



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
ALIMENTOS

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA E COMPOSTOS BIATIVOS DE
FRUTOS BIRIBIRI (*Averrhoa bilimbi* L.)

BRUNA GUIMARÃES FIGUEREDO

ITAPETINGA-BA

2014

BRUNA GUIMARÃES FIGUEREDO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA E COMPOSTOS BIATIVOS DE
FRUTOS BIRIBIRI (*Averrhoa bilimbi* L.)

Dissertação apresentada a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, área de concentração em Engenharia de Processos de Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. D.Sc. Abel Rebouças São José

ITAPETINGA – BA

2014

634.7
F495c

Figueredo, Bruna Guimarães.

Caracterização físico – química e compostos biativos de frutos biribiri (*averrhoa bilimbi* L.). / Bruna Guimarães Figueredo. - Itapetinga: UESB, 2014. 56f.

Dissertação apresentada a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB – *Campus* de Itapetinga, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, área de concentração em Engenharia de Processos de Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”. Sob a orientação do Prof. D.Sc. Abel Rebouças São José.

1. Biribiri – Caracterização físico-química. 2. Biribiri - Compostos bioativos. 3. Radicais livres. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. II. São José, Abel Rebouças. III. Título.

CDD(21): 634.7

Catálogo na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535

Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Biribiri – Caracterização físico-química
2. Biribiri - Compostos bioativos
3. Radicais livres

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, supremo de singular sabedoria, que me oportunizou a vontade que tinha de fazer o mestrado, além da coragem, paciência e sabedoria para prosseguir até o final mesmo com todas as dificuldades impostas.

A **família**, em especial a minha mãe **Maria Emília** pela influência corajosa, por facilitar meus dias e meus experimentos, além do exemplo de fortaleza e persistência; a **Belly**, meu arco-íris, que nos momentos de desespero e agonia me faz sorrir e buscar forças para fortalecer o desejo de concluir os estudos. Aos irmãos, em especial a **Bia** que desde o início conseguiu fortalecer meus passos, ajudar nos momentos de fraqueza e contribuir para que este sonho fosse finalizado com supremacia.

Aos colegas do mestrado que com a troca de conhecimentos, vontades e agonia os dias se tornavam melhores; aos amigos e companheiros da biofábrica, em especial **Jailson, Maria Olímpia, John e Lilian** por me ajudarem com tamanha simplicidade e por sempre me receberem com um sorriso que me fazia caminhar com mais certeza de que tudo daria certo.

Aos professores de excelência, que contribuíram para os conhecimentos resgatados e construídos, em especial a **Marinês Pereira, Marcondes e Odair** pelas críticas construtivas e ensinamentos com tamanha paciência.

Ao meu orientador, amigo **Abel Rebouças São José** pelos momentos de acolhimento, ensinamentos e conversas. Foi um colaborador por excelência que Deus colocou no meu caminho, permitindo transformar toda a raiva, agonia e desespero em sabedoria, calma e na certeza de que todos os desejos e anseios seriam concretizados; junto, me fez perceber que as dificuldades colocadas e impostas em determinadas circunstâncias pudessem ser ignoradas ou transformadas em mais vontade de vencer, o meu muito abrigada!

A **UESB** pela concretização de um sonho.

A professora **Sibelli**, coordenadora do mestrado, que com sua humildade, conversa delicada, facilitando os meus dias e passos, além de conduzir com sabedoria os momentos de conflito, me surpreendendo com tamanha inteligência, compromisso e determinação.

Às meninas da secretaria, em especial **Cristiane** pelo trabalho espetacular, pelos e-mails inesperados e acima de tudo pelas conversas e conselhos.

Aos meus **alunos e amigos** construídos ao longo do curso, pelas conversas, desabafo e momentos de descontração, que me ajudaram a transformar os dias difíceis em momentos de alegria. A todos, que indiretamente se fizeram presentes e com toda energia positiva contribuíram para que estes dois anos pudessem chegar ao fim com muita sabedoria me proporcionando a certeza de que tudo vale a pena, quando se faz o que gosta.

RESUMO

FIGUEREDO, B.G. **Caracterização físico-química e compostos bioativos de frutos biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.)**. Itapetinga – BA: UESB, 2014. 56p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) *

A melhor caracterização dos atributos fisiológicos e bioquímicos de frutos de biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.) deverá aumentar significativamente o apelo comercial destes frutos. A determinação dos compostos bioativos associados às características físico-químicas durante o desenvolvimento do fruto é de extrema importância para a indústria de alimentos, já que, permite prever o melhor estágio de colheita e o processamento dos frutos para garantir que o produto comercial contenha quantidades consideráveis destes compostos funcionais. O presente estudo objetivou determinar e caracterizar a fruta biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.) em dois estágios de maturação (verde e maduro) atribuindo o estudo a vários fatores endofoclimáticos, colhidos na região de Macarani, interior do sudoeste da Bahia. A partir dos frutos verde e maduro avaliou-se a firmeza, cujos resultados obtidos respectivamente para frutos verdes e maduros foram: (31,95 A 2,55 N), pH (1,79 a 2,08%), acidez titulável (1,17 a 1,53% ácido cítrico), °brix (3,97 a 4,97), ácido ascórbico (266,66 a 273,25 mg/100g AA), além dos fenólicos totais (0,75 a 0,80 mg/g), carotenoides totais (0,61 a 0,90 µg g⁻¹), flavonoides (0,58 a 0,65 mg/g) e a atividade antioxidantes pelo método DPPH (80,73 a 87,61%). Os resultados foram avaliados estatisticamente através do delineamento inteiramente casualizado afirmando que os frutos nos dois estágios de maturação. Conclui-se que, o fruto de biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.), dentre outras qualidades bioquímicas, apresenta elevado teor de ácido ascórbico tanto em frutos verdes quanto em maduros; tem em sua composição antioxidante como: compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides; exibe uma forte capacidade de sequestrar radicais livres, com mais de 80% de ação antioxidante, tanto em frutos verdes quanto em frutos maduros.

Palavras Chave: compostos bioativos, físico-químicas, biribiri, radicais livres, estágios de maturação.

ABSTRACT

FIGUEREDO, B.G. **Caracterização físico-química e compostos bioativos de frutos biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.)**. Itapetinga – BA: UESB, 2013. 56p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) *

The best characterization of the physiological and biochemical attributes of biribiri fruit (*Averrhoa bilimbi* L.) should significantly increase the commercial appeal of these fruits. The determination of bioactive compounds associated with physicochemical characteristics during fruit development is of utmost importance for the food industry, since it allows to provide the best level of harvesting and processing of fruits to ensure that the commercial product contains considerable quantities of these functional compounds. The present study aimed to determine and characterize the biribiri fruit (*Averrhoa bilimbi* L.) at two ripening stages (green and ripe) assigning the study to several factors endofoclimáticos, harvested in the region Macarani, interior southwestern Bahia. From the green and ripe fruit firmness was evaluated, the results obtained respectively for unripe and ripe fruits were (2.55 to 31.95 N), pH (1.79 to 2.08 %), titratable acidity (1.17 to 1.53 % citric acid), ° brix (3.97 to 4.97), ascorbic acid (266.66 to 273.25 mg/100g AA), in addition to total phenolics (0.75 to 0, 80 mg / g), total carotenoids (0.61 to 0.90 mg g⁻¹), flavonoids (0.58 to 0.65 mg / g) and antioxidant activity by DPPH (87.61 % to 80.73%). The results were evaluated statistically by using randomized complete causalizado stating that the fruit in two ripening stages. We conclude that the fruit of biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.), among other biochemical qualities, features lift ascorbic acid both in mature green fruit as; has in its antioxidant composition as phenolics, flavonoids and carotenoids; displays a strong ability to scavenge free radicals, with over 80 % of antioxidant activity, both in green fruits as ripe fruits.

