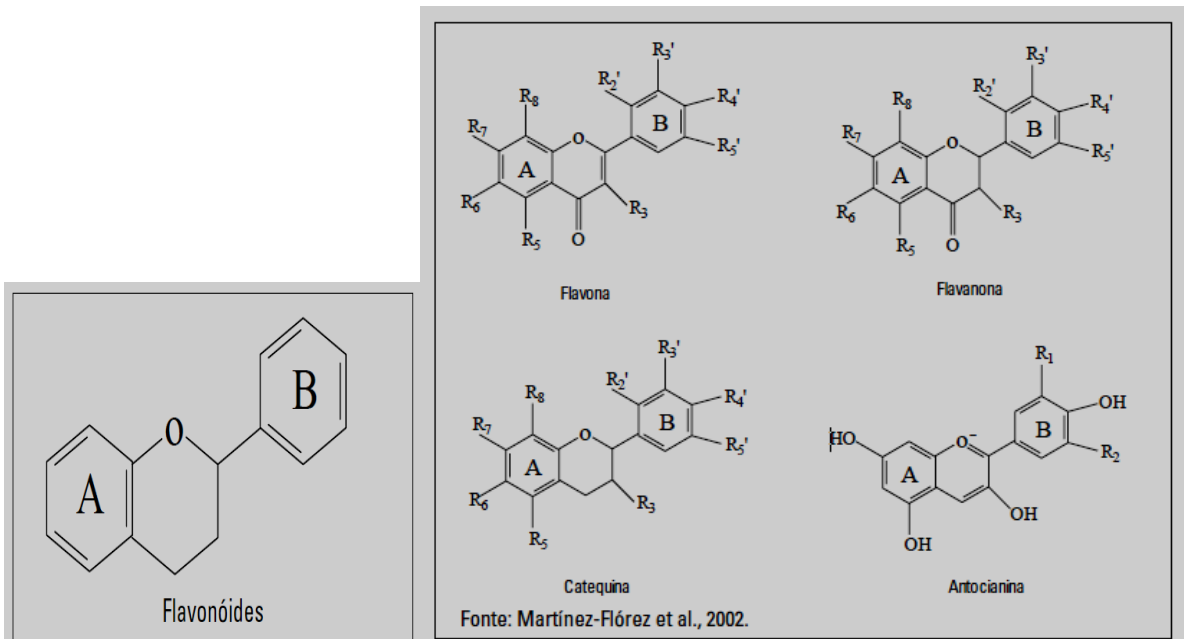
Em frutos, estes compostos fenólicos estão presentes em diferentes graus de polimerização e podem ser separados em frações, de acordo com a sua solubilidade em solvente orgânico puro ou diluído. A fração solúvel em metanol absoluto contém compostos simples, de baixa massa molecular como ácido clorogênico e leucoantocianinas. A fração solúvel em metanol diluído contém compostos de massa molecular intermediária. A fração solúvel em água contém flavolanas que estão firmemente ligadas aos polissacarídeos da parede celular ou a outros polímeros, cuja massa molecular é superior às duas frações anteriores. Os compostos extraídos por metanol absoluto, metanol diluído e água, são denominados dímeros, oligoméricos e poliméricos, respectivamente (SWAIN; HILLIS, 1959; GOLDSTEIN; SWAIN, 1963; SCHANDERL, 1970; ESTEVES, 1981; SENTER *et al.*, 1989).

A adstringência dos compostos fenólicos está relacionada ao grau de polimerização. Os compostos simples, como os ácidos hidroxí-cinâmicos, catequinas e antocianinas, não são adstringentes. Os dímeros e oligômeros apresentam essa característica, que é reduzida com o aumento do tamanho do polímero (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Durante a maturação dos frutos, há um aumento gradual na condensação, ao mesmo tempo em que a adstringência diminui. Isso possivelmente ocorre porque as formas altamente condensadas são menos solúveis, por se ligarem fortemente a outros componentes celulares. A sensação de adstringência é conectada com a reação tanante (ligação com proteínas) e depende do número de grupos OH fenólicos por molécula do polímero, cuja designação é “taninos” (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As antocianinas possuem diversos efeitos *in vitro* que sugerem benefícios potenciais à saúde em geral e redução de doenças coronarianas, em particular (MAZZA, 2007). Pearson *et al.* (1999) demonstraram que os fenólicos presentes em suco comercial e extrato fresco de maçãs (casca, polpa e fruta inteira) inibiram, *in vitro*, a oxidação de LDL humana. A atividade antioxidante apresentada por vários vegetais, incluindo frutos, folhas, sementes e plantas medicinais, está correlacionada ao seu teor de compostos fenólicos totais (VELIOGLU *et al.*, 1998).

Hassimotto *et al.* (2005) pesquisando a atividade antioxidante de frutas, legumes e polpas de frutas congeladas comercializadas determinaram o teor de polifenóis totais, encontrando os seguintes valores para polpas de frutas congeladas: acerola (861,1 mg.100g<sup>-1</sup>), caju (234 mg.100 g<sup>-1</sup>), amora (225 mg.100 g<sup>-1</sup>), graviola (120 mg.100 g<sup>-1</sup>), goiaba vermelha (119 mg.100 g<sup>-1</sup>) e murici (67 mg.100 g<sup>-1</sup>).



**Figura 4** - Estrutura básica dos flavonóides. **Figura 5**- Estrutura molecular dos quatro grupos de flavonóides. Fonte: MARTÍNEZ-FLÓREZ et al; 2002 Fonte: MARTÍNEZ-FLÓREZ et al; 2002

Aguiar (2001) determinou antocianinas totais, com teores variando de 6,93 a 19,74 mg.100 g<sup>-1</sup>. Enquanto Moura (1998), em estudo com nove clones de cajueiro anão precoce, obteve valores oscilando entre 17,56 a 76,07 mg.100 g<sup>-1</sup> para antocianinas totais. Moura *et al.* (2001) determinaram variação de 80,62 a 129,69 mg.100 g<sup>-1</sup> para flavonóides amarelos e média de 105,12 mg.100 g<sup>-1</sup>, trabalhando com nove clones de cajueiro anão precoce.

## 2.9 Atividade Antioxidante Total (AAT) e o método ABTS

A oxidação nos sistemas biológicos ocorre devido à ação dos radicais livres no organismo. Estas moléculas têm um elétron isolado, livre para se ligar a qualquer outro elétron, e por isso são extremamente reativas. Elas podem ser geradas por fontes endógenas ou exógenas (MACHLIN; BENDICH, 1987).

No organismo humano, durante a atividade metabólica normal, há produção constante de radicais livres. Estas moléculas, geradas *in vivo*, reagem com o DNA, RNA, proteínas e outras substâncias oxidáveis, promovendo danos que podem contribuir para o envelhecimento e a instalação de doenças degenerativas, como câncer, aterosclerose, artrite reumática, entre outras (MELO *et al.*, 2006).

O radical livre é um átomo ou molécula que contém um ou mais elétrons não pareados. A presença deste elétron não pareado altera a reatividade química do átomo ou molécula tornando-o mais reativo que as espécies não radiculares (com os elétrons pareados).

O radical hidrogênio ( $H^{\circ}$ ), que contém um próton e um elétron, é o mais simples de todos os radicais. As reações em cadeia dos radicais livres são então iniciadas pela remoção do  $H^{\circ}$  de outras moléculas, como, por exemplo, durante a peroxidação lipídica (VANNUCCHI; JORDÃO JUNIOR, 2005).

Os radicais livres do oxigênio, com seus elétrons não-pareados, podem atacar e danificar, praticamente, qualquer molécula encontrada no organismo. São tão ativos que, uma vez formados, ligam-se a diferentes compostos em frações de segundo, podendo entregar seu elétron não-pareado ou capturar um elétron de outra molécula atacada, em si, transformando-se em um radical, iniciando uma reação em cadeia (YOUNGSON, 1995).

As espécies reativas do oxigênio são: radicais do oxigênio ou espécies reativas do oxigênio: íon superóxido ( $O^{2\cdot-}$ ), hidroxila ( $OH^{\cdot}$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), alcóxila ( $RO^{\cdot}$ ), peróxila ( $ROO^{\cdot}$ ), peridroxila ( $HOO^{\cdot}$ ), oxigênio singleto ( ${}^1O^2$ ); complexos de metais de transição:  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}/Cu^{+}$ ; radicais de carbono: triclorometil ( $CCl_3^{\cdot}$ ); radicais de enxofre: tiol ( $RS^{\cdot}$ ); radicais de nitrogênio: fenildiazina ( $C_6H_5N = N^{\cdot}$ ), óxido nítrico ( $NO^{\cdot}$ ) (SOARES, 2002). O estresse oxidativo tem sido associado ao desenvolvimento de muitas doenças crônicas e degenerativas, incluindo o câncer, doenças cardíacas, doenças degenerativas como Alzheimer, bem como no processo de envelhecimento (ROESLER *et al.*, 2007).

Antioxidante é uma substância capaz de inibir a oxidação, ou então, qualquer substância que mesmo presente em baixa concentração, comparada ao seu extrato oxidável, diminui ou inibe a oxidação daquele substrato. Do ponto de vista biológico pode-se definir antioxidantes como aqueles compostos que protegem os sistemas biológicos contra os efeitos deletérios dos processos ou das reações que levam a oxidação de macromoléculas ou estruturas celulares (VANNUCCHI; JORDÃO JUNIOR, 2005).

Resultados de estudos epidemiológicos indicam que a ingestão de quantidades fisiológicas de antioxidantes, tais como as vitaminas C e E e os carotenóides, pode retardar ou prevenir o aparecimento de câncer. Assim, o consumo de uma dieta rica em frutas e hortaliças, contendo quantidades dessas substâncias próximas às recomendadas nutricionalmente, contribui com a defesa antioxidante do organismo, inibindo danos oxidativos em macromoléculas (SILVA; NAVES, 2001).

A importância do estudo de agentes antioxidantes está relacionada à frequente associação entre danos teciduais e liberação de radicais livres (COSTA *et al.*, 2000). Como a maioria dos fitoquímicos bioativos possui capacidade antioxidante, o somatório desses potenciais confere a capacidade antioxidante total. Além disso, os compostos antioxidantes presentes nas frutas e hortaliças podem produzir sinergismo ou inibição entre si. Por isso, torna-se interessante, além de avaliar as moléculas isoladamente, estudar o potencial no contexto mais complexo, ou seja, extratos totais obtidos das frutas (ROMBALDI *et al.*, 2006).

O ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) ou TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Activity) é um método baseado na habilidade dos antioxidantes de captura, a longo prazo, do cátion radical  $ABTS^{\bullet+}$ . Esta captura produz um decréscimo na absorbância, que é lida a partir da mistura do radical com o antioxidante em diferentes tempos sendo representadas graficamente (PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURACALIXTO, 2006). A curva gerada pela inibição da absorbância é calculada, sendo que os resultados são interpolados na curva de calibração e expressos em capacidade antioxidante equivalente a 1 mM do trolox. O trolox é um composto sintético, análogo da vitamina E, porém hidrossolúvel. (ALVES *et al.*, 2006).

Dentre as vantagens apresentadas pelo método ABTS destaca-se a alta sensibilidade, podendo ser usado para determinar a atividade antioxidante tanto em sistemas solúveis em água (hidrofílicos), como em sistemas insolúveis em água (lipofílicos). É um método bastante rápido, onde o tempo de reação é de apenas seis minutos, quando comparados com métodos que também têm sido frequentemente utilizados, como o DPPH, que necessita de 30 minutos para que a reação seja totalmente realizada. Sendo assim, o ABTS pode ser usado também em grande escala, devido a essa rapidez de execução que o mesmo possui (ABREU, 2007).

Abreu (2007) avaliando a qualidade e atividade antioxidante de pedúnculos comercialmente maduros encontrou para a AAT uma variação de 6,84 a 34,35  $\mu\text{M Trolox g. L}^{-1}$ , com média geral de 16,36  $\mu\text{M Trolox g. L}^{-1}$ .

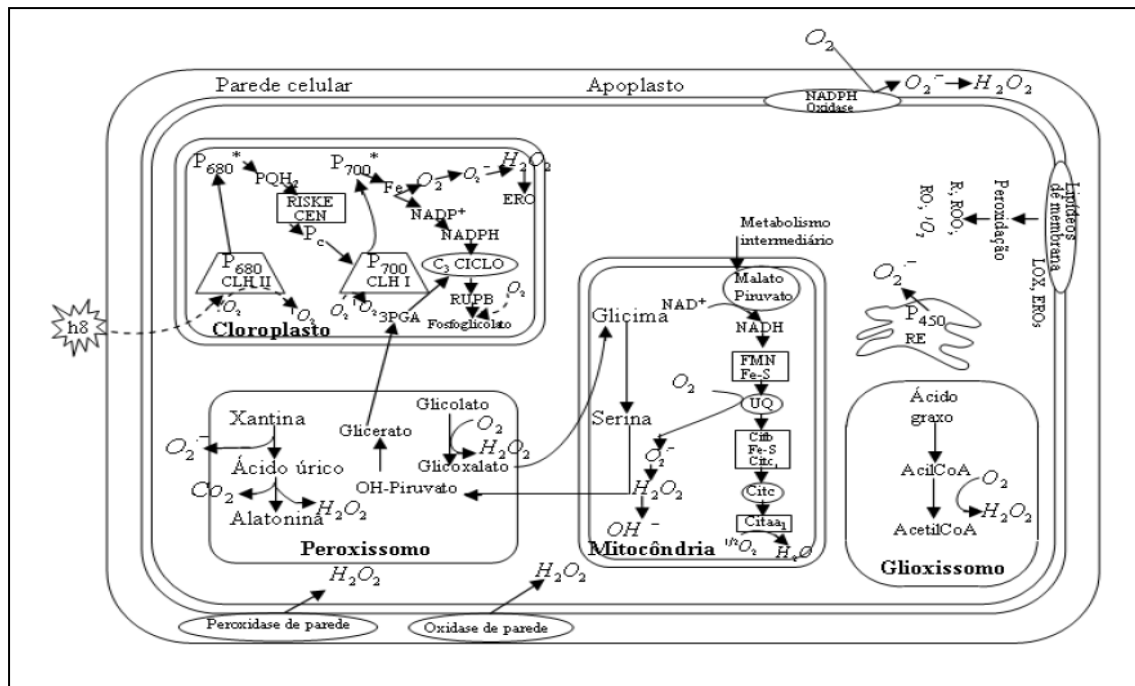
## 2.10. Sistema enzimático antioxidante e estresse oxidativo

Radicais livres são formados normalmente no metabolismo celular por enzimas que participam da respiração mitocondrial ou por reações não enzimáticas entre o oxigênio e outros compostos orgânicos. Em condições normais, a concentração desses radicais é mantida baixa devido a um eficiente sistema de eliminação de espécies reativas que inclui enzimas e antioxidantes não enzimáticos. No entanto, em condições patológicas os radicais livres se acumulam em concentrações mais altas e induzem um estresse oxidativo que acarreta uma série de danos resultando em impedimento metabólico. Nessas situações de estresse, os radicais livres reagem rapidamente com todos os tipos de biomoléculas causando deterioração de membranas, peroxidação de lipídeos e mutação de DNA (WANG; JIAO, 2001).

Diversos tipos de radicais livres estão presentes em sistemas biológicos, dentre eles o hidrogênio atômico, já que possui apenas um elétron, a maioria dos íons dos metais de transição e o oxigênio molecular. A terminologia espécies reativas de oxigênio (ERO) inclui os radicais livres e outras espécies que, embora não possuam elétron desemparelhado, são muito reativas devido a sua instabilidade (RIBEIRO *et al.*, 2005).

O oxigênio molecular ( $O_2$ ) contém dois elétrons desemparelhados e, apesar de ser considerado um radical livre (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2006), apresenta baixa reatividade devido à chamada “restrição de spin”. Os elétrons do oxigênio molecular apresentam spins paralelos e quando o  $O_2$  tenta oxidar outro átomo ou molécula, os spins destes devem estar na mesma condição, o que raramente ocorre em sistemas biológicos. A maioria das moléculas são não-radicais ligadas covalentemente, e os elétrons que formam uma ligação covalente apresentam spins opostos, ocupando o mesmo orbital molecular (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2006). A formação de ERO tem início a partir da eliminação da restrição de spin do  $O_2$ , que sofre rearranjo em seus elétrons. A nova conformação gera o oxigênio singleto ( $^1O_2$ ) que, por possuir dois elétrons em spins opostos, apresenta grande capacidade de oxidação (FOOTE *et al.*, 1985). As outras formas de ERO de importância biológica são produzidas por reduções parciais do oxigênio e incluem: íon superóxido ( $O_2^-$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e radical hidroxil ( $OH^\cdot$ ) (FOOTE *et al.*, 1985).

Nas células vegetais as ERO podem ser produzidas através de rotas metabólicas em vários compartimentos celulares (Figura 6).



**Figura 6** - Rotas metabólicas de formação das espécies reativas de oxigênio (ERO) nas células vegetais. Fonte: Bhattachargee (2005).

As espécies reativas de oxigênio (ERO) podem rapidamente atacar vários tipos de biomoléculas causando deterioração de membranas, peroxidação de lipídeos e mutação do DNA, promovendo disfunções metabólicas e estruturais levando a morte celular (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1989).