Keywords: bioactive compounds, physicochemical, biribiri, free radicals, maturity stages.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árvore da fruta biribiri _____	14
Figura 2. Inflorescência da fruta biribiri _____	14
Figura 3. Penca da fruta biribiri _____	15
Figura 4. Fruta biribiri nos dois estádios de maturação – verde e madura__	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Considerações sobre a família Oxalidácea	13
2.2. <i>Averrhoabilimbi</i> L. (Biribiri)	13
2.3. Fisiologia da maturação	16
2.3.1. Caracterização morfológica	16
2.3.2. Constituintes químicos e determinação	16
2.4. Propriedades físico-químicas	17
2.4.1. Firmeza da polpa	17
2.4.2. °Brix	18
2.4.3. Determinação do pH	18
2.4.4. Acidez Titulável	18
2.5. Compostos Bioativos	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1. Coleta dos frutos	25
3.2. Etapa 1: Análises físico-químicas	25
3.2.1. Determinação do teste de firmeza	26
3.2.2. Determinação do °brix	26
3.2.3. Determinação de pH	26
3.2.4. Determinação da acidez titulável	26
3.3. Etapa 2: Determinação dos compostos bioativos	26
3.3.1. Determinação do ácido ascórbico	26
3.3.2. Compostos fenólicos totais	27
3.3.3. Flavonóides totais	27
3.3.4. Carotenóides totais	28
3.3.5. Determinação da atividade antioxidante	28
3.3.5.1. Método do radical livre DPPH	28
3.4. Delineamento experimental e análises estatísticas para os compostos químicos e bioativos	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Características físico-químicas	30
4.2. Caracterizações dos compostos bioativos	32
5. CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS	

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Considerações sobre a família Oxalidácea	13
2.2. <i>Averrhoabilimbi</i> L. (Biribiri)	13
2.3. Fisiologia da maturação	16
2.3.1. Caracterização morfológica	16
2.3.2. Constituintes químicos e determinação	16
2.4. Propriedades físico-químicas	17
2.4.1. Firmeza da polpa	17
2.4.2. °Brix	18
2.4.3. Determinação do pH	18
2.4.4. Acidez Titulável	18
2.5. Compostos Bioativos	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1. Coleta dos frutos	25
3.2. Etapa 1: Análises físico-químicas	25
3.2.1. Determinação do teste de firmeza	26
3.2.2. Determinação do °brix	26
3.2.3. Determinação de pH	26
3.2.4. Determinação da acidez titulável	26
3.3. Etapa 2: Determinação dos compostos bioativos	26
3.3.1. Determinação do ácido ascórbico	26
3.3.2. Compostos fenólicos totais	27
3.3.3. Flavonóides totais	27
3.3.4. Carotenóides totais	28
3.3.5. Determinação da atividade antioxidante	28
3.3.5.1. Método do radical livre DPPH	28
3.4. Delineamento experimental e análises estatísticas para os compostos químicos e bioativos	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Características físico-químicas	30
4.2. Caracterizações dos compostos bioativos	32
5. CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS	

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com cerca de 43 milhões de toneladas produzidas de um total de 340 milhões de toneladas colhidas em todo o mundo. Pela diversidade de climas e solos, o país apresenta condições agroecológicas para produzir frutas de ótima qualidade e de uma infinidade de espécies cultivadas e silvestres (IBRAF, 2011). Muitas fruteiras nativas do Brasil são desconhecidas ou pouco conhecidas, embora uma grande parte apresente elevado potencial produtivo que, se explorado adequadamente, poderá se transformar em cultivos comerciais de importância socioeconômica regional (SÃO JOSÉ, 2003).

Essa qualidade dos vegetais no país vem se destacando, especialmente, com as frutas tropicais e subtropicais, como: mamão, citros, manga, maracujá, abacaxi, banana, goiaba, abacate, dentre outras; considerado o terceiro maior produtor mundial de frutas, depois da China e da Índia, além de 30 pólos produtivos, gerando uma receita de R\$ 17,7 bilhões (IBRAF, 2011). Em 2012, as frutas frescas exportadas renderam US\$ 619 milhões, contra US\$ 633 milhões no ano anterior. Foram exportadas 693 mil toneladas de frutas, um acréscimo em relação as 681 mil toneladas embarcadas em 2011, o melhor valor das nossas exportações de frutas frescas, equivalente a 2,34% em relação a 2011 (IBRAF, 2012).

As frutas cítricas têm ganhado esse mercado e, assim como outros vegetais, contêm muitos compostos com potencial antioxidante, como vitaminas C e E, carotenoides, clorofilas e uma variedade de antioxidantes fitoquímicos, como compostos fenólicos simples, glicosídeos e flavonoides (PELLEGRINI et al., 2007). A produção destes fitos antioxidantes depende também das condições ambientais e pode ser induzida ou regulada por condições de estresse, tais como elevada radiação, temperatura, desequilíbrio mineral ou mesmo ataques patogênicos (NEILL et al., 2011).

Essa variação dos compostos bioativos existentes é determinada no estudo da fisiologia dos frutos, que determina as diferenças tanto no desenvolvimento dos parâmetros físicos quanto químicos desses vegetais. São essas diferenças que classificam os frutos, justificando, assim, as eventuais mudanças e perdas fisiológicas (EMBRAPA, 2010).

A caracterização morfológica e fisiológica dos frutos e sementes fornece subsídios para diferenciar espécies, caracterizar aspectos ecológicos da planta, permite

obter informação sobre a germinação e sobre a dispersão, estabelecimento de plântulas e fase de sucessão ecológica (MATHEUS et al., 2007; CASTELLANI et al., 2008), assim como a identificação de plantas no estágio juvenil contribui para um melhor entendimento da biologia da espécie (SOBRINHO et al., 2008). Para isso, é necessário o conhecimento sobre a fisiologia e de técnicas para sua conservação pós-colheita (BICALHO, 1998).

Dentre essas frutas em fase de descoberta, podemos citar a vasta família Oxalidácea, originária da Ásia tropical, mais provavelmente da Índia, introduzida no Brasil por volta de 1817, no Nordeste, espalhando-se a partir dessa região para todo o litoral Brasileiro (VENTUROSOS et al., 2002). *Averrhoa bilimbi* L. é uma espécie frutífera pertencente a esta família, popularmente conhecida como biribiri, biri-biri, limão japonês, limão-de-caiena e caramboleira amarela (LIMA et al., 2001).

As pesquisas determinam que o biribiri além de grandes compostos químicos, que favorecem a qualidade sensorial dos frutos, ajudando em grandes escalas industriais, contém compostos antioxidantes, que atuam como alimentos funcionais, prevenindo nos riscos à saúde. Várias evidências indicam que diversos componentes antioxidantes, que não apenas vitaminas e minerais contribuem na proteção oferecida por frutas e vegetais ao dano oxidativo (BUTERA et al., 2002; KUBOLA et al., 2011).

Considerando os aspectos destacados, visto que o biribiri é um fruto muito propício ao desenvolvimento na região nordeste do Brasil, e que são poucos os trabalhos realizados, objetiva-se determinar as características físico-químicas e os compostos bioativos de frutos biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.) em dois estágios de maturação: verde e maduro, com a finalidade de conhecer o potencial dessa espécie como alternativa nutricional e funcional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações sobre a família Oxalidácea

A família Oxalidácea compreende 6 gêneros e cerca de 950 espécies, distribuídas largamente pelo mundo, em áreas tropicais e em regiões mais frias (LOURTEIG, 1983 e MAIDANA et al., 2005). São plantas representadas por arbustos ou ervas, com folhas alternas, aparentemente basais, com ou sem estímulas. As inflorescências são axilares ou caulifloras, bífidas ou cimos umbelíferas, raramente flores solitárias. As flores são actinomorfas e hermafroditas. O fruto pode apresentar-se como cápsula com cinco lóbulos, cuja deiscência é loculicida, ou baga carnosa indeiscente. O cálice é persistente. Na família se destacam o gênero *Oxalis* por apresentar espécies exóticas com importância ornamental e comestível; e o gênero *Averrhoa*, por suas espécies com frutos comestíveis (LOURTEIG, 1983; MAIDANA et al., 2005).

2.2 *Averrhoa bilimbi* L. (Biribiri)

O gênero *Averrhoa* abrange apenas duas espécies, *A. carambola* e *A. bilimbi*, que são bastante distribuídas e cultivadas nas regiões tropicais. Morfológicamente, tais espécies são descritas como árvores, com folhas imparipenadas e frutos carnosos, do tipo baga, indeiscentes. Segundo Xavier et al.(2001), o gênero *Averrhoa* é caracterizado quimicamente pela presença de C-glicosilflavonoides. Ambas as espécies presentes no gênero se destacam por suas propriedades medicinais. A *Averrhoa carambola* é empregada no Brasil como diurético, no tratamento de eczemas e como antiemética. Também foram descritas ações como emenagoga, galactogoga e vermífuga (MORTON, 1987 e ZAKARIAS et al., 2007). Enquanto que a *Averrhoa bilimbi* L. apresenta propriedades hipoglicemiantes, antiperoxidativa de lipídeos, antiteratogênica e antilipídicas, quando avaliada em ratos diabéticos (PUSHPARAJ et al., 2000).

A fruta biribiri apresenta origem incerta, podendo ter se originado da Índia ou Malásia, provavelmente se dispersando da Índia para outros países (CORRÊA, 1978; WILSON, 1982; WIERSEMA et al., 1999). No Brasil, a espécie foi introduzida pela região Amazônica, juntamente com a caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) e outras plantas de origem asiática. A *A. bilimbi* L. é conhecida popularmente como biribiri,

bilimbi, bilimbino e limão-caiena nas regiões de cultivo, tais como Rio de Janeiro, Santa Catarina, Amazonas e Pará (LIMA et al., 2001).

É uma árvore pequena, que varia de 5 a 9 m de altura, podendo chegar até a 15 m, com frutos tipo baga, cilíndricos, apresentando cinco lóbulos longitudinais, mudando a coloração de acordo com o estágio de maturação, de verde a amarelada, com aumento máximo do peso e das dimensões das frutas durante o estágio (Figura 1) (MATHEW et. al., 1993; LIMA et. al., 2003).



Figura 1 – Árvore do biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.).
Macarani, 2013.



Figura 2 – Inflorescência do biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.).
Macarani, 2013.

As folhas são verdes e compostas de cinco a dezesseis folíolos alongados, de quatro a doze centímetros de comprimento. A planta é sensitiva noturna e fecha as folhas à noite. Flores pequenas, vermelho-claras, aromáticas, presas aos ramos e tronco. Tem uma floração contínua, com flores e frutos ao mesmo tempo e pode gerar frutos durante o ano todo (Figura 2). Os frutos são usados na medicina popular e no preparo de vinhos, vinagres, picles e pratos na culinária hindu. Os frutos contêm altas concentrações de vitamina C e ácido oxálico, e morfológicamente assemelham-se a pequenos pepinos de cor verde, com sabor caracteristicamente azedo (SOUZA et al., 2011).

Na verdade, os frutos são bagas elipsoides, de cinco a oito centímetros de comprimento e de dois a quatro centímetros de diâmetro. Nascem agrupados no tronco e ramos lenhosos da planta, com aproximadamente dez sementes de cor marrom e polpa verde-clara. Frutos verdes contêm um alto teor de ácido oxálico (SOUZA et al., 2011) (Figura 3).

O cultivo é feito através de sementes ou enxertias, preferencialmente em regiões de clima tropical e subtropical, com melhor desenvolvimento em locais com temperatura média de 25 graus centígrados e pluviosidade acima de 1.000 mm.

Pode ainda ser utilizado com substituto do limão ou ser comido como tira gosto, cortado em rodelas e adicionando-lhe sal. No sul do estado da Bahia, no Brasil, o bilimbi é muito utilizado na preparação de moquecas ou mariscado.

O bilimbi apresenta importância econômica na utilização da madeira e também é cultivada visando à obtenção das frutas, que contêm elevada acidez e, quando verdes, são utilizadas na produção de vinagre e conservas. As frutas maduras podem ser consumidas *in natura* ou processadas para preparo de compotas e geleias. Bnouham et al. (2006) demonstraram que o extrato etanólico de folhas de biribiri tem ação antidiabética, contribuindo para redução da taxa de glicose, bem como o teor de triglicérides no sangue em 130%. O suco da fruta é antiescorbútico com alto teor de ácido oxálico e ascórbico, participando este de diversos processos metabólicos, dentre eles a formação de colágeno e síntese de epinefrina, corticosteroides e ácidos biliares, além de cofator enzimático, participando de processos de óxido-redução, aumentando a absorção de ferro e a inativação de radicais livres (PADH, 1991). Este mesmo autor afirma que a vitamina C é essencial para o ser humano, agindo como antioxidante varredor de radicais livres e nutre as células, protegendo-as de danos causados pelos antioxidantes. Os indivíduos que não ingerem esta vitamina o suficiente, desenvolvem o escorbuto que causa fadiga, sangramento e má cicatrização, sendo a denominação de ácido ascórbico atribuída para referir-se a sua função na prevenção.



Figura 3 – Penca da Fruta biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.)

Macarani, 2013

Além do seu uso medicinal, o suco do biribiri pode ser usado ainda na remoção de manchas de ferrugem de roupas (CORRÊA 1926; 1978; JOSEPH et al., 1989;

LENOX et al., 1990; WONG e WONG, 1995; WIERSEMAN et al., 1990). Várias pesquisas no mundo tem estudado o biribiri, entretanto, a composição química de frutos, cultivados em diferentes regiões, pode variar por causa de determinados fatores, como: genéticos, solo, localização, estação do ano e estágio de maturação (LIMA et al., 2001).

2.3 Fisiologia da maturação

2.3.1 Caracterização morfológica

O grau de maturação ideal é bastante variável com a espécie e, também, com o cultivo. As mudanças ocorridas durante a fase da maturação são desencadeadas, principalmente, pela produção de etileno e, em consequência, aumento na taxa respiratória. O processo respiratório continua a ocorrer mesmo com a colheita da fruta e está intimamente ligado com a temperatura. Em geral, temperaturas mais elevadas, tanto antes como após a colheita, aumentam a taxa respiratória, reduzindo, com isso, a longevidade da fruta (EMBRAPA, 2010). A maturação é a fase do desenvolvimento da fruta em que ocorrem diversas mudanças físicas e químicas, tais como alterações na coloração, no sabor, na textura, mudanças na permeabilidade dos tecidos, produção de substâncias voláteis, formação de ceras na epiderme, mudanças nos teores de carboidratos, de ácidos orgânicos, nas proteínas, nos compostos fenólicos, nas pectinas, entre outros. A determinação do grau de maturação adequado, por ocasião da colheita da fruta, é de grande importância para que o produto atinja o mercado ou a indústria em perfeitas condições (EMBRAPA, 2010).

O sabor doce, em conjunto com mudanças de coloração e textura, é um dos principais parâmetros de qualidade dos frutos, sendo um dos mais exigidos pelos consumidores. Durante o amadurecimento, o adoçamento pode ser originado pelo acúmulo de sacarose originada pela fotossíntese, ou por hidrólise de carboidratos de reserva. Frutos não-climatéricos são incapazes de sintetizar grandes quantidades de açúcares após a colheita, a não ser em proporções muito pequenas, como é o caso da laranja (BICALHO, 1998).

2.3.2 Constituintes químicos e determinação

Os constituintes químicos de *Averrhoa bilimbi* L. identificados incluem aminoácidos, ácido cítrico, cianidina-3-O-glucosídeo, fenóis, potássio, açúcares e vitamina A (TAN et al., 1996). Foram também identificados flavonoides, saponinas e triterpenos nos extratos metanólico e clorofórmico do fruto, durante o experimento realizado para verificar a eficácia antimicrobiana dos mesmos (WAHAB et al., 2009).

Os métodos espectrofotométricos são relativamente simples, baseando-se invariavelmente na capacidade de “descolorante” da amostra. Os ensaios mais utilizados recebem o nome do reagente, cuja absorção será atenuada pelo antioxidante. Reagentes estes responsáveis pelo fator custo do método espectrofotométrico e que indicam a capacidade antioxidante total do produto, no que diz respeito à varredura de radicais livres (BUTERA et al., 2002), pois são compostos químicos que podem prevenir ou diminuir os danos oxidativos de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, causados por radicais livres que possuem a capacidade de reagir e, assim, restringir os efeitos maléficos ao organismo, ajudando a diminuir a incidência de doenças degenerativas, como o câncer, as doenças cardiovasculares, inflamações, disfunções cerebrais e a retardar o envelhecimento precoce (PIMENTEL et al., 2005).