Uma série de passos de desintoxicação é requerida para evitar a conversão de uma espécie reativa em outra mais nociva. A enzima dismutase do superóxido (SOD) é considerada uma primeira barreira enzimática contra o estresse oxidativo por converter o  $O_2^-$  em  $H_2O_2$  (FRIDOVICH, 1995). Baseando-se no metal cofator utilizado pela enzima, as SODs são classificadas em três grupos: Ferro SOD (FeSOD), localizada nos cloroplastos, manganês SOD (MnSOD) em mitocôndrias, e cobre/zinco SOD (Cu/ZnSOD), presente em cloroplastos, no citosol e possivelmente no espaço extracelular (SCANDALIOS, 2005). Em plantas, mais de uma isoforma das enzimas é encontrada nos diferentes compartimentos celulares, o que indica uma maior complexidade antioxidante nesses organismos (SCANDALIOS, 1997). A SOD participa ativamente na remoção do  $O_2^-$  gerado através de diferentes processos do metabolismo celular, tais como o transporte de elétrons na mitocôndria e cloroplastos (ELSTNER, 1991). O Zn se encontra associado ao cobre (Cu) na isoenzima dismutase do superóxido dependente de Cu e Zn (Cu/ZnSOD). Muito provavelmente o átomo de cobre é o

componente catalítico e o zinco é o componente estrutural da Cu/ZnSOD. Contudo, na deficiência do Zn, a atividade da Cu/ZnSOD é drasticamente reduzida, mas pode ser restabelecida *in vitro* pelo suprimento de Zn (MARSCHNER, 1995). Portanto, o átomo de Zn é um componente estrutural essencial para o funcionamento normal da Cu/ZnSOD. A redução na atividade da SOD ocorre com um aumento simultâneo da acumulação de  $O_2^{\cdot-}$ . O radical superóxido é um dos principais oxidantes responsáveis pela peroxidação de lipídios e consequente aumento na permeabilidade das membranas (CAKMAK; MARSCHNER, 1989). O produto da dismutação do superóxido pela SOD, o  $H_2O_2$ , deve ser removido a fim de evitar sua conversão em radicais mais reativos, como o  $OH^{\cdot}$  (PERL-TREVES; PERL, 2002).

A catalase, presente nos peroxissomos, remove o  $H_2O_2$  gerado durante a fotorrespiração e a  $\beta$ -oxidação dos ácidos graxos. É uma das enzimas chave envolvida na remoção de peróxidos tóxicos nas células quando estes estão em concentrações altas, pois apresenta baixa afinidade pelo  $H_2O_2$  (MITTLER, 2006). A CAT pertence à família das oxirredutases presente universalmente nos organismos que decompõem  $H_2O_2$  em  $H_2O$  e  $O_2$  molecular. Em plantas, as CATs são encontradas nos peroxissomos, glioxissomos, citosol e mitocôndrias (PERL-TREVES; PERL, 2002).

A desintoxicação pela APX ocorre com a oxidação de ascorbato, reação que resulta em monodesidroascorbato (MDHA) e  $H_2O$ . A APX é uma importante enzima do sistema de defesa antioxidante, é chave no ciclo da glutathiona-ascorbato que reduz o  $H_2O_2$  (quando em baixas concentrações na célula) até água usando ascorbato como doador de elétrons, resultando na formação de desidroascorbato. Deste modo, a SOD age como primeira linha de defesa convertendo o  $O_2^{\cdot-}$  a  $H_2O_2$ . A APX, a GPX e a CAT então desintoxicam o  $H_2O_2$ . Em contraste com a CAT, a APX e a GPX requerem um ciclo regenerador de ascorbato e/ou glutathiona. Esse ciclo usa elétrons diretamente do aparato fotossintético como poder redutor. A regeneração do ascorbato é mediada pela monodesidroascorbato redutase (MDHAR) utilizando NAD(P)H como equivalente redutor (FOYER; HALLIWELL, 1976; NAKANO; ASADA, 1980).

Essas enzimas reduzem de forma eficiente as ERO sob circunstâncias normais, mas se a redução completa não ocorrer, como em condições de produção aumentada ou de inibição das defesas antioxidantes, o resultado pode ser um estado de estresse oxidativo levando à oxidação de biomoléculas, tais como, lipídios, proteínas e DNA. Além disso, a oxidação e a inativação dos componentes celulares podem desencadear o processo de morte celular (BUCKNER *et al.*, 2000).

Segundo Lurie (2003), a perda na habilidade de remover os radicais livres durante o amadurecimento e senescência de frutos é influenciado pela queda na atividade de enzimas antioxidantes como a dismutase do superóxido (SOD), peroxidase do ascorbato (APX) e catalase (CAT). Para Jiménez *et al.* (2002a), o estresse oxidativo induzido por radicais livres exerce uma função na maturação, amadurecimento e senescência dos frutos. Esses autores determinaram que a formação de  $\cdot\text{O}^{2-}$  e o acúmulo de  $\text{H}_2\text{O}_2$  foram mais intensos durante o amadurecimento, indicado pelo aumento da peroxidação de lipídeos e produtos da oxidação de proteínas. Rabelo (2009), avaliando o metabolismo oxidativo durante o desenvolvimento e armazenamento de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce CCP 76 e BRS 189, avaliou que o armazenamento refrigerado dos pedúnculos maduros a 5 °C ocasionou uma redução na atividade enzimática antioxidante e ainda que o clone BRS 189 mostrou um maior potencial para ao armazenamento refrigerado a 5 °C quando comparado ao CCP 76, uma vez que apresentou atividades enzimáticas antioxidantes mais elevadas.



### **3. OBJETIVOS**

---

#### **3.1 Objetivo geral**

- ❖ Avaliação das características físicas, qualidade e atividade antioxidante total em pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce em diferentes estádios de maturação.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- ❖ Avaliar a qualidade dos pedúnculos de cajueiro durante a maturação;
- ❖ Observar se ocorrem alterações qualitativas e quantitativas no que se refere aos teores de compostos bioativos e consequentemente na atividade antioxidante, avaliados no decorrer do crescimento e maturação dos pedúnculos.
- ❖ Observar como as enzimas antioxidantes comportam-se durante o crescimento e maturação dos pedúnculos;
- ❖ Determinar o clone de maior destaque tanto para consumo *in natura* quanto para processamento, levando-se em consideração os teores de compostos bioativos e atividade antioxidante total;

## 4 METODOLOGIA

---

### 4.1. Localização do pomar e amostragem

Os cajus estudados neste trabalho foram provenientes do Campo Experimental de Pacajus, pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, em uma região de transição entre o litoral e o semiárido, com latitude 4° 11' 26,62" S, longitude 38° 29' 50,78" W e altitude de 60 metros acima do nível do mar, onde esses frutos foram cultivados em regime de sequeiro, onde as maiores pluviosidades ocorreram nos sete primeiros meses do ano de 2009, como demonstrado na tabela 1.

**Tabela 1** - Pluviosidade ocorrida de janeiro a dezembro de 2009 na região de Pacajus-CE.

<b>Meses/2009</b>	<b>Pluviosidade mensal (mm)</b>
<b>Janeiro</b>	126,1
<b>Fevereiro</b>	219,9
<b>Março</b>	447,7
<b>Abril</b>	484,6
<b>Mai</b>	340,5
<b>Junho</b>	137,0
<b>Julho</b>	121,1
<b>Agosto</b>	38,9
<b>Setembro</b>	5,8
<b>Outubro</b>	0,0
<b>Novembro</b>	0,0
<b>Dezembro</b>	3,6
<b>TOTAL</b>	<b>1925,2</b>

Fonte: FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recurso Hídricos (2010)

Os pedúnculos dos clones CCP 76, CCP 09, BRS 265 e BRS 189 foram marcados após o estabelecimento dos frutos e na hora da colheita os mesmos foram selecionados em sete estádios de maturação, de acordo com a coloração externa do pedúnculo e da castanha, conforme tabela 2.

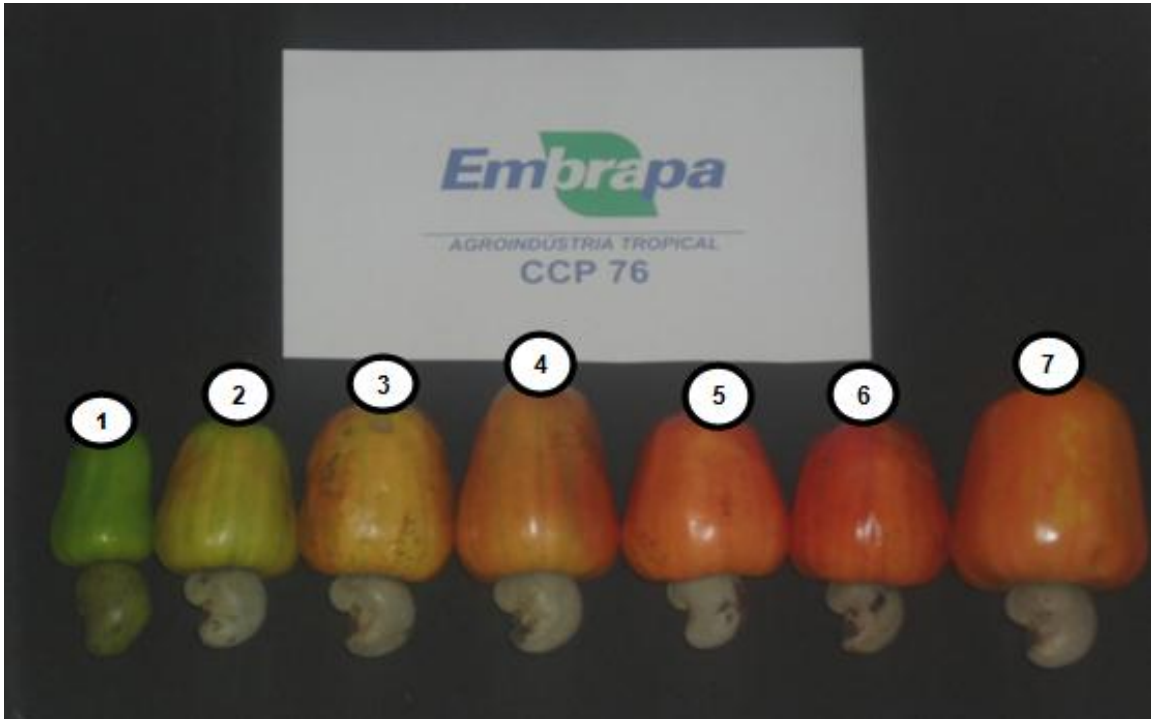
**Tabela 2** - Escala subjetiva para avaliação de coloração externa dos caju (pedúnculo e castanha) visando a seleção do estágio de maturação de diferentes clones de cajueiro anão precoce provenientes da Embrapa Agroindústria Tropical, Pacajus - CE. 2009\*.

Estádio de maturação	Clones alaranjados	Clones avermelhados
	CCP 76/CCP 09	BRS 265/BRS 189
1	Pedúnculo verde/castanha verde	Pedúnculo verde/castanha verde
2	Pedúnculo verde/castanha madura e seca	Pedúnculo verde/castanha madura e seca
3	Pedúnculo verde claro/castanha madura e seca	Pedúnculo verde claro/castanha madura e seca
4	Pedúnculo com início de coloração amarela/castanha madura e seca	Pedúnculo com início de coloração laranja avermelhado/castanha madura e seca
5	Pedúnculo amarelo com início de cor laranja/castanha madura e seca	Pedúnculo laranja avermelhado com início de cor vermelha/castanha madura e seca
6	Pedúnculo laranja claro/castanha madura e seca	Pedúnculo vermelha claro/castanha madura e seca
7	Pedúnculo laranja escuro/castanha madura e seca	Pedúnculo vermelho escuro/castanha madura e seca

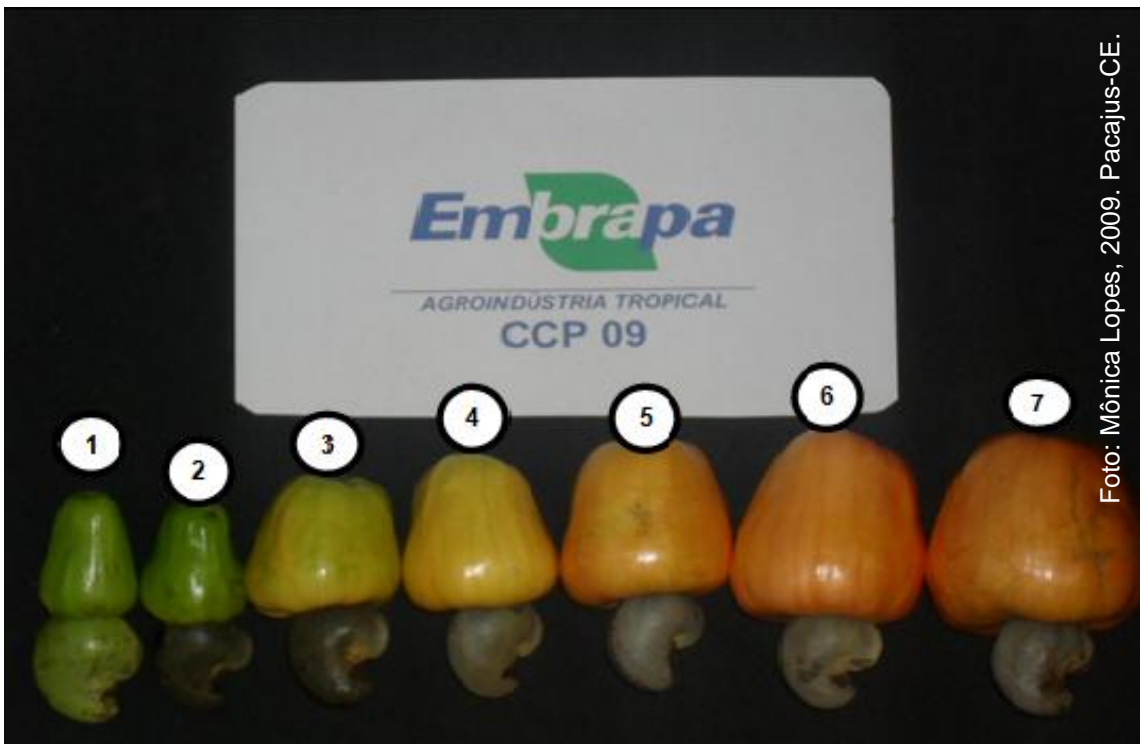
\*Adaptado de Alves *et al.* (1999).

#### 4.1.2. Condução do Experimento

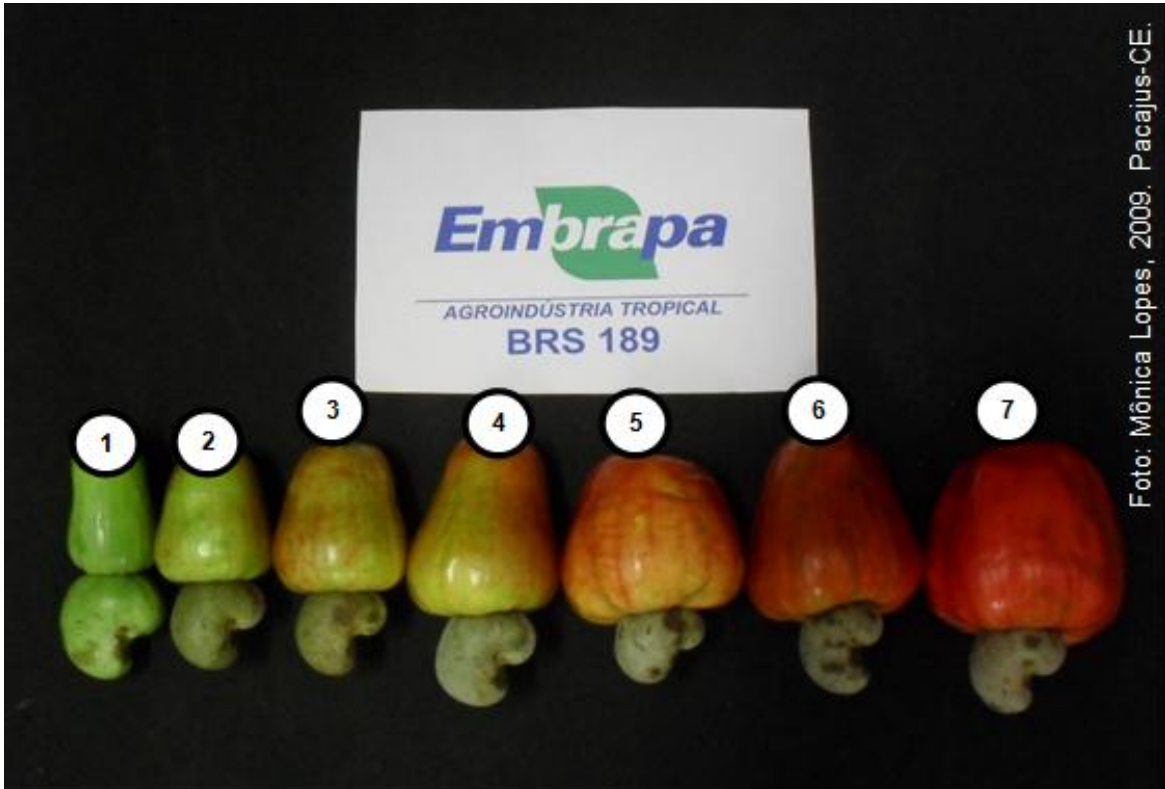
Os pedúnculos dos quatro clones com seus referidos frutos foram colhidos em sete estádios de maturação (Figuras 7, 8, 9 e 10), no período de setembro a dezembro de 2009, onde foram coletados nas primeiras horas da manhã e imediatamente acondicionados em caixas plásticas com apenas uma camada de pedúnculos, sendo protegidos de injúrias mecânicas através de um revestimento interno de espuma colocado no fundo da caixa com uma espessura de aproximadamente 1 cm. Em seguida, foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza-CE. Para as avaliações físicas foram utilizados 15 caju por clone por estágio de maturação. Para as determinações físico-químicas, compostos bioativos, atividade antioxidante total e enzimas antioxidantes, tomou-se ao acaso 15 caju divididos em 3 repetições de 5 caju, no mínimo, onde as polpas foram obtidas através do uso de uma centrífuga doméstica, e posteriormente colocadas em potes devidamente identificados e armazenados a -20 °C.