2.4 Propriedades físico-químicas

A qualidade das frutas se relaciona às características físico-químicas, dentre elas a firmeza da polpa, o teor de °brix, pH, acidez titulável, ácido ascórbico, variando ainda com o tipo de solo onde vegeta a planta e dos fatores climáticos (AWAD, 2000). Da conjugação dos fatores edafoclimáticos, resultam espécies com grande variação de caracteres, originando produtos que podem ter maior ou menor aceitação pelo mercado consumidor, assim como pela agroindústria processadora (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

2.4.1 Firmeza da polpa

Textura ou amaciamento é um importante atributo físico associado com qualidade e vida útil de frutos. Amaciamento envolve mudanças estruturais e de composição nos vários carboidratos de parede, em parte como resultado da ação de enzimas de parede celular, muitas dessas mudanças envolvem as pectinas. Durante o amadurecimento, as pectinas são despolimerizadas e seus níveis na parede celular

diminuem. Ao lado das pectinas, hemiceluloses e celuloses também modificam significativamente sua estrutura durante amadurecimento (ALI et al., 2004).

A perda de firmeza durante amadurecimento de carambolas coincide com aumento da atividade de várias enzimas de parede celular, principalmente pectina esterase e β -galactosidase. A atividade da poligacturonase (PG) e da celulase aumenta somente na segunda fase de amadurecimento, sugerindo que as mesmas têm um papel importante no último estágio de amaciamento do fruto (CHIN et al., 1999).

Provocada pelo estágio avançado de amadurecimento, a alta suculência poderá causar perda de qualidade se o fruto não for armazenado adequadamente, pois a perda de umidade pode influenciar numa maior redução na firmeza dos frutos, visto que a água ajuda a estabilidade estrutural da parede celular (BARTLEY et al., 1982).

2.4.2 °Brix

Os sólidos solúveis são constituídos por compostos solúveis em água, que representam substâncias, tais como açúcares, ácidos, vitamina C e algumas pectinas. Medidos em refratômetro, são utilizados como indicador dos açúcares totais em frutos, indicando o grau de maturidade. Essa influência da variação dos teores de açúcar é devido alguns fatores climáticos: quantidade de chuva, variedade do solo etc.; além de considerar que, durante o processamento, alguns produtores adicionam água para facilitar o processamento, levando a condições de abaixamento do teor de sólidos solúveis no produto final (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

2.4.3 Determinação do pH

O Potencial Hidrogeniônico (pH) consiste num índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer. As substâncias, em geral, podem ser caracterizadas pelo seu valor de pH, sendo que este é determinado pela concentração de íons de Hidrogênio (H^+). Quanto menor o pH de uma substância, maior a concentração de íons H^+ e menor a concentração de íons OH^- . Os valores de pH variam de 0 a 14 e podem ser medidos através de um aparelho chamado pHmetro, com maior precisão (ALVES, 2013).

2.4.4 Acidez Titulável (AT)

Altos teores de ácidos em produtos alimentícios revelam uma característica importante no que diz respeito ao processamento, pois é interessante que os frutos tenham elevada acidez, visto que isso diminui a adição de acidificantes. Do ponto de vista industrial, o elevado teor de acidez titulável diminui a necessidade de acrescentar acidificantes. O teor de ácidos influi no ‘flavour’ dos sucos, tornando-os mais ou menos aceitos, a depender do tipo de consumidor. Em geral, para o consumo *in natura*, os brasileiros preferem frutos menos ácidos, o que não ocorre para frutos que se destinam ao mercado externo e para a industrialização (CORRÊA et al., 2008).

2.6 Compostos Bioativos

São mais de 365 mil espécies de plantas que já foram catalogadas em todo o mundo, destas, apenas 1.100 espécies foram exploradas em termos de identificação de compostos bioativos e consequente propriedades medicinais (GARCIA et al, 1994). Ainda, segundo os mesmos autores, estimativas da OMS apontam que mais de 25 mil espécies de plantas são conhecidas no mundo e delas são extraídos remédios fitoterápicos. Um percentual de 40% de todos os medicamentos existentes no mercado mundial é proveniente de fontes biológicas e destes, 60% são obtidos de plantas (OLIVEIRA, 2005).

A presença de compostos bioativos em plantas tem sido potencialmente explorada nos últimos anos, devido à crescente popularidade dos medicamentos fitoterápicos (DINIZ, 2007). São compostos que normalmente não estão envolvidos nas funções vitais das plantas, com características químicas bastante diversas e, às vezes, bem complexas. Ao contrário das substâncias do metabolismo primário, que fazem parte da atividade celular de praticamente todos os seres vivos, no metabolismo secundário, são encontrados apenas grupos restritos de plantas. A busca por plantas, como fontes de compostos bioativos, que são reconhecidos por suas propriedades benéficas à saúde humana, tem sido alvo de muitos cientistas em todo mundo (STRINGHETA, 2004). Os carotenoides estão na lista dos compostos bioativos considerados funcionais, alimentos estes capazes de prevenir doenças. De acordo com Rodriguez-Amaya (1999) e Fontaba (2000), os mesmos são mais comumente encontrados nos alimentos vegetais, como betacaroteno (cenoura), licopeno (tomate),

várias xantofilas (zeaxantina, luteína e outras estruturas oxigenadas do milho, da manga, do mamão e da gema de ovo) e a bixina (obtido do urucum).

Estudos epidemiológicos apontam que outros compostos bioativos, como os flavonoides (metabólitos secundários agrupado na classe dos fenólicos), apresentam-se relacionados à prevenção de doenças provocadas pelo envelhecimento, que pode ser justificado devido à sua ação antioxidante. Para Koo et al. (2001), esses flavonoides agem prevenindo o consumo de vitamina C, evitando que radicais livres se formem a partir do oxigênio, que é supostamente a causa para o desenvolvimento de câncer e doenças coronárias. Esses radicais livres podem atacar biomoléculas, especialmente os lipídios, proteínas ou DNA, podendo ser preservados pela ação dos antioxidantes (BIRCH et al., 2001; BRENNAN et al., 2001; SELLPAN et al., 2002; ZHENG et al., 2001).

Esses metabólitos secundários dos vegetais estão definidos quimicamente como substâncias compostas por uma estrutura comum de fenilcromanona (C6-C3-C6) com substituição em uma ou mais hidroxilas, incluindo derivados (BIRT, 1986), encontrados principalmente em frutas e vegetais. Eles são usualmente absorvidos por difusão passiva, após serem glicosilados e convertidos em agliconas (MARCHAND, 2002) por glicosidases em alimentos ou da mucosa gastrointestinal, ou da microflora do cólon (YANG, 2001). Após sua absorção, os flavonoides são conjugados no intestino delgado, fígado, pela glucuronidação, sulfatação ou metilação ou metabolizados a pequenos compostos fenólicos (MARCHAND, 2002; YANG, 2001).

Estudando o mesocarpo de abacate (*Persea americana* Mill.), variedade “Hass”, em quatro estádios de desenvolvimento, Villa-Rodríguez et al. (2010) relataram um aumento na concentração de flavonoides totais (expresso em mg de EQ/100g de peso seco). Da mesma maneira, morangos (*F. ananassa* Duch.) colhidos na fase de “ponta branca” (white tip) apresentaram concentrações mais elevadas de flavonoides que aqueles no estágio vermelho maduro (CHIN et al., 2008). Vários flavonoides (quercetina, apigenina e catequinas do chá) têm sido mostrados com atividade antiinflamatória por inibir cicloxigenase-2 (COX-2) e induzir a óxido nítrico sintase. Inflamações crônicas estão relacionadas na etiologia de um grande número de cânceres e inibidores COX-2 estão sendo estudados como agentes quimioprotetores contra câncer de cólon (MARCHAND, 2002; YANG, 2001).

Outro bioativo importante e que faz parte de um grupo de seres vivos que não são capazes de sintetizar é a vitamina C, fazendo necessário o consumo de alimentos como frutas e hortaliças (ROSA et al., 2003).

O ácido ascórbico é uma vitamina que se degrada facilmente; estável apenas em meio ácido, na ausência de luz, oxigênio e calor, sendo que os fatores que favorecem a sua degradação são os meios alcalinos, oxigênio, calor, ação da luz, metais e a enzima oxidase do ácido ascórbico (OLIVEIRA et al., 1999). Segundo Butt (1980) e Asenjo et al. (1960), em acerola, este fator pode ser atribuído ao decréscimo na maturação da enzima, denominada ácido ascórbico oxidase (ascorbato oxidase), os quais verificaram que a atividade enzimática nos frutos maduros é maior que nos verdes. O conteúdo de vitamina C na maioria dos frutos tende a diminuir durante o processo de maturação, assim como aconteceu com estudos realizados com manga (GOFUR et al., 1994).

Além dos citados, pesquisas envolvendo compostos antioxidantes oriundos de fontes naturais têm sido desenvolvidas em diferentes centros de estudos, devido a sua importância na prevenção do desencadeamento das reações oxidativas, tanto nos alimentos como no organismo animal. Os antioxidantes podem agir retardando ou prevenindo a oxidação do substrato envolvido nos processos oxidativos, impedindo a formação de radicais livres (HALLIWEL, 1995).

No século passado, a partir dos anos 80, deu-se início às pesquisas com antioxidantes naturais, visando à substituição total ou parcial dos antioxidantes sintéticos, aos quais se atribuem efeitos deletérios ao organismo animal, quando utilizados em doses elevadas. Além dos possíveis riscos que o uso irregular e/ou indiscriminado dos antioxidantes sintéticos pode acarretar ao homem, soma-se a rejeição generalizada dos aditivos alimentares sintéticos. Ênfase tem sido dada à identificação e purificação de novos compostos com atividade antioxidante, oriundos de fontes naturais, que possam agir sozinhos ou sinergicamente com outros aditivos, como uma forma de prevenir a deterioração oxidativa de alimentos e restringir a utilização dos antioxidantes sintéticos (SHAHIDI et al., 2007).

DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) é um radical livre estável, devido a um elétron desemparelhado que também previne sua dimerização, fenômeno observado com outros radicais livres. O teste fotométrico de atividade antioxidante baseia-se no sequestro do radical DPPH (MOLYNEUX, 2004). O percentual de sequestro semelhante foi reportado por Melo et al. (2008) em extrato aquoso de caju, goiaba e da acerola, cujos frutos exibiram forte capacidade de sequestro do radical DPPH, superior a

90%. No entanto, Melo et al.(2006) relataram que, em frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa Arruda*), os extratos hidrometanólicos das polpas dos frutos maduros e semimaduros exibiram fraca capacidade antioxidante, uma vez que o percentual de sequestro foi inferior a 60% durante todo o tempo da reação. Dentre as hortaliças com menor ação antioxidante, destacaram-se o chuchu, pepino e a cenoura, com o menor percentual de inibição. Estes autores evidenciaram que a maior ação antioxidante foi exibida pelo extrato metanólico do espinafre, seguido pelo da cebola roxa, couve-flor, cebola branca, tomate, repolho verde e cenoura. Martinez-Valverde et al. (2000) relataram que o extrato etanólico do tomate exibiu uma baixa eficiência em sequestrar o radical DPPH.

Segundo Melo et al.(2006), a capacidade do potencial antioxidante varia de vegetal para vegetal. Alguns possuem compostos bioativos que apresentam uma potente ação antioxidante, exibindo a maior atividade e a mais elevada capacidade de sequestrar o radical DPPH; outros têm mais eficácia em sequestrar o radical livre, cujo percentual de inibição, aos 15 min da reação, foi superior a 70%. Com exceção de outros, com ação antioxidante moderada por ter atingido 60-70% de inibição, após os 15 min da reação ou com inibição inferior a 60%, exibiram uma fraca capacidade em sequestrar o radical DPPH.

Frutas e outros vegetais contêm substâncias antioxidantes distintas, cujas atividades têm sido bem comprovadas nos últimos anos. A presença de compostos fenólicos, tais como flavonoides, ácidos fenólicos, antocianinas, além dos já conhecidos: vitaminas C, E e carotenoides, contribuem para os efeitos benéficos destes alimentos. Somando-se a isto, estudos têm demonstrado que polifenóis naturais possuem efeitos significativos na redução do câncer, e evidências epidemiológicas demonstram correlação inversa entre doenças cardiovasculares e consumo de alimentos, fonte de substâncias fenólicas, possivelmente por suas propriedades antioxidantes (KARAKAYA, 2004).

Compostos fenólicos são produtos secundários do metabolismo vegetal e integram um amplo e complexo grupo de fitoquímicos, que apresentam em sua estrutura um anel aromático com uma ou mais hidroxilas. Em virtude de sua natureza química, atuam como agentes redutores, interrompendo a cadeia da reação de oxidação através da doação de elétrons ou de hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis, ou complexando com metais, componentes iniciadores da oxidação lipídica (MELO et al., 2008).

Nos valores médios de fenóis totais (em mg de ácido gálico g⁻¹), obtidos de carambolas Nota 10, submetidas a diferentes tratamentos pós-colheita e armazenadas, observou-se que houve tendência à diminuição do teor de fenóis ao longo do tempo de armazenamento, e isso, segundo Robards et al. (1999), pode ser atribuído a uma série de alterações químicas e enzimáticas de determinados fenóis durante o processo de amadurecimento; estas incluem hidrólises de glicosídeos por glicosidases, oxidação de fenóis por fenoloxidasas e polimerização de fenóis livres.

De acordo com estudos clínicos e epidemiológicos, há evidências de que antioxidantes fenólicos de cereais, frutas e vegetais são os principais fatores que contribuem para a significativa redução da incidência de doenças crônicas e degenerativas, em populações cujas dietas são altas na ingestão desses alimentos. Os compostos fenólicos, entre eles os flavonoides, têm seu mecanismo de ação investigado, na busca de identificar qual é sua relação com as propriedades benéficas apresentadas nesses compostos (DANI et al., 2010).

Etherton et al. (2002) relataram que compostos fenólicos possuem efeito antitrombótico, que aparece como resultado da agregação plaquetária, redução da síntese de mediadores pró-trombóticos e pró-inflamatórios, diminuindo a expressão de adesão molecular. Existem também muitas evidências que os polifenóis podem modular a produção de óxido nítrico pelo endotélio vascular, resultando em vasorelaxamento. Compostos fenólicos podem inibir a atividade de ciclooxigenase, reduzindo a agregação plaquetária e tendência à trombose (ETHERTON, 2002).

Muitos estudos têm mostrado a correlação entre consumo elevado de compostos fenólicos (flavonoides) e redução do risco de doenças cardiovasculares, como também redução de certos tipos de câncer (FERGUSON, 2001). Flavonoides e isoflavonoides podem proteger contra o câncer e/ou doenças cardíacas através da inibição do dano oxidativo (BIRT, 2001). Reddy (2003) relata que a propriedade antioxidante dos flavonoides faz com que eles tenham a propriedade de inibir vários tipos de câncer.

O crescente reconhecimento do valor nutricional e terapêutico das frutas tropicais está aumentando o consumo dessas frutas nos mercados doméstico e internacional. Diante disso, os frutos desempenham papéis importantes, tanto economicamente, através da comercialização de seus produtos, quanto nutricionalmente, por meio de seu consumo (RUFINO et al., 2010). Por conta dessa importância, estas substâncias estão recebendo atenção especial entre os compostos presentes em alimentos que possuem propriedades funcionais, que protegem o corpo

humano contra o estresse oxidativo, impedindo um grande número de doenças crônicas degenerativas (CANUTO et al., 2010).

Souza et al.(2012) garantem que a comercialização de frutas representa uma oportunidade para agricultores locais de obter acesso aos mercados especializados, onde os consumidores demonstram preferência por características exóticas e pela presença de nutrientes capazes de prevenir doenças degenerativas. As escolhas para consumo do fruto não são mais puramente baseadas em gosto e preferência pessoal, mas também no interesse em melhorar a saúde, o que está motivando o aumento na exploração econômica dos produtos e subprodutos de frutas específicas, atribuído a essa crescente preocupação dos consumidores sobre a relação entre dieta e saúde.