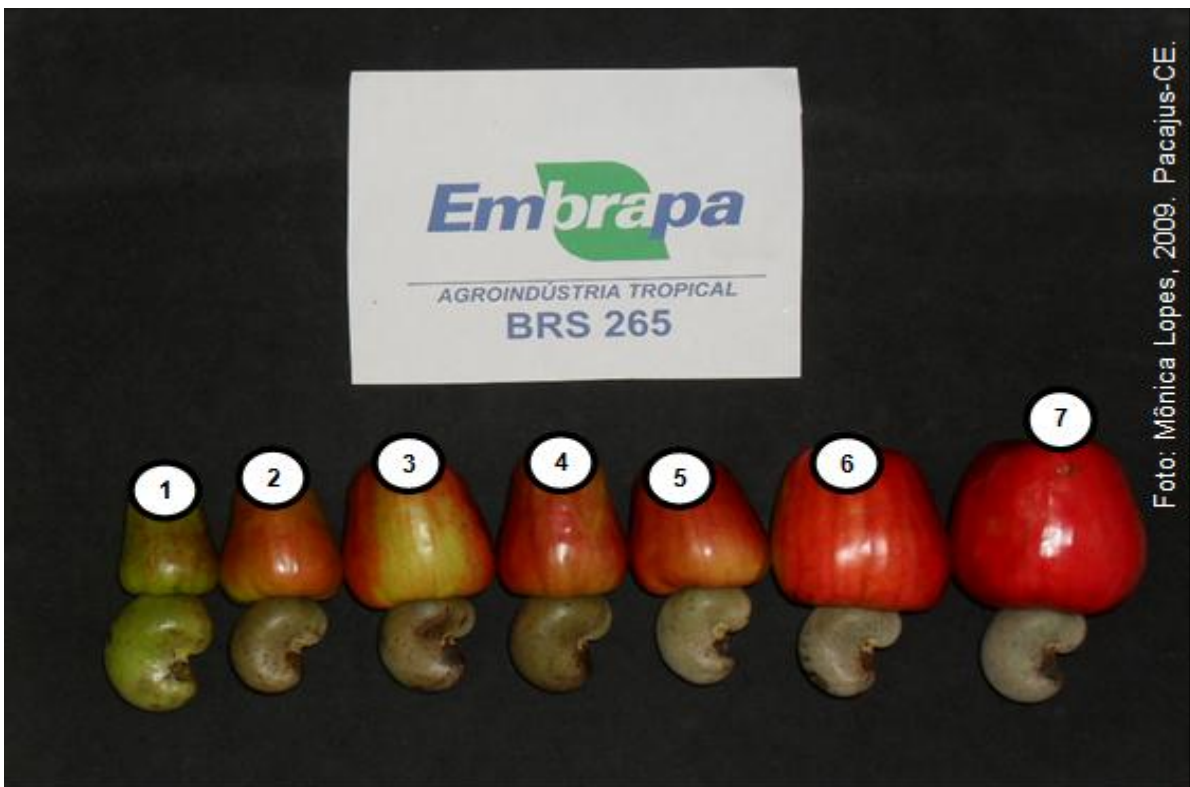
**Figura 7** - Pedúnculos de cajueiro anão precoce clone CCP 76 provenientes da Estação Experimental de Pacajus – CE, 2009. Da esquerda para a direita, estágio 1 ao 7.



**Figura 8** - Pedúnculos de cajueiro anão precoce clone CCP 09 provenientes da Estação Experimental de Pacajus – CE, 2009. Da esquerda para a direita, estágio 1 ao 7.



**Figura 9** - Pedúnculos de cajueiro anão precoce clone BRS 189 provenientes da Estação Experimental de Pacajus – CE, 2009. Da esquerda para a direita, estágio 1 ao 7.



**Figura 10** - Pedúnculos de cajueiro anão precoce clone BRS 265 provenientes da Estação Experimental de Pacajus – CE, 2009. Da esquerda para a direita, estágio 1 ao 7.

## **4.2. Características físicas**

### **4.2.1. Diâmetros basal e apical**

As medidas referentes aos diâmetros basal (próximo a castanha) e apical dos pedúnculos foram realizadas com o auxílio de um paquímetro digital, sendo expressos em milímetros (mm).

### **4.2.2. Comprimento do pedúnculo**

Foi realizado com auxílio de um paquímetro digital e expresso em milímetros (mm).

### **4.2.3. Massa total**

A massa total (castanha + pedúnculo) foi determinada com auxílio de uma balança semianalítica (Mark, Modelo 3100), e os valores expressos em gramas (g).

### **4.2.4. Massa da castanha**

Após o descastanhamento, mediu-se separadamente a massa da castanha em balança semianalítica (Mark, Modelo 3100), sendo expressa em gramas (g).

### **4.2.5. Massa do Pedúnculo**

A massa do pedúnculo foi obtida por diferença de massa entre a massa total e a massa da castanha, sendo expressa em gramas(g), em balança semianalítica (Mark, Modelo 3100).

#### **4.2.6. Firmeza da polpa**

A firmeza da polpa foi determinada em pedúnculos íntegros, usando-se penetrômetro manual Magness-Taylor Modelo FT 011 com ponteira de 8 mm de diâmetro. Foram feitas duas leituras por pedúnculo, em lados opostos da porção basal. As leituras, em lbf, foram multiplicadas por 4,4482 para expressar o resultado da força necessária para romper a resistência da polpa em Newton (N).

### **4.3. Características físico-químicas**

#### **4.3.1. pH**

O pH foi determinado diretamente na polpa, utilizando-se um potenciômetro (Metter Modelo DL 12) com membrana de vidro, de acordo com a recomendação da AOAC (1995), utilizando os tampões 4,0 e 7,0 para calibragem do aparelho.

#### **4.3.2. Sólidos solúveis**

Após filtrar a polpa em papel de filtro, o teor de sólidos solúveis foi obtido por meio de refratômetro digital da marca ATAGO PR-101 com escala de variação de 0 a 45 °Brix, de acordo com metodologia recomendada pela AOAC (1995), sendo o resultado expresso em °Brix.

#### **4.3.3. Acidez titulável**

A acidez titulável foi determinada por diluição de 1 g de polpa em 50 mL de água destilada, titulando-se com solução de NaOH 0,1 N, usando o indicador fenolftaleína para verificação do ponto de viragem de incolor para róseo claro permanente (AOAC, 1995). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido málico.

#### **4.3.4. Relação SS/AT.**

A relação SS/AT foi obtida por meio da divisão entre essas duas variáveis

#### **4.4. Compostos bioativos**

##### **4.4.1. Vitamina C**

Determinado por titulação direta com solução de Tillman (STROHECKER; HENNING, 1967). Amostra de 1 mL do homogenato de polpa foi diluída para 50 ml em ácido oxálico 0,5% e titulada com solução de Tillman (2,6 diclorofenol indofenol-DFI) até o ponto de viragem. As amostras e os reagentes foram mantidos resfriados em banho de gelo e o resultado expresso em  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ .

##### **4.4.2. Carotenóides totais**

Foram determinados pelo método de Higby (1962). Em tubo de centrífuga metálico foram colocados de 10 ml de polpa, 30 mL de álcool isopropílico e 10 mL de hexano, seguido de agitação por 1 minuto. O conteúdo foi transferido para um funil de separação de 125 mL, envolto em papel alumínio, completando-se o volume com água destilada. Após repouso de 30 minutos, procedeu-se a lavagem do material. Essa operação foi repetida por mais duas vezes. O conteúdo separado foi filtrado com algodão pulverizado com sulfato de sódio anidro, para um balão volumétrico de 50 mL, envolto em papel alumínio onde foram adicionados 5,0 mL de acetona, aferindo o volume do balão com hexano. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro no comprimento de onda igual a 450 nm e os resultados expressos em  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  da massa fresca da polpa, calculados por meio da fórmula:

Carotenóides totais =  $(A_{450} \times 100) / (250 \times L \times W)$ , onde:

A<sub>450</sub> = absorvância;

L = largura da cubeta em cm; e

W = quociente entre a massa da amostra original em gramas e o volume final da diluição em mL.

##### **4.4.3 Antocianinas totais e flavonóides amarelos**

Foram determinados segundo Francis (1982), sendo 1 g de polpa (flavonóides) /1 g de película (antocianinas), pesado em um tubo de centrífuga metálico e homogeneizado com 30 mL da solução extratora (etanol 95% e HCl 1,5 N na proporção 85:15), em desintegrador



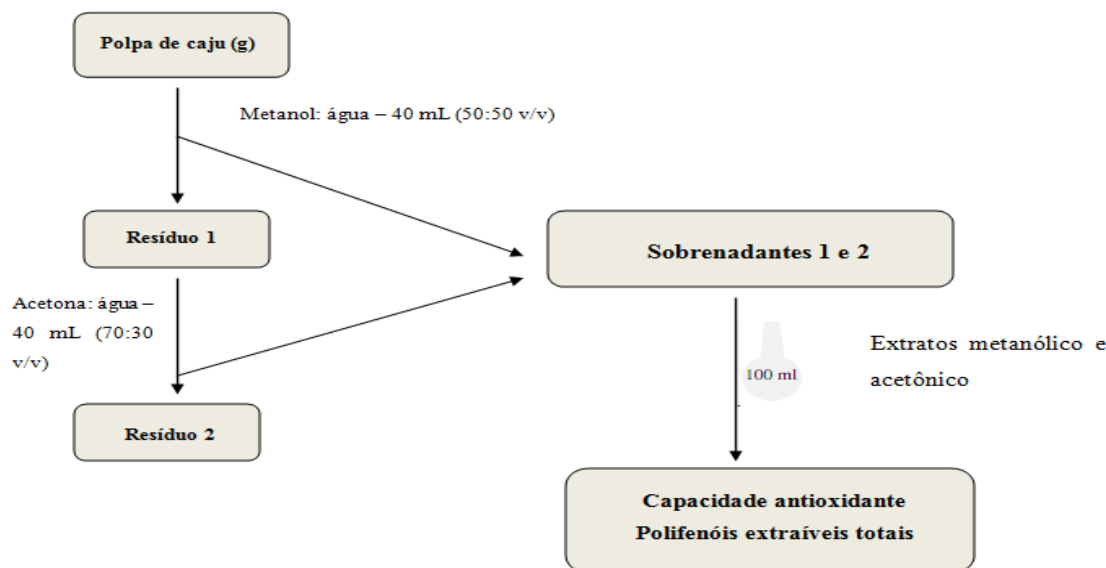
de tecidos do tipo “Turrax” por 2 minutos na velocidade “5”. A mistura foi transferida para um balão volumétrico (50 mL) e desse para um recipiente de vidro envolto em papel de alumínio e colocado por 12 h na geladeira. Depois, o material foi filtrado, envolto com papel de alumínio e a absorvância foi medida a 374 nm para os flavonóides amarelos e 535 nm para as antocianinas totais, onde os resultados foram expressos em  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de polpa calculados através da fórmulas:

- **Antocianinas totais** = Absorvância x fator de diluição/98,2
- **Flavonóides amarelos** = Absorvância x fator de diluição/76,6

#### 4.4.4. Polifenóis extraíveis

Os polifenóis extraíveis foram determinados por meio do reagente de Folin-Ciocalteu, utilizando uma curva padrão de ácido gálico como referência, conforme metodologia descrita por Larrauri *et al.* (1997).

A extração foi realizada utilizando 2 g de polpa (Figura 11), onde foram adicionados 40 mL de solução de metanol 50% (primeira solução extratora), homogeneizando e deixando em repouso por 1 hora para extração. Logo em seguida, a mistura foi centrifugada a 12.000 g por 15 minutos. Após a centrifugação, o sobrenadante obtido foi filtrado e colocado em um balão de 50 mL protegido da luz. O precipitado foi dissolvido em uma solução de acetona 70% (segunda solução extratora), ficando em repouso por mais 1 hora. Logo em seguida essa mistura foi centrifugada a 12.000 g por 15 minutos. O segundo sobrenadante obtido foi misturado ao primeiro no mesmo balão de 100 mL, aferindo-o com água destilada, obtendo-se assim o extrato, que também foi utilizado para determinação da atividade antioxidante total (AAT).



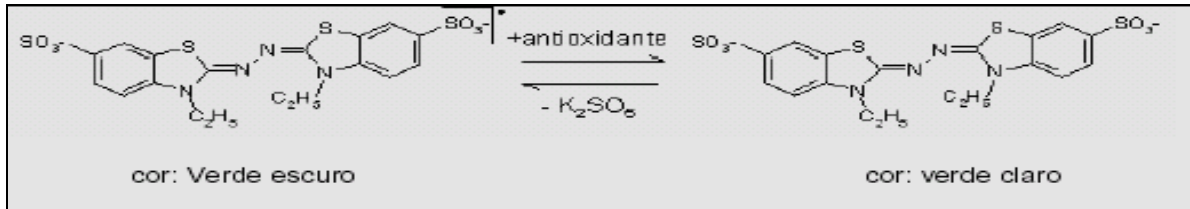
**Figura 11**– Esquema mostrando o fluxograma para a determinação da atividade antioxidante total e extração de polifenóis extraíveis. Adaptado de Rufino *et al.* (2010).

A determinação dos polifenóis extraíveis foi determinada segundo (Obanda & Owuor, 1997) usando alíquotas de 0,60 ml a 0,12 ml do extrato a depender do genótipo analisado, completando-se para 1 mL com água destilada, 1 mL do reagente Folin-Ciocalteu, 2 mL de  $\text{NaCO}_3$  20% e 2 mL de água destilada em tubos de ensaio, sendo em seguida homogeneizados e deixados em repouso por 30 minutos. Depois de decorrido o tempo, a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 700 nm, usando a curva padrão de ácido gálico e os resultados foram expressos em mg de ácido gálico  $100 \text{ g}^{-1}$  de polpa.

#### 4.4.5. Atividade antioxidante total por $\text{ABTS}^{++}$

O ensaio com o radical livre  $\text{ABTS}^{++}$  foi obtido pela reação do  $\text{ABTS}^{++}$  (7 mM) com persulfato de potássio (2,45  $\mu\text{M}$ , concentração final). O sistema foi mantido em repouso, à temperatura climatizada ( $\pm 25^\circ\text{C}$ ), durante 16 horas em ausência de luz. Uma vez formado o radical  $\text{ABTS}^{++}$ , diluiu-se com etanol até obter um valor de absorvância entre 700 a 705 nm. A leitura espectrofotométrica foi realizada exatamente após 6 minutos, a partir da mistura do radical com o extrato em um comprimento de onda de 734 nm. Utilizou-se uma alíquota de 30  $\mu\text{L}$  de amostra e 3 mL de radical  $\text{ABTS}^{++}$ . A curva gerada a partir dos valores das absorvâncias e das concentrações das amostras foi calculada. Os valores da AAT foram obtidos substituindo-se o valor de y na equação da reta pela absorvância equivalente a 1.000

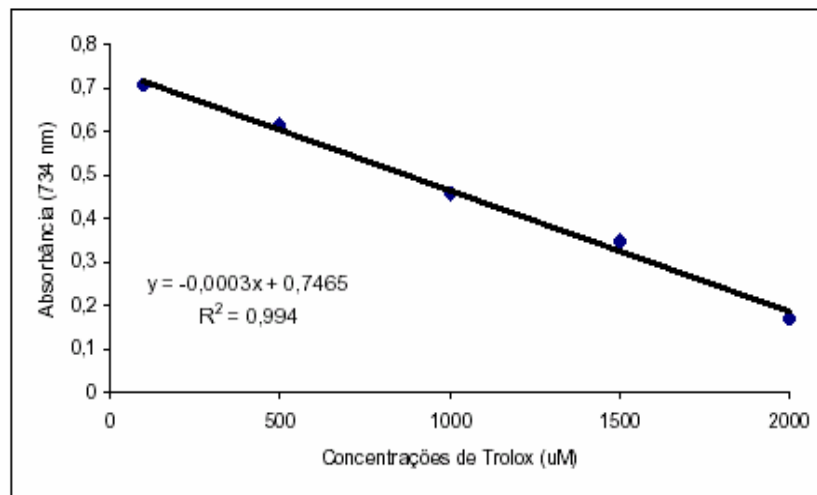
$\mu\text{M}$  de Trolox, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{mol trolox.g}^{-1}$  polpa (RE *et al*, 1999) (Figura 12).