Dentre os compostos bioativos existentes, os carotenoides, flavonoides, fenólicos totais, vitamina C e os antioxidantes naturais são encontrados em grandes proporções nos vegetais, principalmente em frutas. A família Oxalidácea é rica em sua maioria desses compostos, principalmente a fruta biribiri, estudada no presente trabalho. Além de uma riqueza na sua composição química, tem uma funcionalidade diversificada na indústria de processamento.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista – BA, laboratório de pós-colheita de frutas, no período de abril a dezembro de 2013.

3.1. Coleta dos frutos

Os frutos de *Averrhoa bilimbi* L. (Biribiri) foram coletados diretamente da copa da planta, localizada no município de Macarani – Bahia, no período de abril a dezembro de 2013. O município encontra-se situado a 315 m de altitude e com coordenadas geográficas de 15° 33' 46" de latitude sul, 40° 25' 38" de longitude oeste. O clima da região, na classificação de Koeppen Geiger, é do tipo clima tropical com estação seca, temperatura anual média de 33°C e umidade relativa do ar média anual de 52%. As amostras foram retiradas nos dois estágios de maturação aparentes, a partir da coloração que vai de verde com casca totalmente firme, conforme ponto de colheita adotado pelos produtores, a amarelada (casca madura). Em seguida foram armazenadas em caixas de isopor com gelo e transportadas para posteriores análises físicas, químicas, compostos bioativos. Após lavagem em água destilada, os frutos foram triturados separadamente, sem acréscimo de água, com casca, e peneirados até obtenção do suco para todas as análises, exceto para a análise física (teste de firmeza), que se utilizou a baga inteira.



Figura 4: Fruto biribiri em dois estádios de maturação – maduro e verde

Macarani, 2013

3.2. Etapa 1: Análises físico-químicas

Realizaram-se análises físico-químicas da polpa e do suco da fruta *in natura* do biribiri, em dois estádios de maturação (verde e maduro), sempre em triplicata. Todas as análises seguiram as normas de Ranganna (1977), AOAC (1997), Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.2.1 Determinação da firmeza

Utilizou-se o aparelho Penetrometer – Fruit Firmeness Tester, modelo FT327, com ponteira cilíndrica de 8 mm de diâmetro, sendo realizadas duas medições em regiões equidistantes dos gomos, sendo os resultados expressos em N.

3.2.2 Determinação dos °brix

Foram determinados por refratômetro digital, modelo R², marca REICHERT, e os valores expressos em % (AOAC, 1997- proc. 920.151), colocando-se duas gotas do suco no prisma do refratômetro, devidamente calibrado a zero, segundo manual do Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.2.3 Determinação de pH

O pH foi determinado por phmetro digital da marca Hanna, com imersão direta em 100ml de suco, após calibração do aparelho.

3.2.4 Determinação da acidez titulável

Foram utilizados 5 mL do suco para cada uma das três amostras. Utilizou-se a solução de NaOH 0,1N padronizada, tendo como indicador uma solução de fenolftaleína 1% (3 gotas) para verificar a passagem da coloração (viragem) de branco a rosa (AOAC, 1997- proc. 932-12). Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico por 100 g de polpa.

$$\text{Acidez} = \frac{G \cdot N \cdot Mq \cdot VT \cdot 100}{P \cdot A}$$

Em que:

G = mL de NaOH gasto na titulação

N = Normalidade de NaOH utilizado (0,1N)

Mq = Miliequivalente de ácido

VT = Volume total da amostra

P = Peso da amostra utilizada (20 ml)

A = Alíquota da amostra utilizada pela titulação (100 ml)

3.5. Etapa 2: Determinação dos compostos bioativos

3.5.1 Determinação do Ácido Ascórbico (AA)

Foi feita solução com 20g de polpa + 80 ml de ácido oxálico 5% a 5°C. Extraíram-se três amostras de 10 ml cada desta solução e realizou-se a titulação com solução de Tilman (DFI-2,6 dicloro-fenol indofenol de sódio) a 0,1%, (RANGANNA, 1977), verificando a mudança da coloração (viragem) de branco a rosa. Para a titulação do ácido ascórbico

co padrão, utilizou-se solução de 5 ml de AA com 45mL de água destilada e a solução de Tilman. O conteúdo de ácido ascórbico foi expresso em mg de ácido ascórbico por 100 g do suco (IAL, 2008).

3.5.2 Compostos fenólicos totais

Os fenóis totais foram realizados de acordo com o método espectrofotométrico Folin Ciocalteu (HORWITZ, 1995). A leitura da absorbância foi obtida a 725 nm e os resultados foram comparados à curva padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico.100g⁻¹.

Foram utilizados seis tubos de ensaio, forrados com papel alumínio, sendo três para cada fruto, para homogeneizar as substâncias abaixo, sendo utilizada metade do volume estabelecido, na seguinte ordem:

(1°) 0,25 mL de Folin-Ciocalteu (RFC);

(2°) 0,25 mL de extrato

(3°) 0,5 mL de solução saturada de bicarbonato de sódio (NaHCO₃): 10g de NaHCO₃ misturados a 50 mL de água destilada;

(4°) 4 mL de água destilada para completar a solução.

Em seguida, os tubos foram levados ao agitador por 1 minuto e deixados em repouso à temperatura ambiente (28 ± 2 °C), por 25 minutos.

A amostra em branco foi constituída de 0,25 mL do RFC + 0,5 mL de solução saturada de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) + 4 mL de água destilada.

O local de preparo das soluções foi mantido sem luz artificial.

A leitura da absorbância foi obtida a 725nm e os resultados expressos em mg GAE 100g^{-1} . O Gráfico 2 apresenta a curva padrão de ácido gálico pela qual foram quantificados os valores de compostos fenólicos com coeficientes de determinação não inferiores a 0,9991.

3.5.3 Flavonoides totais

As análises de flavonoides totais foram otimizadas seguindo as metodologias descritas por Awad et al. (2000). A leitura foi efetuada a 425 nm. Os valores expressos em mg de quercitina (flavonoides totais). g^{-1} matéria fresca.

3.5.4 Carotenoides Totais

A extração dos carotenoides totais foi realizada na matéria fresca, segundo o método validado por Sims et al. (2002). Os pigmentos analisados foram as clorofilas e carotenoides em solução tamponada de acetona. A quantidade de material foi adaptada de acordo com as características do vegetal. As amostras foram pulverizadas em nitrogênio líquido, pesadas e homogeneizadas em miniturax com 3 mL de uma solução gelada de acetona/Tris-HCl (80:20, v:v, pH 7,8 0,2M), durante 1', na região do visível a 663 (clorofila a), 647 (clorofila b) e 470 (carotenoides) nm. Os valores de absorbância foram convertidos μg de carotenoides totais. g^{-1} .

3.5.5 Determinação da Atividade Antioxidante

3.5.5.1 Método do radical livre DPPH.

(1) Utilizou-se o espectrofotômetro da marca Biospectro, calibrado a 515 nm com álcool etílico 100%;

(2) No tempo 0 (zero), foi colocado somente o DPPH na cubeta para leitura;

(3) No tubo de ensaio, o extrato foi misturado a 4 mL de DPPH;

(4) A leitura foi realizada 30 minutos após ser preparada a primeira solução (DPPH + extrato); o desaparecimento do radical DPPH foi monitorado ao medir-se o decréscimo da absorbância a 515 nm;

(5) As leituras foram realizadas em triplicata.

A queda na leitura da densidade ótica das amostras foi correlacionada com o controle, estabelecendo-se a porcentagem de descoloração do radical DPPH, conforme fórmula abaixo:

$$\% \text{ de proteção} = (\text{Abs controle} - \text{As amostra}) / \text{Abs controle} \times 100$$

Para a avaliação do potencial antioxidante do suco do biribiri, utilizou-se a classificação de Melo et al. (2008): capacidade de sequestro do radical DPPH acima de 70%: forte; entre 50 e 70%: moderada; e abaixo de 50%: fraca.

A partir dos resultados obtidos, determinou-se a porcentagem de atividade antioxidante ou sequestradora de radicais livres e/ou porcentagem de DPPH, remanescente no meio reacional (CHANDRASEKAR et al., 2006; KIM et al., 2006; RAYMUNDO et al., 2004).