**Figura 12**– Estabilização do radical de ABTS<sup>•+</sup> por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio (Rufino *et al*, 2007; Ilustração: Edy Souza de Brito).

#### 4.4.5.1. Preparo da curva padrão de Trolox ( $\mu\text{M}$ )

A partir de uma solução inicial de 10 mL de Trolox 2.000  $\mu\text{M}$  (S1), utilizando diluições sucessivas, onde essas soluções foram preparadas variando de 100 a 1.500  $\mu\text{M}$  (S2 a S5). Retirou-se 7,5 mL da S1 e completou-se com álcool etílico 95% para 10 mL em balão volumétrico (S2), e assim sucessivamente até a obtenção da S5, ou seja, 0,5 mL da S4 para 10 mL de álcool etílico. Em ambiente escuro, foram transferidos 30  $\mu\text{L}$  das soluções preparadas de Trolox de 100  $\mu\text{M}$  a 2.000  $\mu\text{M}$  para os tubos de ensaio, misturando com 3,0 mL da solução do radical ABTS<sup>•+</sup>, sendo em seguida os tubos agitados. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 734 nm, tendo sido realizadas 6 minutos após a adição do radical. O espectrofotômetro foi calibrado com álcool etílico 95%, sendo obtidas as absorvâncias correspondentes a cada concentração. Os valores de absorvância obtidos na leitura foram plotados com as concentrações correspondentes em uma curva, onde o eixo Y (absorvância) e o X (concentração de Trolox em  $\mu\text{M}$ ), sendo calculada a equação da reta (Figura 13). A partir da equação da reta foi calculada a absorvância referente a 1.000  $\mu\text{M}$  Trolox, onde  $y = ax + b$ , sendo  $x = 1.000 \mu\text{M}$  Trolox e  $y =$  absorvância correspondente a 1.000  $\mu\text{M}$  Trolox.



**Figura 13** – Exemplo de curva padrão de Trolox ( $\mu\text{M}$ ).

#### 4.4.6 Determinação da Atividade Antioxidante Total (AAT)

A partir do extrato descrito no tópico **4.4.4.**, foram preparadas no mínimo três concentrações diferentes e com três repetições, variando entre 33.330 e 200.000  $\text{mg.L}^{-1}$  que variaram de acordo com o genótipo analisado. Aos tubos de ensaio adicionaram-se alíquotas do extrato que corresponderam às seguintes concentrações: 33.330; 66,670; 100.000; 133.330 e 200.000 ppm. Em ambiente escuro, adicionou-se 30  $\mu\text{L}$  do extrato e 3,0 mL do radical  $\text{ABTS}^{++}$ , sendo os tubos agitados, logo em seguida. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 734 nm seis minutos após a adição do radical. Usou-se álcool etílico 95% como branco. A partir da absorbância e da concentração das amostras obtidas foram construídos gráficos, ficando a absorbância no eixo Y, contra a concentração da amostra ( $\text{g L}^{-1}$ ) no eixo X. Em seguida, determinou-se a equação da reta. Para calcular a AAT substituiu-se na equação da reta a absorbância equivalente a 1.000  $\mu\text{M}$  Trolox, obtida a partir da curva padrão, onde  $y = ax + b$ , sendo  $y =$  absorbância correspondente a 1.000  $\mu\text{M}$  de Trolox e  $x =$  concentração da amostra ( $\text{g L}^{-1}$ ) equivalente a 1.000  $\mu\text{M}$  de Trolox. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol trolox.g}^{-1}$  de polpa caju.

## **4.5. Avaliações bioquímicas**

### **4.5.1. Extração protéica**

Aos extratos protéicos foram obtidos a partir do uso de 2 gramas de material fresco que foram resuspenso em 10 mL de tampão fosfato monobásico de potássio 100 mM com EDTA 0,1 mM pH 7,0 em banho de gelo. Essa suspensão foi filtrada e centrifugada a 12.000 g por 15 minutos a 4 °C para obtenção do sobrenadante que foi retirado e congelado para as análises das atividades enzimáticas. Os extratos protéicos obtidos no sobrenadante foram armazenados a -18 °C (GIANNOPOLITIS; RIES, 1977).

### **4.5.2. Determinação do conteúdo de proteínas solúveis totais**

As determinações do conteúdo protéico foram realizadas de acordo com o método desenvolvido por Bradford (1976) utilizando-se a albumina sérica bovina como padrão. Uma alíquota de 0,1 ml de do extrato protéico foi adicionada a 1 mL do reagente de Bradford e, em seguida, a mistura de reação foi agitada por 10 s. As leituras foram realizadas 15 minutos após a adição do reagente de Bradford em espectrofotômetro a 595 nm. Os ensaios foram realizados em triplicata e expressos em mg g.p<sup>-1</sup>.

### **4.5.3. Atividade da enzima catalase (CAT, EC 1.11.1.6)**

Foi determinada utilizando-se o método descrito por Beers Júnior e Sizer (1952), com pequenas modificações, baseado na peroxidação do hidrogênio. Em banho-maria a 30°C, 1.350 µL de tampão fosfato 100 mM (pH 7,0) EDTA 0,1 mM foi aquecido durante 5 minutos e, em seguida, foram adicionados 60 µL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 0,5 M e 90 µL de extrato enzimático em seguida, iniciando a reação a mistura de reação foi homogeneizada e a atividade da catalase foi monitorada por absorvância a 240 nm e quantificada usando-se seu coeficiente de extinção molar (36 M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>), sendo os resultados expressos em µmol de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mg.p<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>.

### **4.5.4. Atividade da enzima dismutase do superóxido (SOD, EC 1.15.1.1)**

Foi determinada mensurando-se sua habilidade para inibir a redução fotoquímica do cloreto de nitro tetrazólio azul (nitro blue tetrazolium chloride - NBT), usando-se o método

descrito por Giannopolitis e Ries (1977). Foram adicionados 50  $\mu\text{L}$  do extrato protéico a 1.000  $\mu\text{L}$  de tampão fosfato 50 mM (pH 7,8), contendo EDTA 0,1 mM e metionina 13 mM. Em seguida na ausência de luz, foram adicionados 150  $\mu\text{L}$  de NBT a 75 mM, e 300  $\mu\text{L}$  de riboflavina a 100 mM. As amostras foram, então, expostas à luz sob uma lâmpada fluorescente de 20 W por 15 min. O produto resultante da fotorredução do NBT, a formazana azul, foi monitorado espectrofotometricamente a 560 nm. Uma unidade de atividade de SOD (UAE) foi definida como a quantidade de enzima requerida para causar 50% de inibição da taxa de fotorredução do NBT (BEAUCHAMP; FRIDOVICH, 1971), sendo os resultados expressos em UAE  $\text{mg.p}^{-1}$ .

#### **4.5.5. Atividade da enzima peroxidase do ascorbato (APX, EC 1.11.1.1)**

Foi determinada de acordo com o método de Nakano e Asada (1981), baseado na oxidação do ascorbato pelo peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Em banho-maria a 30°C, 1.350  $\mu\text{L}$  de tampão fosfato 50 mM (pH 6,0), EDTA 0,1 mM foi aquecido durante 5 minutos e, em seguida, foram adicionados 50  $\mu\text{L}$  do extrato protéico, 50  $\mu\text{L}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$  0,5 M e 50  $\mu\text{L}$  de ácido ascórbico a 15 mM. A taxa de oxidação do ascorbato pelo  $\text{H}_2\text{O}_2$  foi monitorada por absorbância a 290 nm no intervalo de 1 minuto após o início da reação pela adição do  $\text{H}_2\text{O}_2$ . A atividade enzimática foi quantificada utilizando-se o coeficiente de extinção molar do ascorbato ( $2,8 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ) e os resultados expressos em  $\mu\text{mol}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$   $\text{mg.p}^{-1} \text{ min}^{-1}$ , considerando-se que são necessários 2 moles de ascorbato para reduzir 1 mol de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (MCKERSIE; LESHEM, 1994).

#### **4.6. Análise Estatística**

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado com 4 tratamentos (clones), em sete estádios de maturação. As determinações foram efetuadas em triplicata e os dados foram submetidos ao teste de Normalidade não paramétrico de Shapiro-Wilk e, posteriormente, para comparação de médias foi realizado o teste Scott-Knott ao nível de 5%, considerando a homogeneidade ou não das variâncias, confirmadas pelo teste F de Fisher. Foi realizada a correlação de Pearson entre compostos bioativos e atividade antioxidante total ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste t. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa GENES (CRUZ, 2008).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análises Físicas

De acordo com o teste de *Shapiro-Wilk*, todos os conjuntos de dados analisados seguiram a Distribuição Normal, o que possibilitou a utilização do Teste de *Scott-Knott*.

#### 5.1.1 Tamanho

O diâmetro basal aumentou gradualmente com o decorrer da maturação para os clones CCP 09, CCP 76 e BRS 189 (Tabela 3). Durante o crescimento dos pedúnculos não foram observadas diferenças significativas para as médias dos estádios de maturação 3, 4 e 5. O clone CCP 76 obteve o maior valor no estágio de maturação comercial alcançando 65,87 mm. O CCP 09 alcançou 59,85 mm no último estágio de maturação, valor inferior ao encontrado por Abreu (2007) que foi de 60,03 mm no mesmo estágio de maturação (Tabela 3). Gomes *et al.* (2006) em estudo com sete clones de cajueiro anão precoce no oeste da Bahia, encontraram a maior média de diâmetro basal para o clone CCP 76 no valor de 58,10 mm para o estágio de maturação comercial, valor inferior ao encontrado nesse estudo.

**Tabela 3** - Diâmetro basal (mm) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

Estádios de Maturação							
Clones	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	34,61	37,66	43,79	50,87	51,68	56,27	59,85
<b>CCP 76</b>	36,40	45,05	52,40	57,14	58,31	60,94	65,87
<b>BRS 189</b>	33,11	38,88	43,52	46,03	52,22	55,77	62,49
<b>BRS 265</b>	35,26	34,17	38,53	42,41	41,39	46,45	46,41
<b>Média*</b>	<b>34,85 f</b>	<b>38,94 e</b>	<b>44,56 c</b>	<b>49,11 c</b>	<b>50,90 c</b>	<b>54,96 b</b>	<b>58,66 a</b>

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Com relação ao diâmetro apical este aumentou gradualmente com o decorrer da maturação para todos CCP 09, CCP 76 e BRS 189 (Tabela 4). Durante o crescimento dos pedúnculos não foram encontradas diferenças significativas para as médias dos estádios de maturação 6 (41,97 mm) e 7 (43,12 mm). Para os estádios iniciais 1 e 2 do desenvolvimento observou-se que os clones também não diferiram entre si, sendo os maiores valores observados para o CCP 76 que obteve 28,45 e 34,36 mm para os referidos estádios de maturação. Para o estágio de maturação comercial os clones CCP 09 e CCP 76 destacaram-se com 47,77 e 48,87 mm de diâmetro apical, respectivamente. Pereira *et al.* (2005) trabalhando com a caracterização físico-química de quatro clones de cajueiro anão precoce nas condições do norte de Minas Gerais, encontraram os maiores valores de diâmetro apical para o clone CCP 09 (51,10 mm).

**Tabela 4** - Diâmetro apical (mm) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

<b>Estádios de Maturação</b>							
<b>Clones</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>CCP 09</b>	24,19	26,95	33,01	39,58	40,98	45,88	47,77
<b>CCP 76</b>	28,45	34,36	39,69	42,02	44,60	47,71	48,87
<b>BRS 189</b>	24,11	25,93	29,00	30,09	33,38	35,59	41,84
<b>BRS 265</b>	24,84	25,93	32,18	37,96	31,92	38,69	33,99
<b>Média*</b>	<b>25,40 d</b>	<b>28,29 d</b>	<b>33,47 c</b>	<b>37,41 b</b>	<b>37,72 b</b>	<b>41,97 a</b>	<b>43,12 a</b>

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

A média do comprimento dos pedúnculos comportou-se sem diferenças estatísticas significativas para os estádios 4, 5 e 6 (Tabela 5). Para o estágio de maturação comercial (estádio 7) observou-se que o CCP 76 destacou-se em relação aos demais com 80,47 mm de comprimento, valor inferior ao encontrado por Figueiredo (2000) que foi de 82,24 mm para o mesmo clone no mesmo estágio de maturação. O clone avermelhado BRS 265 apresentou o menor valor para o comprimento no estágio de maturação comercial, perfazendo 57,93 mm. Conforme trabalho realizado por Gomes *et al.* (2006) os comprimentos obtidos para os clones Embrapa 51, CCP 76 e Embrapa 50 foram, respectivamente, 82,10; 78,90 e 86,20 mm. Silva *et al.* (2009), trabalhando com a caracterização física e química de 11 clones de cajus provenientes da Região do Brejo paraibano, cuja identificação das amostras foi omitida pelos autores, sendo estão designadas como indivíduos, encontraram a



maior média de comprimento de pedúnculo no valor de 83,80 mm para um material designado indivíduo 10 no estágio de maturação comercial, valor superior ao encontrado para o CCP 76 neste estudo.

**Tabela 5** - Comprimento dos pedúnculos (mm) de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	44,19	46,49	48,30	55,95	54,31	60,50	63,60
<b>CCP 76</b>	54,91	58,92	66,49	69,64	70,52	69,69	80,47
<b>BRS 189</b>	45,50	53,43	56,28	56,03	57,82	64,44	67,99
<b>BRS 265</b>	38,81	37,54	40,63	45,70	49,40	48,90	57,93
<b>Média*</b>	<b>45,85d</b>	<b>49,10 d</b>	<b>52,92 c</b>	<b>56,83 b</b>	<b>58,01 b</b>	<b>60,88 b</b>	<b>67,50 a</b>

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância

### 5.1.2 Massa

Com relação a essa variável nos clones avaliados, observou-se um aumento gradativo com o avanço da maturação para os clones CCP 09, CCP 76 e BRS 189 (Tabela 6). Durante o desenvolvimento não houve diferença significativa para a média dos estádios 1, 2, 4 e 5. No estágio de maturação comercial (estádio 7) o CCP 76 destacou-se possuindo 183,77 g de massa total, o que é adequado para caju de mesa, sendo esse valor superior ao obtido por Figueiredo (2000) para o mesmo clone no mesmo estágio de maturação que foi de 178,64 g, e ao encontrado por Moura (2001) que atingiu 150,82 g no estágio de maturação comercial; já o clone BRS 265 apresentou o menor valor de massa total, com 69,16 g no estágio de maturação comercial, se comparado ao encontrado por Abreu (2007) que fez 122,79 g para este clone no mesmo estágio, revelou-se um valor bem inferior. Os resultados para os clones podem ser atribuídos aos aspectos relacionados à interação entre genótipo e ambiente.

**Tabela 6** - Massa total de caju (gramas) de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	40,58	46,01	56,86	82,19	83,11	111,52	141,67
<b>CCP 76</b>	53,99	71,45	98,48	116,85	125,84	142,48	183,77
<b>BRS 189</b>	46,22	55,27	67,90	72,11	92,91	108,71	142,95
<b>BRS 265</b>	40,34	38,08	45,43	58,02	53,44	76,09	69,16
<b>Média*</b>	<b>45,28 e</b>	<b>52,70 e</b>	<b>67,17 d</b>	<b>82,29 c</b>	<b>88,83 c</b>	<b>109,70 b</b>	<b>134,39 a</b>

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Durante o crescimento não foram observadas diferenças de médias entre os estádios 4, 5, 6 e 7 (tabela 7). O CCP 09 alcançou no último estágio 10,18 g, obtendo o maior resultado para esse estágio. O clone BRS 265 para o mesmo estágio alcançou 9,31 g, sendo este o menor valor se comparado ao CCP 76. Abreu (2007) com caju no mesmo estágio encontrou valores inferiores ao do estudo para massa das castanhas dos clones CCP 09 (9,29 g), CCP 76 (9,99 g). A exceção foi o clone BRS 265 onde o autor encontrou um valor superior ao desse estudo, que foi de 11,85 g.

**Tabela 7**- Massa das castanhas (gramas) de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	12,90	11,00	9,81	9,66	9,49	8,98	10,18
<b>CCP 76</b>	13,97	11,42	12,13	10,92	10,22	10,40	11,21
<b>BRS 189</b>	15,08	11,65	11,05	10,32	10,20	9,98	9,86
<b>BRS 265</b>	12,72	12,14	11,54	10,63	10,88	11,24	9,31
<b>Média*</b>	<b>13,67 a</b>	<b>11,55 b</b>	<b>11,14 b</b>	<b>10,38 c</b>	<b>10,20 c</b>	<b>10,15 c</b>	<b>10,14 c</b>

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Durante o desenvolvimento e maturação dos pedúnculos, a exceção do clone BRS 265, verificou-se um aumento da massa dos pedúnculos no transcorrer da maturação (Tabela 8). Não houve diferença significativa para a média dos estádios 1 (31,60 g) 2 (41,06 g), 4

(71,39 g), 5 (76,67 g) dos clones analisados. De acordo com Filgueiras *et al.* (2002) a massa ideal do pedúnculo está entre 100 e 140 g para o pedúnculo ser considerado excelente para mesa no estágio de maturação comercial, com isso, todos os clones avaliados no referido estudo, estão incluídos nessa classificação de excelência para produção de caju de mesa e também para a industrialização, com exceção do clone BRS 265 que apresentou os menores para a massa do pedúnculo em todos os estágios de maturação chegando a alcançar 59,85 g no último estágio de maturação, valor menor que o dobro dos outros três clones. Pesquisa desenvolvida por Abreu com dez clones (2007) encontrou para o BRS 265 no mesmo estágio de maturação 110,94 g para a massa do pedúnculo, quase o dobro do encontrado nesse estudo, possivelmente devido a diferenças genéticas. Conforme Chitarra e Chitarra (2005) frutas de tamanho pequeno são antieconômicas para a extração de suco, uma vez que é necessário um maior número de unidades por caixa. Alves *et al.* (1999) em trabalho com clone de cajueiro anão precoce CCP 76, em condições de sequeiro, observaram que o mais acentuado aumento de massa do pedúnculo ocorreu entre os estágios 6 e 7.

**Tabela 8** - Massa dos pedúnculos (gramas) de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estágios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

Estádios de Maturação							
Clones	1	2	3	4	5	6	7
CCP 09	28,07	35,02	46,87	70,73	73,63	102,54	131,56
CCP 76	40,28	59,98	86,35	105,93	108,57	133,55	172,56
BRS 189	30,36	43,61	56,84	61,52	82,45	98,73	134,34
BRS 265	27,69	25,64	33,89	47,39	42,02	67,89	59,85
Média*	31,60 e	41,06 e	55,99 d	71,39 c	76,67 c	100,68 b	124,58 a

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

### 5.1.3 Firmeza

A firmeza é considerada um dos principais atributos que garantem a qualidade e a aceitabilidade de frutos in natura e de seus produtos industrializados (MANRIQUE, 2004).

De um modo geral, os pedúnculos avaliados tenderam a um decréscimo nos valores de firmeza no decorrer do processo de maturação (Tabela 9). O BRS 265 apresentou a maior média (14,48 N) de firmeza dos pedúnculos no estágio de maturação 7. Os estágios 4 e 5 de maturação não apresentaram diferenças significativas, sendo que no estágio de maturação

1 (pedúnculo verde e castanha verde), os clones demonstraram os maiores valores de firmeza, com média de 37,51 N e no estágio 7 a média decrescendo para 9,98 N (Tabela 9). Para todos os clones analisados, esse comportamento pode ser devido principalmente a degradação enzimática da parede celular, como observado por Figueiredo *et al.* (2001) em estudo envolvendo 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, onde observou-se uma redução da firmeza do pedúnculo e sua estreita correlação com a atividade das enzimas pectinolíticas pectinametilesterase e poligalacturonase, visto que essas enzimas estão relacionadas com o aumento do amaciamento dos pedúnculos.

O genótipo BRS 265 apresenta valores de firmeza superiores, chegando a resistir no estágio final de maturação uma pressão equivalente a 14,48 N, valor superior ao apresentado por Abreu (2007) em frutos no mesmo estágio de maturação que foi de 11,47 N. Essa superioridade evidencia que os pedúnculos desse clone, provavelmente, tenham vida útil pós-colheita superior aos demais clones avaliados, ou ainda, pode depender da atividade das enzimas pectinolíticas que se espera variar de clone para clone. Já o pedúnculo do clone CCP 09 apresentou menor firmeza em relação aos demais, 7,77 N no último estágio de maturação, valor superior ao encontrado por Moura (2001), que foi de 5,83 N.

Pereira *et al.* (2005) analisando pedúnculos e castanhas nas condições do norte de Minas Gerais encontrou para o clone CCP 76 valores de firmeza para a parte central do pedúnculo 16,95 N, valor este superior aos de todos os clones analisados neste estudo para o estágio de maturação comercial.

**Tabela 9** - Firmeza dos pedúnculos (N) de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

Clones	Estádio de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
CCP 09	37,88	31,95	23,87	19,27	15,34	10,37	7,77
CCP 76	33,82	22,98	15,63	12,25	11,01	9,85	7,78
BRS 189	39,36	31,51	24,37	21,71	20,46	15,36	9,87
BRS 265	38,97	38,96	29,28	21,92	25,47	16,74	14,48
Média*	37,51 a	31,35 b	23,29 c	18,79 d	18,07 d	13,08 e	9,98 f

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste t, a 5% de significância.

A espécie *A. occidentale* possui grande variabilidade para os principais atributos de interesse agroindustrial, como produção, massas do fruto, da amêndoa, do pedúnculo e comprimento, caracterizando a diversidade genética da espécie (BARROS, 1991).

## 5.2. Análises Físico-químicas

De acordo com o teste de *Shapiro-Wilk*, todos os conjuntos de dados analisados para as análises físico-químicas seguiram a distribuição normal, o que possibilitou a utilização do teste *Scott-Knott*.

### 5.2.1. pH

Durante o desenvolvimento e maturação dos pedúnculos observou-se que não houve variação para essa variável. Para o pH praticamente não há variação no suco de caju, mesmo durante a maturação esse valor pouco é modificado, conforme Figueiredo (2000). Não houve diferença estatística das médias encontradas para os estádios 2, 3, 4, 5 e 6 (Tabela 10).

Maia *et al.* (1971) encontraram valor de 4,37 para pedúnculos em início de desenvolvimento e 4,13 para os completamente maduros. Alves *et al.* (1999) trabalhando com o clone CCP 76, em sete estádios de desenvolvimento, não encontraram mudanças significativas no pH durante a maturação, assim como também observado nesse referido estudo.

**Tabela 10** - pH dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	4,39	4,27	4,01	3,97	4,03	4,31	4,52
<b>CCP 76</b>	4,53	4,26	4,37	4,35	4,23	4,34	4,51
<b>BRS 189</b>	4,46	4,15	4,24	4,05	4,07	4,17	4,45
<b>BRS 265</b>	4,70	4,41	4,25	4,16	4,22	4,22	4,25
<b>Média*</b>	<b>4,52 a</b>	<b>4,27 b</b>	<b>4,22 b</b>	<b>4,13 b</b>	<b>4,14 b</b>	<b>4,26 b</b>	<b>4,43 a</b>

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

### 5.2.2. Sólidos Solúveis (SS)

Durante o desenvolvimento dos pedúnculos não houve diferença estatística entre médias dos estádios de maturação 6 (11,47 °Brix) e 7 (11,59 °Brix) (tabela 11). No estágio de maturação comercial o genótipo CCP 09 atingiu o maior valor com 12,57° Brix, seguido do CCP 76. Agostini-Costa *et al.* (2004), avaliando características químicas de pedúnculos de cajueiro anão precoce, encontraram valores de SS de 11,3 °Brix para clones oriundos de Pacajus (CE) e de 10,9 °Brix para os de Paraipaba (CE), valores inferiores aos encontrados para os clones CCP 09 , CCP 76 e BRS 189 para esse estudo. Lavinias *et al.* (2006) encontrou teor inicial de sólidos solúveis do suco de caju de 11,17 °Brix, valor inferior para o CCP 76 neste estudo.

**Tabela 11** - Sólidos solúveis (°Brix) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
CCP 09	8,77	8,82	8,83	9,43	10,08	12,18	12,57
CCP 76	6,48	7,90	9,23	10,58	11,00	12,80	12,37
BRS 189	7,00	7,02	7,68	8,60	10,35	11,57	12,00
BRS 265	6,73	7,43	8,27	8,75	9,47	9,33	9,43
Média*	7,25 f	7,79 e	8,50 d	9,34 c	10,23 b	11,47 a	11,59 a

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

### 5.2.3. Acidez titulável (AT)

Durante o amadurecimento dos pedúnculos não foi observada diferença estatística significativa para as médias dos estádios de maturação 1 ao 5 quando foi avaliado a acidez titulável da polpa dos pedúnculos (tabela 12). A acidez titulável em pedúnculos de cajueiro, de acordo com Maia *et al.* (1971), varia entre um máximo de 0,40% no início do desenvolvimento, para um mínimo de 0,27% em ácido málico, para pedúnculos completamente maduros. Esta diminuição também foi observada por Alves *et al.* (1999), em estudo realizado com o clone CCP 76, cujos teores variaram de 0,40 a 0,21% de ácido málico para pedúnculos verdes e maduros, respectivamente. Gomes *et al.* (2006) obtiveram valores oscilando de 0,19 a 0,23%.

**Tabela 12** - Acidez titulável dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	0,29	0,32	0,32	0,30	0,21	0,19	0,19
<b>CCP 76</b>	0,32	0,29	0,33	0,33	0,31	0,26	0,25
<b>BRS 189</b>	0,28	0,26	0,18	0,21	0,27	0,21	0,16
<b>BRS 265</b>	0,23	0,27	0,31	0,29	0,24	0,19	0,18
<b>Média*</b>	<b>0,28 a</b>	<b>0,29 a</b>	<b>0,29 a</b>	<b>0,28 a</b>	<b>0,26 a</b>	<b>0,21 b</b>	<b>0,20 b</b>

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

#### 5.2.4. Relação SS/AT

Diversos pesquisadores observaram aumento gradual da proporção SS/AT no decorrer do processo de desenvolvimento e maturação do pedúnculo do cajueiro (ALVES *et al.*, 1999). Essa relação é um dos índices mais usados para avaliar o grau de doçura, posto que além de indicar o sabor dos mesmos, através do balanço açúcares/ácidos, pode estabelecer níveis de SS e AT para que se determine o ponto ótimo de colheita. Durante o amadurecimento dos pedúnculos foi observado que os maiores valores foram encontrados para os estádios 6 e 7 nos pedúnculos analisados. As médias dos estádios 3 e 4 não diferiram entre si. Para o estágio de maturação o clone BRS 189 apresentou o maior grau de doçura perfazendo 76,66 (Tabela 13).

**Tabela 13** - SS/AT dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	29,99	27,33	27,33	31,85	47,28	63,04	67,40
<b>CCP 76</b>	20,61	27,27	27,88	31,78	35,71	48,64	48,89
<b>BRS 189</b>	25,00	27,01	42,01	40,30	37,93	56,08	76,66
<b>BRS 265</b>	28,89	27,93	28,38	30,24	40,72	47,68	49,62
<b>Média*</b>	<b>26,12 e</b>	<b>27,38 e</b>	<b>31,40 d</b>	<b>33,54 d</b>	<b>40,41 c</b>	<b>53,86 b</b>	<b>60,64 a</b>

\*Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

### 5.3. Compostos bioativos

Os compostos bioativos e enzimas antioxidantes mostraram interação significativa ao nível de 5% entre os clones analisados, sendo as médias comparadas pelo *Scott-Knott*.

#### 5.3.1. Vitamina C (VC)

Os teores de vitamina C aumentaram com o transcorrer do desenvolvimento e maturação para todos os clones analisados, onde os clones CCP 09, CCP 76 e BRS 189, não diferiram estatisticamente nos estádios de maturação 6 e 7. O clone BRS 265 alcançou o maior teor no estágio final totalizando 279,37 mg.100 g<sup>-1</sup>, diferindo estatisticamente dos demais (Tabela 14).

**Tabela 14** - Teores de vitamina C (mg.100 g<sup>-1</sup>) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009\*.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	79,00dB	108,92cB	128,22bC	154,29bB	210,41aC	214,47aB	226,11aB
<b>CCP 76</b>	73,06cB	154,85bA	164,36bB	220,14aA	229,14aB	233,71aB	248,00aB
<b>BRS 189</b>	90,33eA	101,18eB	151,13dB	173,03cB	202,97bC	225,10aB	236,03aB
<b>BRS 265</b>	97,77eA	173,41dA	195,75cA	209,64cA	240,82bA	271,54aA	279,37aA
<b>Média*</b>	<b>85,04</b>	<b>134,59</b>	<b>159,86</b>	<b>189,28</b>	<b>220,84</b>	<b>236,21</b>	<b>247,38</b>

\*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5 % de probabilidade.

De acordo com Abreu (2007) em estudo de avaliação de compostos bioativos e atividade antioxidante em pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce, o clone BRS 189 apresentou teores de vitamina C (VC) no estágio de maturação comercial de 270,04 mg .100 g<sup>-1</sup>, valor superior ao encontrado neste estudo para o mesmo clone, no mesmo estágio.

Moura (1998) avaliando a qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce irrigados, encontrou para o CCP 76 e CCP 09 no estágio de maturação comercial teores de VC de 213,47 e 160,34 mg.100 g<sup>-1</sup> de polpa, respectivamente, valores inferiores aos encontrados para os mesmos clones neste estudo.



De acordo com LIMA *et al.* (2010), em trabalho com cinética da degradação do ácido ascórbico de pedúnculos em estádio comercial (CCP 76), onde foram aplicadas altas temperaturas (140 a 180 °C), observaram que a uma temperatura de 100°C, após o período duas horas de tratamento térmico, ainda havia mais de 70% da vitamina C inicial, e a temperatura de 140 °C, depois de 15 minutos, o que é considerado um tratamento muito drástico, 50% da vitamina C ainda continuava presente, o que pode-se inferir que todos os pedúnculos analisados neste experimento, destacadamente o clone BRS 265 apresenta potencial para o processamento industrial.

As diferenças nos teores de VC são atribuídas à variabilidade genética, localização dos experimentos em climas e locais distintos, diferentes tratamentos culturais, tipos de solo e uso ou não de irrigação (MOURA FÉ *et al.*, 1972; PRICE *et al.*, 1975; SOARES, 1975; FALADE, 1981; ORTIZ; ARGUELLO, 1985; BARROS *et al.*, 1993).

Dentre os benefícios obtidos na utilização terapêutica da vitamina C em ensaios biológicos com animais incluem o efeito protetor contra os danos causados pela exposição às radiações e medicamentos (AMARA-MOKRANE *et al.*, 1996). Os estudos epidemiológicos também atribuem a essa vitamina um possível papel de proteção no desenvolvimento de tumores nos seres humanos (LUPULESCU, 1993; DUTHIE *et al.*, 1996).

### **5.3.2. Carotenóides Totais (CT)**

Neste experimento os maiores valores foram atribuídos aos pedúnculos quando maduros (estádios 6 e 7) (Tabela 15). Rufino *et al.* (2010) avaliando os compostos bioativos e atividade antioxidante total de 18 frutas tropicais não-tradicionais brasileiras, encontraram para o pedúnculo de cajueiro maduro oriundo de Pacajus-CE, teores de CT de 0,40 mg.100 g<sup>-1</sup>, o mesmo valor encontrado para o CCP 09 neste estudo. Abreu (2007) em estudo de avaliação de compostos bioativos e atividade antioxidante em pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce no estádio de maturação comercial, observou que o clone BRS 189 apresentou os maiores teores de carotenóides totais (CT) que foi de 0,930 mg.100 g<sup>-1</sup>.

**Tabela 15** – Teores de Carotenóides totais ( $\text{mg } 100.\text{g}^{-1}$ ) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios e maturação. Pacajus-CE, 2009\*.

<b>Estádios de Maturação</b>							
<b>Clones</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>CCP 09</b>	0,09eA	0,11eA	0,22dA	0,26cA	0,29cA	0,36bA	0,40aA
<b>CCP 76</b>	0,19eA	0,20eA	0,23dA	0,25cA	0,27cA	0,30bA	0,41aA
<b>BRS 189</b>	0,10dA	0,17cA	0,17cA	0,20cA	0,27bA	0,31aA	0,32aA
<b>BRS 265</b>	0,19dA	0,29cA	0,33bA	0,34bA	0,37aA	0,37aA	0,39aA
<b>Média *</b>	<b>0,14</b>	<b>0,19</b>	<b>0,24</b>	<b>0,26</b>	<b>0,30</b>	<b>0,33</b>	<b>0,38</b>

\*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5 % de probabilidade.

Mangels *et al.* (1993) salientaram que os níveis deste pigmento podem ser influenciados pela estação do ano, localização geográfica, condições de colheita, além de outros fatores. O teor de carotenóides totais aumenta durante o amadurecimento, momento em que a carotenogênese é intensificada, a exemplo do que ocorre em manga (JOHN *et al.*, 1970), laranja (ROTSTEIN *et al.*, 1972), mamão (WILBERG; RODRIGUEZ-AMAYA, 1995) e carambola (GROSS *et al.*, 1983).

### 5.3.3. Antocianinas Totais (ANT)

Assim como os teores de vitamina C e carotenóides totais, os teores de antocianinas totais também aumentaram com o decorrer do crescimento e amadurecimento dos pedúnculos. Onde os clones CCP 09, BRS 265 e CCP 76, não apresentaram diferenças estatísticas entre os estádios 1, 2, 3 e 6. No estádio 7, apenas o CCP 09 e o CCP 76, não apresentaram diferenças entre si. O CCP 09 não apresentou diferenças nos sete estádios de maturação.

Já o clone CCP 76 não apresentou diferenças estatísticas entre seus estádios de maturação. O BRS 265 não diferiu em todos os estádios. O BRS 189 apresentou os teores mais elevados de antocianinas totais no estádio de maturação comercial, alcançando  $21,16 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$  (Tabela 16).

**Tabela 16** – Teores de Antocianinas totais (mg.100 g<sup>-1</sup>) na película dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009\*.