3.6 Delineamento experimental e análises estatísticas para compostos químicos e bioativos:

O delineamento utilizado foi o Inteiramente Casualizado (DIC), com 2 tratamentos (T1-fruto verde, T2- fruto maduro em triplicata, com 5 repetições cada tratamento). Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e para as comparações entre médias adotou-se o teste de Student, com nível de significância de 5%. As análises foram feitas no programa estatístico SISVAR 4.2.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características físico-químicas:

Os valores encontrados da análise de firmeza, acidez titulável, °brix e pH encontram-se na Tabela 1:

Tabela 1: Caracterização físico-química do biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.). Vitória da Conquista – Bahia, 2013.

Maturação	Firmeza (N)	Acidez titulável (% ác. cítrico)	° Brix	pH
Verde	31,950 a	1,176 a	3,975 a	1,791 a
Madura	2,550 b	1,538 b	4,975 b	2,088 a
CV %	7,25	15,91	13,37	12,23
DMS	1,608	0,277	0,769	0,305

Nas colunas, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Student, 5% de probabilidade.

Na tabela 1, observa-se que os valores do teste de firmeza feitos com a fruta biribiri apresentaram uma variação, entre os estádios de maturação de verde 31,950 N e maduro 2,550 N, diferindo estatisticamente. A diminuição da firmeza ou amaciamento de frutos é decorrente da degradação da parede celular por meio do aumento de atividade enzimática, associada a outros processos, como hidrólise de amido e perda de água, contribuindo finalmente para o amaciamento do fruto (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Em frutos, da família oxalidácea, a perda de firmeza durante o amadurecimento está relacionada com o aumento na atividade de várias enzimas que degradam a parede celular, particularmente a pectinametilesterase e β -galactosidase, poligalacturonase e β -glucanase, entretanto, aumentaram a atividade numa segunda fase do amadurecimento, sugerindo que elas podem ter um importante papel em estágios mais adiantados do amadurecimento (CHIN et al.,1999). O'Hare (1993) observou uma relação entre firmeza dos frutos de carambola e atividade da enzima poligalacturonase, além de verificar que a atividade enzimática foi maior nos frutos totalmente maduros, a fruta é muito succulenta chegando a ter 76,14% de rendimento de suco, quando madura, devido à perda de firmeza. Os resultados do presente trabalho determinaram uma variação de 92% da perda de firmeza dos frutos verdes, aumentando sua succulência, característica associada aos frutos maduros.

Na determinação da acidez titulável, os valores encontrados representam uma diferença significativa, aumentando os valores quando o fruto amadurece. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a acidez em produtos hortícolas é atribuída, principalmente, aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na

forma livre, como combinada com sais, ésteres, glicosídeos etc. De acordo Torres et al. (2003), em frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.), quanto mais verde o fruto, maior a média para acidez, devido aos fatores genéticos. A AT média obtida para cada estágio de maturação da carambola (0,35%-madura; 0,42%- verde) é superior aos relatados por Wilson et al. (1982) e Lederman et al. (2000), cujos valores foram de aproximadamente 0,30% a 0,39%, estando dentro dos valores médios citados por Teixeira et al. (2001). Lederman et al. (2000) comentaram que, na Índia, existem dois tipos de carambolas: as cultivares ácidas, que contém 0,8% de ácido cítrico. Torres et al. (2003) verificaram em frutos de carambola (*Averrhoa carambola* L.) que ocorreu uma variação com relação à acidez titulável, na qual os frutos verdes (0,42% de ácido cítrico) apresentaram maiores médias do que os maduros (0,35% de ácido cítrico), variando significativamente. Neves et al. (2006) verificaram que a acidez titulável na carambola diminuiu gradativamente, de acordo com o estágio de maturação. Portanto, todos os autores corroboram positivamente com a afirmação de que o biribiri tem uma elevada acidificação (% de ácido cítrico) nos frutos verdes, diminuindo 31% da sua concentração, proporcionando um crescimento muito considerável do ácido nos frutos maduros.

Os valores medidos através da determinação dos graus brix, apresentaram menor teor no fruto verde, em comparação com o fruto maduro, variando estatisticamente. Lederman et al. (2000), Teixeira et al. (2001) e Torres et al. (2003), trabalhando com carambola, verificaram valores médios semelhantes aos observados no presente trabalho. O teor de sólidos solúveis é um índice de qualidade, sendo sua concentração e composição componente indispensável ao sabor e 'flavour' do fruto. Outras características como acidez titulável da polpa da fruta também são utilizados para indicar a qualidade dos frutos e refletem o estágio de maturação dos mesmos (SANTANA et al., 2004). Torres et al. (2003) verificaram que os teores dos sólidos solúveis em carambola também aumentaram com o amadurecimento dos frutos, visto o mesmo no biribiri, fruta que pertence à mesma família da carambola (Oxalidácea). Os valores encontrados por Araújo et al. (2009), nos estágios de maturação dos frutos de biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.) verde (2,35) teve menor teor de sólidos solúveis totais do que nos frutos maduros (3,23). A partir dos resultados apresentados na Tabela 1, comprovou-se que o °brix tem tendência a aumentar com o avanço do amadurecimento do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005) e que os frutos analisados conseguiram

alcançar esse parâmetro com excelência, aumentando 26% de açúcar nos frutos maduros.

O valor médio de pH dos frutos, de acordo com a Tabela 1, no qual não houve diferença significativa entre os estádios de maturação. Este resultado, quando comparado com os descritos por Bezerra (2002), mostram que o pH do biribiri encontra-se muito próximo dos valores obtidos em limão (1,86%), acerola (2,95%) e maracujá (2,69%), o que demonstra ser um fruto com elevada acidificação, dentro da variação que vai de 1 a 4. Já para Lenox et al.(1990), com relação ao pH, os frutos de biribiri apresentaram diferenças significativas, sendo a variação de 2,49 para frutas maduras e 2,57 para frutas verdes. Em carambola tipo azedo, pertencente à mesma família do biribiri, o pH variou de 1,25, para os frutos verdes, e 2,0, para os maduros. Ding et al.(2007), avaliando carambolas cv. B10 em dois estádios de maturação, verdes e maduras, observaram valores de pH entre 4,23 para 4,34, respectivamente. Miller et al.(1959), trabalhando com carambolas ‘Arkin’ verdes e amarelas (maduras), verificaram pH entre 3,67 e 3,88. Durante o amadurecimento de carambola, o pH aumentou devido ao processo metabólico do fruto, resultando no decréscimo dos ácidos orgânicos (DING et al., 2007). Para Araújo (2009), os frutos de carambola apresentaram diferenças significativas, sendo a variação de 3,67 para frutas verdes a 4,03 para frutas maduras. O pH também foi influenciado significativamente pelo estágio de maturação no trabalho de Torres et al.(2003), no qual o fruto verde apresentou 3,52 e o maduro 3,69. Em carambola tipo azedo, o pH variou de 1,25 a 2,0 (LENOX et al., 1990). Guedes et al. (1988) encontraram, entre os reportados, 2,3 para frutos verdes e 4,9 para os maduros de carambola. Para Lima et al.(2001), independentemente das condições climáticas, com relação ao pH, os frutos de biribiri apresentaram diferenças significativas, sendo a variação de 2,49 para frutas verdes e 2,57 para frutas maduras.

4.2 Caracterizações dos compostos bioativos:

Os valores relativos aos valores de ácido ascórbico, compostos fenólicos, carotenoides totais, flavonoides totais e atividade antioxidante encontram-se na tabela 2:

Tabela 2: Caracterização dos compostos bioativos do biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.). Vitória da Conquista – Bahia, 2013.

Maturação	Ácido Ascórbico (mg/100ml)	Compostos Fenólicos (mg/100g)	Carotenoides Totais ($\mu\text{g}/\text{g}^{-1}$)	Flavonoides Totais (mg EQ/100g de fruta)	Antioxidante (DPPH) %
Verde	266,66 a	0,75 a	0,61 a	0,58 a	80,73 % a

Madura	273,25 a	0,80 a	0,90 b	0,65 a	87,61 % a
CV %	32,89	7,83	15,65	1,90	3,77
DMS	1,36	0,061	0,11	0,08	5,49

Nas colunas, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de student 5% de probabilidade.