<b>Estádios de Maturação</b>							
<b>Clones</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>CCP 09</b>	2,48bB	2,70bB	2,82bB	2,85bC	2,95bD	3,97aB	4,36aC
<b>CCP 76</b>	2,93aB	3,21aB	3,26aB	3,73aB	3,82aC	3,86aB	4,61aC
<b>BRS 189</b>	5,80eA	5,59eA	8,45dA	6,05eA	9,74cA	18,63bA	21,16aA
<b>BRS 265</b>	2,55cB	2,83cB	3,07cB	4,19bB	4,29bB	4,92bB	6,09aB
<b>Média *</b>	<b>3,44</b>	<b>3,58</b>	<b>4,40</b>	<b>4,20</b>	<b>5,20</b>	<b>7,85</b>	<b>9,05</b>

\*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5 % de probabilidade.

De acordo com Abreu (2007) o clone BRS 189 apresentou os maiores teores de antocianinas totais (ANT) no estágio de maturação comercial que foi de 23,42 mg.100 g<sup>-1</sup>. O CCP 76 alcançou 7,24 e o CCP 09, 6,06 mg.100 g<sup>-1</sup>, enquanto que o BRS 265 alcançou 15,35 mg.100 g<sup>-1</sup>, todos esses valores foram superiores aos encontrados neste estudo para o referido estágio de maturação. Moura (1998) trabalhando com nove clones de cajueiro no estágio de maturação comercial, obteve no estágio de maturação comercial valores de 37,38 e 17,58 mg .100 g<sup>-1</sup> para os teores de antocianinas para os clones CCP 76 e CCP 09, respectivamente, valores elevados se comparados com o deste estudo para os mesmos clones, no referido estágio de maturação, resultado possivelmente da diferença genética dos materiais analisados.

Rufino *et al.* (2010) avaliando os compostos bioativos e a atividade antioxidante total de 18 frutas tropicais não-tradicionais brasileiras, encontraram para o pedúnculo de cajueiro maduro teores de AT de 9,5 mg.100 g<sup>-1</sup>, onde neste estudo os maiores valores foram atribuídos para o açaí, que alcançou 111 mg.100 g<sup>-1</sup>. Apesar de não ser uma fonte excelente de antocianinas totais, como visto para o açaí, os clones analisados neste experimento podem ser considerados boas fontes desse pigmento, quando comparados com frutos como a acerola que de acordo com Souza *et al.* (2004), apresentou variação de 4,84 a 13,80 mg.100 g<sup>-1</sup>, sendo considerada a acerola uma boa fonte de antocianinas. Com isso, pode-se concluir que os pedúnculos dos materiais analisados são também boas fontes desse composto bioativo, que assim como outros possuem excelente ação antioxidante.

### 5.3.4. Flavonóides Amarelos (FA)

Assim como os teores de vitamina C, carotenóides e antocianinas totais, os de flavonóides amarelos também aumentaram com o transcorrer da maturação dos clones. Onde o CCP 76 e o BRS 189 não apresentaram diferenças significativas entre os estádios 4, 5, 6 e 7. O clone CCP 09 não diferiu estatisticamente entre os estádios 2, 3, 4 e ainda 5 e 6. Já, o CCP 76 não diferiu entre os estádios 5 e 6; enquanto que, o BRS 189 não apresentou diferenças estatísticas entre os estádios 4, 5 e 6. Para o estádio de maturação comercial o clone CCP 76 sobressaiu-se aos demais, alcançando teores para FA de 56,32 mg.100 g<sup>-1</sup> (Tabela 17).

**Tabela 17** – Teores de Flavonóides amarelos (mg 100 g<sup>-1</sup>) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro ano precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009\*.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	14,51dC	23,13cC	23,67cC	23,83cC	29,28bC	30,38bC	33,35aD
<b>CCP 76</b>	16,99eC	18,57eD	41,14dA	44,47cA	49,39bA	49,56bA	56,32aA
<b>BRS 189</b>	20,26dB	27,65cB	36,07bB	47,46aA	48,16aA	48,87aA	50,75bA
<b>BRS 265</b>	27,94cA	33,83bA	34,46bB	35,60bB	36,73aB	36,95aB	38,82aC
<b>Média *</b>	<b>19,93</b>	<b>25,80</b>	<b>33,83</b>	<b>37,84</b>	<b>40,89</b>	<b>41,44</b>	<b>44,81</b>

\*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5 % de probabilidade.

De acordo com Abreu (2007) o clone BRS 189 apresentou teores de FA, no estádio de maturação comercial de 41,69 mg.100 g<sup>-1</sup>, o CCP 76 atingiu 38,57 mg.100 g<sup>-1</sup> e o CCP 09 30,14 mg.100 g<sup>-1</sup>, valores inferiores aos encontrados neste estudo para os referidos clones.

Moura (1998), trabalhando com nove clones de cajueiro no estádio de maturação comercial encontrou para o CCP 76 e CCP 09 teores de FA, de 111,86 e 89,91 mg.100 g<sup>-1</sup> de polpa, respectivamente, teores bem superiores aos encontrados neste estudo para todos os clones analisados. Pode-se observar pelos resultados obtidos neste experimento que não existe uma correspondência entre os teores de flavonóides amarelos e antocianinas totais, sendo o primeiro predominante sobre o segundo em termos quantitativos.

### 5.3.5. Polifenóis extraíveis (PE)

Os teores de polifenóis extraíveis diminuíram com a maturação dos pedúnculos. Onde os clones CCP 09, BRS 265 e CCP 76 não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os estádios 6 e 7. Para o estádio de maturação comercial os clones CCP 09 e BRS 265 destacaram-se alcançando 70,91 mg.100 g<sup>-1</sup> e 69,51 mg.100 g<sup>-1</sup> (Tabela 18).

**Tabela 18** – Teores de polifenóis extraíveis (mg.100 g<sup>-1</sup>) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro ano precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009\*.

Estádios de Maturação							
Clones	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	375,79aA	290,82bA	286,31bA	236,68cA	222,90dA	75,67eA	70,91eA
<b>CCP 76</b>	124,20aC	95,54bD	91,72bC	91,60bB	74,82cB	74,32cA	64,01dA
<b>BRS 189</b>	144,57aB	116,96bC	112,64bB	97,28cB	74,19dB	62,69eB	54,85eB
<b>BRS 265</b>	114,96bD	129,77aB	83,73cC	78,38cC	63,99dC	76,56cA	69,51dA
<b>Média *</b>	<b>189,88</b>	<b>158,27</b>	<b>143,60</b>	<b>125,98</b>	<b>108,97</b>	<b>72,31</b>	<b>64,82</b>

\*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5 % de probabilidade.

O clone CCP 09 apresentou teores de polifenóis mais elevados nos cinco primeiros estádios de maturação em relação aos demais clones, o que poderia ser explorado pela indústria de suplementos antioxidantes.

De acordo com Abreu (2007) o clone BRS 189 apresentou teores de PET no estádio de maturação comercial de 171,43 mg.100 g<sup>-1</sup>, o clone CCP 76 104,07, o CCP 09 atingiu 137,37 mg.100 g<sup>-1</sup> e por fim o BRS 265 totalizou 99,53 mg.100 g<sup>-1</sup>, sendo portanto, todos os valores superiores aos encontrados para os mesmos clones analisados neste estudo no mesmo estádio de maturação, provavelmente devido a variabilidade genética das amostras. Rufino *et al.* (2010), encontraram para o pedúnculo de cajueiro maduro teores de PET 118 mg.100 g<sup>-1</sup>, valor inferior aqueles alcançados para todos os clones analisados neste estudo nos estádios 1 e 2, onde os mesmos encontraram os maiores valores de PET para o camu-camu, que alcançou 1.176 mg.100 g<sup>-1</sup> de polpa, 3,1 vezes mais PET que o clone CCP 09 no estádio 1 neste estudo.

A diminuição dos teores de PET nos materiais analisados neste experimento provavelmente está relacionada com a diminuição de compostos fenólicos, que são complexados e polimerizados durante o processo de amadurecimento, o que diminui a

adstringência e torna o pedúnculo com boa palatabilidade (redução do efeito “tanante”) (FIGUEIREDO, 2000).

Estudo recente relata que compostos fenólicos têm se mostrado bons contribuintes para a atividade antioxidante total dos alimentos que os contêm, embora sua relevância nutricional seja incerta pela sua pobre absorção e rápida metabolização, associada a sua limitada ação antioxidante *in vivo* (ZULUETA *et al.*, 2007).

#### 5.4. Atividade Antioxidante Total (AAT)

A atividade antioxidante total (AAT) tendeu a um decréscimo com o transcorrer do amadurecimento para os materiais analisados, onde os clones diferiram entre si estatisticamente ao nível de 5%, do estágio 2 ao 7. Com destaque para o clone CCP 09 que nos cinco primeiros estádios de maturação que alcançou os maiores valores de AAT em relação aos demais clones (Tabela 19).

**Tabela 19** - Atividade antioxidante total ( $\mu\text{mol trolox.g}^{-1}$ ) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de desenvolvimento e maturação. Pacajus-CE, 2009\*.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	306,97aA	235,00bA	152,88cA	101,31dA	75,32eA	26,49gD	30,96fD
<b>CCP 76</b>	62,68aB	62,75aB	62,64aB	57,80bB	48,78cB	45,70cA	41,45dA
<b>BRS 189</b>	31,88cC	31,72cD	41,17aC	40,33aD	36,81bD	36,73bB	36,62bB
<b>BRS 265</b>	34,75bC	43,74aC	34,95bD	45,78aC	43,37aC	29,95cC	34,60bC
<b>Média *</b>	<b>109,07</b>	<b>93,30</b>	<b>72,91</b>	<b>61,31</b>	<b>51,07</b>	<b>34,72</b>	<b>35,91</b>

\*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5 % de probabilidade.

De acordo com Abreu (2007) o clone BRS 189 apresentou AAT no estágio de maturação comercial de  $17,01 \mu\text{mol trolox.g}^{-1}$ , o CCP 76 de  $12,28$ , o CCP 09 totalizou  $13,83$  e por fim o BRS 265 totalizou  $6,84 \mu\text{mol trolox.g}^{-1}$ , valores considerados inferiores se comparados aos encontrados nesse estudo para todos os clones no referido estágio.

Santos (2007) usando o método ABTS em estudo com produtos derivados do açaí e do cupuaçu obteve, valores de 10,21 a 52,47  $\mu\text{mol trolox.g}^{-1}$  para polpas de açaí e de 1,11 a 1,57  $\mu\text{mol trolox.g}^{-1}$  para as polpas de cupuaçu, com isso, verifica-se que os pedúnculos analisados em nossos experimentos possuem atividade antioxidante intermediária entre essas polpas no estágio de maturação comercial, sendo, portanto considerados bons agentes antioxidantes naturais, podendo ser recomendados tanto para o consumo *in natura*, como para industrialização para obtenção de produtos derivados, devido aos benefícios que os mesmos podem proporcionar a saúde dos consumidores.

#### **5.4.1. Correlação de Pearson entre compostos bioativos e atividade antioxidante total**

Foi realizada a análise de correlação de Pearson (Tabela 20) para verificar se os compostos bioativos (vitamina C, carotenóides totais, antocianinas totais, flavonóides amarelos e polifenóis extraíveis) contribuíam de uma forma direta para a atividade antioxidante total, onde foi verificada uma correlação fortemente positiva para os polifenóis extraíveis ( $p < 0,01$ ;  $r = 0,90$ ).

**Tabela 20** – Correlação de Pearson entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante total em pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009.

<b>Variável</b>	<b>Correlação com ATT</b>
Vitamina C	- 0,47**
Carotenóides Totais	- 0,53**
Antocianinas Totais	- 0,27*
Flavonóides amarelos	- 0,49**
Polifenóis extraíveis totais	0,90**

\*\* e \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t.

Muitos estudos têm verificado uma correlação direta entre a atividade antioxidante total e os compostos fenólicos, sendo estes considerados os mais representativos entre as substâncias bioativas com essa atividade (HEIM *et al.*, 2002).

Rufino *et al.* (2010), ao analisar a correlação entre os compostos bioativos e atividade antioxidante total pelo método ABTS, de dezoito frutas tropicais, obteve correlações

positivas e significativas, para o teor de vitamina C ( $r = 0,70$ ,  $p < 0,01$ ) e para o conteúdo de compostos fenólicos ( $r = 0,92$ ,  $p < 0,01$ ). Entretanto, não foi obtida correlação significativa para o conteúdo de antocianinas, carotenóides totais e flavonóides amarelos.

Gardner *et al.* (2000) observaram que os compostos fenólicos contribuíram majoritariamente para a atividade antioxidante de sucos não cítricos enquanto os compostos carotenóides apresentaram uma contribuição negativa.

González-Sánchez *et al.* (2004) em um estudo da atividade antioxidante *in vitro* de café usando diferentes processos, observaram uma elevada correlação entre o conteúdo de polifenóis e os valores da atividade antioxidante pelos métodos ABTS e FRAP ( $r = 0,99$ ,  $p < 0,01$ ;  $r = 0,98$ ,  $p < 0,01$ , respectivamente).

Abreu (2007) encontrou correlação direta entre compostos polifenóis ( $r = 0,7710$ ,  $p < 0,01$ ) e vitamina C ( $r = 0,5674$ ,  $p < 0,01$ ), quando avaliou a qualidade e atividade antioxidante total de pedúnculos de clones comerciais de cajueiro anão precoce.

Porém, outros autores não verificaram correlação entre compostos bioativos e a atividade antioxidante total, justificando que a atividade antioxidante não é fundamentada na ação de uma ou mais substâncias isoladas, mas do sinergismo entre elas, originando assim, a ação antioxidante total.

## 5.5. Enzimas antioxidantes

Algumas enzimas especiais, como a dismutase do superóxido (SOD, EC 1.15.1.1), a catalase (CAT, EC 1.11.1.6), e a peroxidase do ascorbato (APX, EC 1.11.1.11) são enzimas antioxidantes que atuam nos tecidos vegetais como sequestradoras de radicais livres (oxigênio ativo), os quais são resultantes de estresses oxidativos em muitos sistemas biológicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

### 5.5.1. Catalase (CAT, EC 1.11.1.6)

Com relação à atividade da enzima catalase (CAT) observou-se um aumento da atividade desta no transcorrer da maturação dos pedúnculos, fato este que pode estar relacionado com a resistência do genótipo aos diversos estresses (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os clones CCP 76 e o BRS 189 não diferiram entre si com relação ao estágio de



maturação 6, sendo que no referido estágio, o clone BRS 265 apresentou a mais alta atividade catalásica no estágio 7 que foi de 103,83  $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg.p}^{-1}$ , denotando uma maior necessidade de remoção de ERO, o que indica uma desordem metabólica como estresse oxidativo, possivelmente como resultado do amadurecimento dos pedúnculos, fato este que pode estar associado à resistência dos pedúnculos aos fatores de estresse (Tabela 21).

A CAT é uma importante enzima na proteção contra danos oxidativos (MITTLER, 2002), onde sua presença nos clones estudados pode ser benéfica, não só do ponto de vista fisiológico como também da manutenção da qualidade das polpas.

**Tabela 21** - Atividade da catalase ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg.p}^{-1}$ ) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estágios de maturação. Pacajus-CE, 2009\*.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
CCP 09	2,75cC	7,42cC	9,73cD	13,60bD	17,98bD	30,87aC	31,08aD
CCP 76	9,19eB	10,58eC	18,11dC	38,29cA	39,55cB	73,28bB	75,40bA
BRS 189	18,27eA	15,49eB	56,98cA	30,02dB	81,95aA	76,03aB	70,08bA
BRS 265	16,87eA	62,31cA	32,27dB	22,17eC	30,88dC	80,35bA	103,83aB
Média*	11,77	23,95	29,27	26,02	42,59	65,13	145,10

\*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, pelo teste t, a 5 % de probabilidade.

Foyer *et al.* (1997), comentam que a exposição de frutos a baixas temperaturas provoca um acúmulo de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e outras ERO como sinal de estresse oxidativo e ativa um sistema de defesa antioxidante, pois a catalase é altamente sensível a baixas temperaturas.

### **5.5.2. Dismutase do Superóxido (SOD, EC 1.15.1.1)**

A dismutase do superóxido faz parte do sistema enzimático antioxidativo, sendo considerada como primeira linha de defesa contra o radical livre superóxido (POLLE, 2001). A função dessa enzima é converter o radical superóxido em peróxido de hidrogênio, uma espécie reativa de oxigênio, a qual posteriormente será eliminada por outras enzimas.

O clone CCP 09 apresentou aumento da atividade da SOD durante todo o desenvolvimento e maturação, chegando a alcançar no último estágio o valor mais elevado para esta enzima, totalizando 5.323,08 UAE  $\text{mg.p}^{-1}$ . O CCP 76 apresentou picos entre os estágios 2, 4 e 6, não apresentando diferenças significativas entre esses estágios de maturação.

Os clones BRS 189 e BRS 265 apresentaram picos entre os estádios 1, 3 e 5. No último estágio os clones BRS 189 e BRS 265 não diferiram entre si (Tabela 22).

**Tabela 22-** Atividade da dismutase do superóxido (UAE mg.p<sup>-1</sup>) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009\*.

<b>Estádios de Maturação</b>							
<b>Clones</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>CCP 09</b>	325,88fC	459,48eA	610,36dA	817,48cA	819,59cB	1745,77bA	5323,08aA
<b>CCP 76</b>	157,61bD	277,33aD	155,97bC	403,02aC	335,48aC	347,31aD	241,90bC
<b>BRS 189</b>	635,47cA	331,38eC	440,49dB	436,87dC	1056,22aA	1063,71aB	829,46bB
<b>BRS 265</b>	440,14dB	379,37dB	456,59dB	547,31cB	807,33bB	530,43cC	932,89aB
<b>Média *</b>	<b>389,78</b>	<b>361,89</b>	<b>415,85</b>	<b>551,17</b>	<b>754,66</b>	<b>921,81</b>	<b>1831,83</b>

\*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, pelo teste t, a 5 % de probabilidade.

Tais resultados sugerem que o CCP 09 apresenta um sistema de proteção enzimática contra o radical superóxido que foi intensificado à medida que os pedúnculos desse genótipo evoluíram no estágio de maturação, sendo superior ao CCP 76 no último estágio em torno de 22 vezes em atividade.

Estudos recentes têm mostrado que as ERO agem como sinais mediadores do estresse e que estimulam um consequente aumento na expressão de enzimas antioxidantes, tal como a SOD (REYES *et al.*, 2005). Imahori *et al.* (2008) estudaram os efeitos de diferentes temperaturas de armazenamento sobre a capacidade enzimática antioxidante em *Prunus mume* Sieb. et Zucc, e observaram um aumento de 1,6 vezes na atividade da SOD após 15 dias de armazenamento a 1 °C, concluindo que a ação da SOD pode ser o primeiro passo na defesa da célula vegetal contra injúria pelo frio. Kang e Saltveit (2001) observaram que aumentos nas atividades de SOD e CAT estavam relacionados com o desenvolvimento de tolerância ao frio induzida pelo pré-armazenamento de pepinos em temperaturas elevadas.

### **5.5.3. Peroxidase do ascorbato (APX, EC 1.11.1.11)**

A atividade da peroxidase do ascorbato (APX), não mostrou diferenças estatísticas significativas entre os estádios de maturação quando analisados todos os clones, desde o estágio 1 ao 7 (Tabela 23). Embora a APX seja considerada a principal forma de proteção das células vegetais contra a ação do peróxido de hidrogênio (ASADA, 1992), os

resultados aqui apresentados não mostram isso, onde como pode-se verificar, os valores de atividade da CAT foram de um modo geral, superiores aos da APX durante todo o crescimento e maturação dos pedúnculos, sendo a CAT possivelmente a principal eliminadora de peróxido de hidrogênio nas polpas dos clones analisados.

**Tabela 23** - Atividade da peroxidase do ascorbato ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg.p}^{-1}$ ) dos pedúnculos de quatro clones de cajueiro anão precoce em sete diferentes estádios de maturação. Pacajus-CE, 2009\*.

Clones	Estádios de Maturação						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>CCP 09</b>	0,25cA	0,25cA	0,27bA	0,32aA	0,27bA	0,26cA	0,27bA
<b>CCP 76</b>	0,31aA	0,29bA	0,27cA	0,31aA	0,27cA	0,19eA	0,21dA
<b>BRS 189</b>	0,23cA	0,21dA	0,23cA	0,27aA	0,25bA	0,26bA	0,28aA
<b>BRS 265</b>	0,25aA	0,26aA	0,26aA	0,27aA	0,27aA	0,26aA	0,27aA
<b>Média*</b>	<b>0,26</b>	<b>0,25</b>	<b>0,26</b>	<b>0,29</b>	<b>0,26</b>	<b>0,24</b>	<b>0,26</b>

\*Médias seguidas por letras iguais, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, não diferem entre si, pelo teste t, a 5 % de probabilidade.

Apesar do conhecimento da ocorrência de variações nas atividades de certas enzimas vegetais, quando plantas estão sobre pressão biótica ou abiótica, não há, contudo, um padrão universal de resposta. Tanto pode haver correlação positiva como negativa indicando que, em geral, as enzimas atuam mais como indicadoras do início e da evolução da resposta de resistência ou tolerância aos estresses do que como elementos destinados a exercer, diretamente, a defesa ou regular o metabolismo que leva o vegetal a ajustar-se aquela situação adversa (MIRANDA, 2002).

O sistema de defesa enzimática antioxidante presente nos pedúnculos analisados parece estar relacionado à remoção de radicais livres gerados pelo estresse oxidativo, como um mecanismo de proteção contra as ERO, podendo indicar que esses genótipos possuam a capacidade de desenvolver mecanismos de combate ao estresse.

## 6. CONCLUSÃO

---

Os pedúnculos dos clones analisados possuem atividade antioxidante atribuída principalmente aos teores de polifenóis extraíveis, sendo, portanto, considerados como fontes relevantes de compostos antioxidantes, que são necessários para a manutenção da saúde humana. Os clones que tiveram destaque foram o 'BRS 265' e o 'CCP 09'. Os maiores teores de ácido ascórbico foram encontrados no clone BRS 265, durante todo o crescimento e maturação dos pedúnculos. Os mais elevados níveis de polifenóis extraíveis e capacidade antioxidante total foram encontrados em CCP 09 nos primeiros cinco estádios de maturação. Os pedúnculos são consumidos frescos, o que significa que um potencial de mercado inexplorado para eles existe. Portanto, os clones representam um potencial real para o desenvolvimento de novos produtos com propriedades funcionais, podendo ser explorados pela indústria de suplementos antioxidantes ou proveitosamente estudados pela indústria alimentar para o desenvolvimento de diversos produtos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABREU, C. R. A. **Qualidade e atividade antioxidante total de pedúnculos de clones comerciais de cajueiro anão precoce**. 2007. 111f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

AGOSTINI-COSTA, T. S.; R. F.; NAVES, R. V. Caju, identidade tropical que exala saúde. *Revista Toda Fruta*. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br>. Acesso em: 22 fev 2010.

AGOSTINI-COSTA, T. S. Determination of anacardic acids in cashew apples. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 5, p. 77-81, 2003.

AGRIFANUAL 2008. **Anuário da Agricultura Brasileira**. CORRÊA, S., SILVEIRA, D., SANTOS, C., LINDEMANN, C., REETZ, E. R., BELING, R. R. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, Santa Cruz, 2008. 136 p.:il. ISSN 1808-4931.

AGUIAR, L. P.  **$\beta$ -caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético**. 2001. 87f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

ALVES, R. E.; BEZERRA, F. C.; ABREU, F. A. P. Development and maturation of the apple of early dwarf cashew tree CCP 76. **Acta Horticulturae**, n. 485, p. 230-255, 1999.

ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. **Caju: pós-colheita**. Fortaleza: EMBRAPA, 2002 - Agroindústria Tropical. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 36p. (EMBRAPA. Frutas do Brasil).

ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; RUFINO, M. do S. M. Prospecção da atividade antioxidante e de compostos com propriedades funcionais em frutas tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19, 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Cabo frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ. 2006. p. 133-141.

AMARA-MOKRANE, Y.A.; LEHUCHER-MICHEL, M.P.; BALANSARD, G., DUMÉNIL, G., BOTTA, A. Protective effects of a-hederin, chlorophyllin and ascorbic acid towards the induction of micronuclei by doxorubicin in cultured human lymphocytes. **Mutagenesis**, v.11, n.2, p.161-167, 1996.

ASADA, K. Ascorbate peroxidase- a hydrogen peroxide- scavenging enzyme plants. **Physiologia plantarum**, v. 85, p. 235-241, 1992.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 11.ed. Washington: AOAC, 1992. 1115p.

AUGUSTIN, A.; UNNITHAN, V. K. G. An attempt on maturity of cashew apple. **Indian Cashew Journal**, v. 14, n. 4, p. 9-11, 1981.

BAHORUN, T.; SOOBRAATTEE, M. A.; NEERGHEEN, V. S; LUXIMON-AMMA, A.; ARUOMA, O. I. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. **Mutation Research**, v. 579, p. 200-213, 2005.

BARROS, L. M. **Melhoramento**. In: LIMA, V. P. M. S. A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil, ETENE. 1988. p.321-356 (Estudos Econômicos e Sociais, 35).

BARROS, L. de M.; ARAÚJO, F. E. de.; ALMEIDA, J. I. L.; TEIXEIRA, L. M. S. **A cultura do cajueiro anão**. Fortaleza: EPACE, 1984. (EPACE. Documentos, 3).

BARROS, L. de M. **Caracterização morfológica e isoenzimática do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) tipos comum e anão precoce, por meio de técnicas multivariadas**. 1991. 256f. Tese. (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BARROS, L. de M.; PIMENTEL, C. R. M.; CORREA, M. P. F.; MESQUITA, A. L. M. **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro anão precoce**. Fortaleza, EMBRAPA/CNPAT, 1993, 65p. (EMBRAPA, Circular Técnica, 01).

BARROS, L. de M.; PAIVA, J. R. de; CAVALCANTI, J. J. V. Cajueiro anão precoce- Melhoramento genético: estratégias e perspectivas. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. 1999. p. 18-21.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

BEERS-JÚNIOR, R. F.; SIZER, I. W. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. **Journal of Biological Chemistry**, v. 195, p. 133-140, 1952.

BIALE, J.B.; BARCUS, D.E. Respiratory patterns in tropical fruits of the Amazon Bassin. **Tropical Science**, London, v. 12, n. 2, p. 93-104, 1967.

BIALE, J.B.; YOUNG, R. E. Respiration and ripening in fruits retrospect and prospect. In: FRIEND, J.; RHODES, M.J.C. eds. **Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables**. London, Academic Press. Cap. 1, p. 1-37, 1987.

BISCEGLI, C. I. et al. **Uso da tomografia de ressonância magnética para diagnosticar os efeitos de injúrias mecânicas em figos 'Roxo de Valinhos'**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, 52).

BOBBIO, P. A., BOBBIO, F. O. **Introdução à química de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Varela, 1995. 222p.

BLOCK, G. Vitamin C and cancer prevention: The epidemiologic evidence. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 53, p. 270-282, 1991.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 246-254, 1976.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução n. 19, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimento com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde em sua Rotulagem. Brasília, 1999.

BUCKNER, B., JOHAL, G. S., JANICK-BUCKNER, D. Cell death in maize. **Physiology Plant**, v. 108, p. 231 – 239, 2000.

BURNS, J.; FRASER, P. D.; BRAMLEY, P. M. Identification and quantification of carotenoids, tocopherol and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables. **Phytochemistry**, v. 62, p. 939-947, 2003.

CAKMAK. I.; MARSCHNER. H. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc, potassium and magnesium-deficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 134, p. 308 - 315, 1989.

CAVALCANTE, A. A. M. et al. Mutagenicity, Antioxidant Potencial, and Antimutagenic Activity Against Hydrogen Peroxide of Cashew (*Anacardium occidentale*) Apple Juice and Cajuina. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 41, p. 360-369, 2003.

CAVALCANTI, J. J. V. ; BARROS, L. de M. . Avanços, desafios e novas estratégias do melhoramento genético do cajueiro no Brasil. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1, 2009, FORTALEZA. **Anais...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009. p. 83-101.

CECCHI, H. M., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition and vitamin A value of fresh and pasteurized cashew-apple (*Anacardium occidentale* L.) juice. **Journal of Food Science**, v.46, p.147-149, 1981.

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, R. P; MENENDEZ, G.; BRICARELLO, L. P.; ELIAS, M. C.; ITO, M. Óleo de peixe, fitoesteróis, soja e antioxidantes: impactos nos lipídios e aterosclerose. **Revista Sociedade Cardiologia**, v.10, p. 819-32, 2000.

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

CHU, Y. F.; SUN, J.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of vegetables. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 50, p. 6910-6916, 2002.

CRANE, J.H.; CAMPBELL, C. W. Origin and distribution of tropical and subtropical fruits. In: NAGY, S.; SHAW, P.E.; WARDDOWSKI, W.F. **Fruits of tropical and Subtropical Origin: Composition, properties and uses**, 1990. Cap.1, p.1-65.

CRUZ, C. D. **Programa genes (versão Windows): aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2008.

DUCH, E. S. **Frutas exóticas de la península de Yucatán**. Merida: Instituto Tecnológico de Merida/CoSNET, 2001. 109p.

DUTHIE, S. J.; MA, A.; ROSS, M. A.; COLLINS, A. R. Antioxidant supplementation decreases oxidative DNA damage in human lymphocytes. **Cancer Research**, v. 56, n. 6, p. 1291-1295, 1996.

DREOSTI, I. E. Antioxidant polyphenols in tea, cocoa, and wine. **Nutrition**, v.16, p. 692-694, 2000.



ELSTNER, E. F. **Mechanisms of oxygen activation in different compartments of plant cells.** In: Pell E.J., Steffen K.L., eds. Active oxygen/oxidative stress and plant metabolism. Rockville, M.D: American Society of Plant Physiologists, p. 13-25, 1991.

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

ESPÍN, J. C.; SOLER-RIVAS, C.; WICHERS, H. J.; GARC'A-VIGUERA, C. Anthocyanin-based natural colorants: a new source of antiradical activity for foodstuff. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p.1588-1592, 2000.

ESTEVES, M. T. C. **Características físicas, físico-químicas e químicas de frutos de cultivares de goiabeira (*Psidium guajava*, Linn).** 1981. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1981.

FALADE, J. Vitamin C and other chemical substances in cashew apple. **Journal of Horticultural Science**, v. 56, n. 2, p. 177-179, 1981.

FAO. **FAOSTAT data base.** Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>>. Acesso em: 12 fev 2010.

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, São Paulo, 2000.

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. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 43, p. 82-86, 2001.

FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E.; MOSCA, J. L.; MENEZES, J. B. Cashew apple for fresh consumption: research on harvest and postharvest handling technology in Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 485, p.155-160, 1999.

FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E. Cashew apple for fresh consumption in Brazil. In: WORLD CASHEW CONGRESS, 1, 2001, Kochi (India). **Cashew - The millennium nut:** Kochi: CEPC, 2001. p. 53-55.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Editora Acribia, S. A. Zaragoza, Espanha, 1993. 1095p.

FOOTE, C. S.; VALENTINE, J. S.; GREENBERG, A.; LIEBMAN, J. F. (Eds.) **Active Oxygen in Chemistry**. New York: Chapman and Hall, 1985.

FOYER, C. H.; HALLIWELL, B. The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts: a proposed role in ascorbic acid metabolism. **Planta**, v. 133, p. 21-25, 1976.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, p.181-207, 1982.

FOYER, C.H.; LOPEZ-DELGADO, H.; DAT, J.F.; SCOTT, I.M. Hydrogen peroxide and glutathione associated mechanisms of acclimatory stress tolerance and signaling. **Physiologia Plantarum**, v.100, p.241-254, 1997.

FRANCIS, F. J. Food colorants: anthocyanins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.28, p.273-314, 1989.

FRANCO, N. **Nutrição Clínica**. Disponível em: <<http://www.baxter.com>>. Acesso em: 22/01/2010.

FREI, B. Cardiovascular disease and nutrient antioxidants: Role of low density lipoprotein oxidation. **Critical Reviews of Food Science and Nutrition**, v. 35, p. 83-98, 1995.

FRIDOVICH, I. Superoxide radical and SODs. **Annual Review of Biochemistry**, v. 64, p. 97-112, 1995.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS-FUNCEME. **Dados pluviométricos mensais de chuvas para o município de Pacajus-Ce**. Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso em: 12 nov. 2010.

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

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**. v. 59, p.309-314, 1977.

GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, v. 2, p. 371-383, 1963.

GOMES, J. C. M. et al. Caracterização pós-colheita de clones de cajueiro anão precoce no oeste da Bahia. **Revista Bahia Agrícola**, v. 7, n. 2, p. 76-80, 2006.

GROSS, J.; IKAN, R.; ECKHARDT, G. Carotenoids of the fruit of *Averrhoa carambola*. **Phytochemistry**, v.22, p.1479-1481, 1983.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free Radicals in Biology and Medicine**, 4 ed., Oxford: Clarendon Press, 2006.

HALLIWELL, B. Vitamin C: antioxidant or pro-oxidant in vivo. **Free Radical Research**, v. 25, n. 5, p. 439-454, 1996.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free Radicals in Biology and Medicine**, 2 ed., Oxford: Oxford University Press, 1989. p. 379-386.

HANAMURA, T.; HAGIWARA, T.; KAWAGISHI, H.. Structural and functional characterization of polyphenols isolated from acerola (*Malpighia emarginata*) fruit. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 69, n.2, p. 280-286, 2005.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE; M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and comercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: Chemistry metabolismo and structure-activity relationships. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 53, p. 1984-1989, 2002

HEMEDA, H. M.; KLEIN, B. P. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetable extracts. **Journal Food Science**, v. 55, p. 184-185, 1990.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, v. 27, p.42-49, 1962.

IMAHORI, Y.; TAKEMURA, M.; BAI, J. Chilling-induced oxidative stress and antioxidant responses in mume (*Prunus mume*) fruit during low temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 49, p. 54-60, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -**IBGE**- Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=18&i=p&c=1618](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=18&i=p&c=1618). Acesso em 10/02/2010.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: julho de 2010.

LIMA, J. R.; ELIZONDO, N. J.; BOHUON, P. Kinetics of ascorbic acid degradation and colour change in ground cashew apples treated at high temperatures (100–180 °C), **International Journal Food Science and Technology**, n. 45, p. 1724-1731, 2010.

JIMÉNEZ, A. et al. Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening, **Planta**, v. 214, p. 751-758, 2002.

JOHN, J.; SUBBARAYAN, C.; CAMA, H. R. Carotenoids in 3 stages of ripening of mango. **Journal of Food Science**, v.35, p.262-265, 1970.

JOHNSON, D.V. The botany, origin and spread of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of plantation crops**, v.1, n.1, p.1-7, 1973.

KADER, A. A. Fruit maturity, ripening and quality relationships. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 485, p. 203-208, 1999.

KANG, H. M.; SALTVEIT, M. E. Activity of enzymatic antioxidant defense systems in chilled and heat shocked cucumber seedling radicles. **Physiologia Plantarum**, v. 113, n. 4, p. 548-556, 2001.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI, 1991. 532p.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1997. 532p.

KUBO, I.; NIHEI, K. I.; TSUJIMOTO, K. Antibacterial action of anacardic acids against methicillin resistant Staphylococcus aureus (MRSA). **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v. 51, p. 7624-7628, 2003.

LAVINAS, F. C. et al. Estudo da estabilidade química e microbiológica do suco de caju in natura armazenado em diferentes condições de estocagem. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v. 26, n. 4, p. 875-883, 2006.

LAJOLO, F. M. Alimentos Funcionais: uma visão geral. In: ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; RUFINO, M. do S. M. Prospecção da atividade antioxidante e de compostos com propriedades funcionais em frutas tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19, 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Cabo frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ. 2006. p. 133-141.

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 Agriculture and Food Chemistry**, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

LEITE, L. A. S.; PESSOA, P. F. A. P. Aspectos sócio-econômicos. In: BARROS, L. M. (Ed) **Caju**. Produção: Aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 15-17. (Frutas do Brasil, 30).

LEITE, J. B. V. **Coleções de fruteiras e sua importância para o melhoramento genético**. Disponível em: <[www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=6492](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=6492)>. Acesso em: 24 nov. 2009.

LIMA, V. P. M. S. **Fruteiras: uma opção para o reflorestamento do Nordeste**. Fortaleza: BNB/ETENE, 1986. 95p

LIMA, S. S. **Nível tecnológico e fatores de decisão para adoção de tecnologia na produção de caju no Estado do Ceará**. 2008. 125f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

LIU, R. H. Health benefits of fruits: implications for disease prevention and health promotion. fruits. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19, 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Cabo frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ. 2006. p. 36-44.

LOPES, M. M. A.; MOURA, C. F. H.; ARAGÃO, F. A. S.; CARDOSO, T. G.; FILHO, J. E. Caracterização física de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce em diferentes estádios de maturação. **Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 914-920, out/dez, 2011.

LUCENA, E. M. P. de. **Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga “Tommy Atkins” no vale do São Francisco**. 2006. 152f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

LUPULESCU, A. The role of vitamins A, b-carotene, E and C in cancer cell biology. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v.63, n.3, p.3-14, 1993.

LURIE, S. Antioxidants. In: Hodges, D.M. **Postharvest oxidative stress in horticultural crops**, p. 131-150, 2003.

MACHLIN, L. J., BENDICH, A. Free radical tissue damage: protective role of antioxidant nutrients. **FASEB Journal**, v. 1, n. 6, p. 441-445, 1987.

MAIA, G. A., HOLANDA, L. F. F., MARTINS, C.B. Características físicas e químicas do caju. **Revista Ciência Agronômica**, v.1, n.2, p.115- 120, 1971.

MAIA, G. A. et al. Caracterização química de pedúnculos de diferentes clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.35, p.272-278, 2004.

MANCINI, D. A. P.; MANCINI-FILHO, J. Prevenção de reações oxidativas: antioxidantes nos vegetais de consumo humano. In: DE ANGELIS, R. C. **A importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição**. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2005. p. 205-214.

MANGELS, A. R.; HOLDEN, J. M.; BEECHER, G. R., et al. Carotenoid content of fruits and vegetables: an evaluation of analytic data. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 93, n.3, p. 284-296, 1993.

MANRIQUE, G. D.; LAJOLO, F. M. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). **Postharvest Biology and Technology**, v.33, p. 11–26, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**, 2nd ed. (1995) London, UK: Academic Press.

MAZZA, G. Bioactivity, absorption and metabolism of anthocyanins. **Anais do Proc. 1st IS on Hum. Health Effects of F & V**. Ed.: Y. Desjardins, Acta Horticultural, 2007, 744p.

MCKERSIE, B. D.; LESHEM, Y. Y. **Stress and stress coping in cultivated plants**. Dordrecht: Kluwer, 1994. 256p.

MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J.C.; BLEINROTH, E.W.; BERNHARDT, L.W. *et al.* **Caju – da cultura ao processamento e comercialização** – Campinas: ITAL, 1978, v.4, p.5-66.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 639-644, jul./set. 2006.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S., LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, p. 193-201, 2008.

MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do cajueiro**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 20p. (EMBRAPA-CNPAT. Documentos, 17).

MIRANDA, A. S. M. **Atividade de enzimas relacionadas com estresses bióticos e abióticos em plântulas de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata (L) Walp*) expostas à salinidade e deficiência hídrica**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

MITCHELL, J. D.; MORI, S. A. The cashew and its relatives (*Anacardium: Anacardiaceae*). **Memories on the New York botanical garden**, v.42, p.1-76, 1987.

MITTLER, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends in Plant Science**, v. 11, p. 15–19, 2006.

MITTLER, R. Oxidative stress antioxidante and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 7, n. 9, p. 405-410, 2002.

MDIC - Ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior - Aliceweb. **Valor das exportações de cearenses de castanha de caju**. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 15 fev dez 2011.

MONTE, D. C. Os desafios da nutrigenômica no desenvolvimento de alimentos funcionais. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19, 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Cabo frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ. 2006. p. 45-53.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios a saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n.2, p. 109-122, 2006.

MOURA, C. F. H.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; SILVA, E. O.; ARAÚJO, P. G. L.; MACIEL, V. T. Aumento da vida útil pós-colheita de pedúnculos de cajueiro anão precoce pela redução da temperatura de armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n.1, p. 140-145, jan/fev, 2010.

MOURA, C. F. H. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var *nanum*) irrigados**. 1998. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

MOURA, C. F. H. et al. Características físicas de pedúnculos de cajueiro para comercialização in natura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.537-540, dez. 2001.

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. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

MOURA FÉ, J. A.; HOLANDA, L. F. F. de; MARTINS, C. B. Características químicas do hipocarpo do caju (*Anacardium occidentale* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.2, n.2, p.103-108, 1972.

MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Caracterização físico-química de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 556-561, 2004.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Spinach chloroplasts scavenge hydrogen peroxide on illumination. **Plant and Cell Physiology**, v. 21, p. 1295-1307, 1980.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidases in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, v. 22, p. 867-880, 1981.

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*, v. 74, n. (2), p. 209-215, 1997.

ODIN, A. P. Vitamins as antimutagens: advantages and some possible mechanisms of antimutagenic action. **Mutation Research**, v. 386, n. 1, p. 39-67, 1997.



OLIVEIRA, V. H. **Cultivo do cajueiro anão precoce**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 2002. 40p. (EMBRAPA-CNPAT. Sistema de produção, 1).

OLIVEIRA, V. H. Cajucultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n.1, 284 p, 2008.

OLUKEMI, O. I.; OLUKEMI, A. O. Hibiscus Sabdarifa and Sorghum Bicolor as natural colorants. **Agricultural and Food Chemistry**, v. 4, n. 1, p. 858 – 862, 2005.

OLSON, J. A. Biological actions of carotenoids. **Journal of Nutrition**, v. 14, p. 94-95, 1999.

ORTIZ, A. J.; ARGUELLO, O. A. Algunas características físicas y composición química de la manzana de marañón (*Anacardium occidentale L.*). **Turrialba**, v.35, n.1, p.1-3, 1985.

PAIVA, J. R. et al. Domesticação e melhoramento genético do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) no Brasil. **Informativo SBF**, v.16, n.2, p. 19-20, 1997.

PAIVA, J. R. de. et al. **Produção e qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce sob cultivo irrigado**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1998. 5p. (Comunicado Técnico, 19).

PAIVA, J. R.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V. **Seleção precoce de clones de cajueiro anão para o cultivo irrigado**. Comunicado Técnico. Fortaleza-CE: Embrapa-CNPAT, 2000.

PAIVA, J. R. et al. Seleção de clones de cajueiro anão para o plantio comercial no semi-árido do Nordeste. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 16., 2002. São Luís. **Livro de Resumos...** São Luís: ENGENE, 2002. p.108

PEARSON, D. A.; TAN, C. H.; GERMAN, J. B.; DAVIS, P. A.; GERSHWIN, M. E. Apple juice inhibits human low density lipoprotein oxidation. **Life Sciences**, v. 64, p.1913-1920, 1999.

PELÚZIO, M. do C. G.; OLIVEIRA, V. P. **Vitaminas antioxidantes**. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. de O. B. Alimentos funcionais. Viçosa, 2006. 202p.

PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, v. 39, p. 791-800, 2006.

PEREIRA, M. C. T. et al. Caracterização físico-química de pedúnculos e castanhas de clones de cajueiro anão-precoce nas condições do norte de Minas Gerais. **Bragantia**, v. 64, n. 02, p. 169-175, 2005.

PERL-TREVES, R.; PERL, A. **Oxidative stress: an introduction**. In: \_\_\_\_\_. *Oxidative Stress in Plants*, 2002.

PINTO, S. A. A. et al. Fresh consumption quality of the apple of some Brazilian early dwarf cashew clones (*Anacardium occidentale* L.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 41, p. 189-193. 1997.

PINTO, S. A. A. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var *nanum*) cultivados em condição de sequeiro**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

POLLE, A. Dissecting the superoxide-dismutase-ascorbate-pathway in chloroplast by metabolic modeling computer simulation as a step toward flux analysis. **Plant Physiology**, v. 126, p. 445-462, 2001.

PRASAD, K. N. Modulation of the effects of tumor therapeutic agents by vitamin C. **Life Science**, v. 27, p. 275-280, 1980.

PRICE, R. L. et al. Constituents of brazilian cashew apple juice. **Ciência Agronômica**, v. 5, n. 1/2, p. 61-65, 1975.

RABELO, M. C. **Desenvolvimento e armazenamento de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce: metabolismo oxidativo e análise morfológica**. Monografia (Graduação Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

REYES, L. F.; VILLAREAL, J. E.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the types of fruit or vegetable tissue. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1254-1265, 2005.

REYNERSTON, K. A.; YANG, H.; JIANG, B.; BASILE, M. B.; KENNELLY, E. J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible *Myrtaceae* fruits. **Food Chemistry**, v. 109, n. 4, p. 883-890, 2008.

RIBEIRO, S. M. R.; QUEIROZ, J. H.; PELÚZO, M. C. G.; COSTA, N. M. B.; MATTA, S. L. P.; QUEIROZ, M. E. L. R. A formação e o efeito das espécies reativas de oxigênio no meio biológico. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 3, p. 133-149, 2005.

ROCH, C. L.; JACOB, R. A.; BOWEN, P. E. Update on the biological characteristics of the antioxidant micronutrients: vitamin C, vitamin E and the carotenoids. **JADA**, v. 96, p. 693-702, 1996.

RODRIGUES-AMAYA, D. B. Critical review of provitamina A: determination in plants foods. **Journal of Micronutrient Analysis**, v. 5, p. 191-225, 1989.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.1, p. 53-60, jan./mar. 2007.

ROMBALDI, C. V.; TIBOLA, C. S.; ZAICOVSKI, C. B.; SILVA, J. A.; FACHINELLO, J. C.; ZAMBIAZI, R. C. Potencial de conservação e qualidade de frutas: aspectos biotecnológicos de pré e pós-colheita. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19, 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Cabo Frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ. 2006, p. 105-132.

ROTSTEIN, A.; GROSS, J.; LIFSHITZ, A. Changes in the pulp carotenoid pigments of the ripening Shamouti orange. *Lebensmittel – Wissenschaft und Technologie*, v. 5, p. 140-143, 1972.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. **Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS<sup>•+</sup>**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007b. 4p, (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico).

RUFINO, M. S. et al. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, n. 114, p. 693-695, 2009.

RUFINO, M. S. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, n. 121, p. 996-1002, 2010.

SASS-KISS, A. et al. Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. **Food Research International**, v. 38, p. 1023-1029, 2005.

SANTOS, G. M. **Contribuição da vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos no potencial antioxidante de produtos comerciais de açaí e cupuaçu**. 2007. 99f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SCALZO, J.; POLITI, A.; PELEGRINI, N.; MEZZETI, B.; BATTINO, M. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. **Nutrition**, v. 21, n. 2, p. 207-213, 2005.

SCANDALIOS, J. G. Molecular Genetics of Superoxide Dismutases in Plants. In: \_\_\_\_\_. **Oxidative Stress and the Molecular Biology of Antioxidative Defenses**. Cold Spring Harbor: Plainview, p. 527-568, 1997.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, p. 995-1014, 2005.

SCHANDERL, S. H. Tannins and related phenolics. *In*: Joslyn, M. A. **Methods in Food Analysis**. Ed. Academic Press inc., New York, p. 701-725. 1970.

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, v.17, n. 2, p. 227-236, 2004.

SENDER, S. D.; ROBERTSON, J. A.; MEREDITH, F. I. Phenolic compounds of the mesocarp of cresthaven peaches during storage and ripening. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 5, p. 1.259-1.268, 1989.

SIDDIQUI, S. et al. Controlled atmosphere storage of apples: cell wall composition and fruit softening. **Journal of Horticultural Science**, v.71, n.4, p.613-620, 1996.

SILVA, C. R. de M.; NAVES, M. M. V. Suplementação de vitaminas na prevenção de câncer. **Revista de Nutrição**, v.14, n. 2, p.135-143, 2001.

SILVA, J. M. O.; SILVA, E. V. Caracterização preliminar do monumento natural das falésias de Beberibe-CE. **Cadernos de Cultura e Ciência da Universidade Regional do Cariri-URCA**, v. 2, n. 2, p. 2-12, maio 2007. Suplemento especial.

SILVA, M. C. **Alterações na biossíntese de carotenóides em leveduras induzidas por agentes químicos**. Campinas, 2004. Tese de Doutorado em Ciência de Alimentos. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas.

SIMÕES, A. N; MENEZES, J. B; ANDRADE, J. C.; FREITAS, D. F.; COSTA, F. B.; SOUZA, P. A. Caracterização química de pedúnculos de caju CCP 76 em diferentes estádios de desenvolvimento. **Caatinga**, v.14, n.1/2, p75-78, 2001.

SOARES, J. B. **Conservação do caju in natura**. Fortaleza: BNB, 1975. 41p.

SOARES, J. B. **O caju**: aspectos tecnológicos. Fortaleza: BNB, 1986. 256p.

SOUZA, K. A. et al. Avaliação do teor de antocianinas e flavonóis em frutos de nove genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.) do banco de Germoplasma da Unifersidade Federal de Pernambuco (BAG/UFRPE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19 (**Anais...**) Recife, 2004. CD-ROOM.

SOUZA, M. C. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de diferentes progênies de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart)**. 2007. 124f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SPEIRS, J.; BRADY, C.J. Modification of gene expression in ripening fruit. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 519-532, 1991.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas**: metodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The fenolic constituents of *Prunus domestica*. **Journal Science Food Agriculture**, v.10, p.135-144. 1959.

TODA FRUTA, **Biotechnologia em fruteiras. Cajueiro anão precoce**. Disponível em: <[http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=7806](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=7806)>. Acesso em: 07 mai. 2010.

THURNHAM, D. I. Carotenoids: function and fallacies. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 53, p. 77-87, 1994.

TREVAS FILHO, V. **Tecnologia dos produtos do pedúnculo do cajueiro**. João Pessoa: IPEANE-M.A./Estação Experimental de João Pessoa. 1971. 100p. (mimeografado).

VANNUCCHI, H.; JORDÃO JÚNIOR, A. Radicais livres, antioxidantes e dieta. A Importância das frutas e verduras. In: DE ANGELIS, R. C. **A importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição**. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2005. p. 195-203.

VELIOGLU, Y.S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B.D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4113-4117, 1998.

ZULUETA, A. et al. Vitamin C, vitamin A, phenolic compounds and total antioxidant capacity of new fruit juice and skim milk mixture beverages marketed in Spain. **Food Chemistry**, v. 103, n. 4, p. 1365-1374, 2007.

YOUNGSON, R. **Como Combater os Radicais Livres: O Programa de Saúde dos Antioxidantes**. Rio de Janeiro: Campos, 1995. 168p.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins, **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 45, n. 2, p. 304-309, 1997.

WANG, S. Y.; JIAO, H. Changes on oxygen-scavenging systems and membrane lipid peroxidation during maturation and ripening in blackberry. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v. 49, p. 1612-1619. 2001.

WILBERG, V. C; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. *Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie*, v. 28, p.474-480, 1995.