Foi verificado que o biribiri apresentou um elevado teor de ácido ascórbico, entretanto, verificou-se que a média não diferiu estatisticamente em frutos nos dois estádios de maturação. Lima et al. (2001) verificaram, em carambola, valores variando de 60,95 a 20,82 mg/100g de vitamina C, para os frutos maduros e verdes, respectivamente, da mesma maneira com o biribiri, que ganha com o amadurecimento o teor da vitamina. Esse padrão também foi observado em goiaba (ESTEVES et al.,1984). Araújo et al. (2009) não verificaram diferenças estatísticas entre os estádios de maturação do biribiri, como visto também nas análises no presente trabalho. O teor de vitamina C é variável nos alimentos, de acordo a região e cultivo, época de colheita, mesmo sendo da mesma variedade (TAIWAN, 2007 e TAVARES, 2003).

Os compostos fenólicos totais não variaram entre os estádios de maturação, o que indica que não há perda desse componente bioativo nos frutos verdes a maduros. Quando comparados com algumas frutas com a mesma taxa respiratória, o biribiri pode ser considerado uma excelente fonte de fenóis totais, importante para a saúde dos consumidores: auxilia na redução de doenças degenerativas e estas substâncias estão recebendo atenção especial entre os compostos presentes em alimentos que possuem propriedades funcionais, pois protegem o corpo humano contra o estresse oxidativo, impedindo um grande número de doenças crônicas degenerativas (CANUTO et al., 2010).

Os teores de carotenoides totais em frutos verdes (0,61 $\mu\text{g g}^{-1}$) são encontrados em menor proporção aos frutos maduros (0,90 $\mu\text{g g}^{-1}$), demonstrando, assim, uma diminuição das clorofilas A e B nos estádios de maturação. O crescimento do composto é 47% e que tem como principal característica a coloração da casca, que passa de verde para amarelada, fazendo desaparecer o teor de clorofila, caracterizado pela cor esverdeada. Essas alterações na coloração da casca da carambola durante o amadurecimento, passando do verde ao amarelo, estão relacionadas à degradação da clorofila e à manifestação dos pigmentos carotenoides (TAYLOR, 1993) também visualizada no biribiri. Os valores encontrados no presente trabalho estão de acordo com Ribeiro et al, (2007) que, ao longo da maturação das frutas, a clorofila é degradada e a cor verde desaparece, enquanto a síntese de carotenoides aumenta. Os flavonoides são compostos amplamente distribuídos no reino vegetal, representados por diferentes

classes de substâncias, sendo as flavonas um dos mais abundantes, possuindo atividades anticancerígenas, além de atuarem em processos reguladores do metabolismo. Encontram-se, em abundância, em várias espécies de frutas e hortaliças, sendo, assim, a sua ingestão pode ser benéfica na proteção contra a incidência de diferentes tipos de câncer (CHITARRA, 2005).

O estudo feito referente à atividade antioxidante não teve variação significativa, porém, os frutos verdes, que possuem 80% e maduros 87% de ação antioxidante, obtiveram excelentes valores, podendo, assim, enfatizar um crescimento de 8,7% no fruto maduro. Segundo a classificação estabelecida por Melo et al. (2008), é considerada como forte, moderada e fraca a capacidade de sequestro, quando atingir os percentuais de 70%, 50 e 70%, e abaixo de 50%, respectivamente, assim sendo, pode-se considerar que os frutos biribiri exibiram uma forte capacidade de sequestrar radicais livres, contribuindo para a redução de diversos fatores que desencadeiam doenças não degenerativas. Os estudos mostraram que a fruta é rica em compostos bioativos e podem ser uma grande fonte de matéria prima para processamentos industriais, por apresentar características físico-químicas (acidez, pH, °Brix e firmeza) apropriadas ao paladar e que seguem às exigências do consumidor. É uma fruta que pode ajudar na redução de várias doenças degenerativas, como câncer, doenças inflamatórias, envelhecimento precoce, problemas circulatórios, além da redução dos radicais livres. Portanto, os presentes estudos indicam que a matéria prima é essencial na alimentação humana, proporcionando benefícios para a alimentação.

5. CONCLUSÃO

Nas condições em que foi desenvolvido o presente trabalho, o fruto de biribiri (*Averrhoa bilimbi* L), dentre outras qualidades bioquímicas, apresenta elevador teor de ácido ascórbico, tanto em frutos verdes quanto em maduros; tem em sua composição antioxidante como: compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides; exhibe uma forte capacidade de sequestrar radicais livres, com mais de 80% de ação antioxidante, tanto em frutos verdes quanto em frutos maduros. Conclui-se, portanto, que o biribiri, apesar de ser um fruto com características ainda pouco conhecidas, apresenta potencial de uso na indústria de alimentos, pelas qualidades presentes na sua composição, o que certamente irá beneficiar a saúde do consumidor.

REFERÊNCIAS

ALI, Z. M. Low temperature and modified atmosphere packing of carambola fruit and their effects on ripening relative texture changes, wall modification and chilling injury symptoms. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 33, n. 2, p. 181-192, 2004.

ALVES, L. Jornal Brasil Escola. <http://www.brasilecola.com/quimica/conceito-ph.htm>
Consulta em 01/12/2013.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Arlington: Patrícia Cuniff (Ed.), p.37-10, 42-2, 44-3, 45-16. 1997.

ARAÚJO, E.L., et al. Caracterização físico-química de frutos de biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.). **Revista Biotemas**, vol. 22, n. 4, 2009.

ASENJO, C. F.; PENALOZA, A.M.P. 1960. Characterization of ascorbase presente in the fruit of the *Malpighia Punicifolia* L. **Federation of American Societies for Experimental Biology. Federation Proceedings**, vol.19 (1): p.1.

AWAD, M.A.; JAGGER, A.; WESTING, L.M. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterization of variation. **Scientia Horticulturae**, v.83, p.249-263, 2000.

BARTLEY, I. M.; KNEE, M. The chemistry of textural changes in fruit during storage. **Food Chemistry**, London, v. 9, n. 7, p. 47 - 58, 1982.

BEZERRA, J. W. T. Efeito da frequência de irrigação no desenvolvimento radicular e produção do coqueiro anão. 2002, 48p. **Dissertação** (Mestrado em Irrigação e Drenagem)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BICALHO, U. De O. Vida útil pós-colheita de mamão submetido a tratamento com cálcio e filme de PVC. 1998. 154 f. Tese (**Doutorado** em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

BIRCH, A.E.; FENNER, G. P.; WATKINS, R.; BOYD, L. C. Antioxidant proprieties of evening primrose seed extracts. J. Agric. **Food Chemistry**, v.49, p. 4502-4507, 2001.

BRENNA, O.V.; PAGLIARINI, E. Multivariate analyses of antioxidant power and polyphenolic composition in red wines. J. Agric. **Food Chemistry**, v.49, p. 4841-4844, 2001.

BIRT, D.F. Update on the effects of vitamins A, C, and E and selenium on carcinogenesis. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, New York, v.183, n.3, p.311-320, 1986.

BNOUHAM, M.; ZIYYAT, A.; MEKHfi , H.; TAHRI, A.; LEGSSYER, A. 2006. Medicinal plants with potential antidiabetic activity – A review of ten years of herbal medicine research (1990-2000). **International Journal of Diabetes & Metabolism**, vol.14: p. 1-25.

BUTERA, D., TESORIERE, L., DI GAUDIO, F., BONGIORNO, A., ALLEGRA, M., PINTAUDI, A.M., KOHEN, R., LIVREA, M.A. Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: Betanin and indicaxanthin. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**. Vol.50, p.6895-901, 2002.

BUTT, V. S. Direct oxidases and related enzymes. **In**: STUMPF, P. K.; CONN, E. E. (Ed.). *The biochemistry of plants: a comprehensive treatise*. New York: Academic, 1980. v. 2, p. 81-123.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSE, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Rev. Bras. Frutic**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, dezembro 2010.

CASTELLANI, E.D.; FILHO, C.F.D.; AGUIAR, I.B.; PAULA, R.C. Morfologia de frutos e sementes de espécies arbóreas do gênero *Solanum* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n.1, p.102-113, 2008.

CHANDRASEKAR, D, MADHUSUDHANA, K, RAMAKRISHNA, S, DIWAN, PV. Determination of DPPH free radical scavenging activity by reversed-phase HPLC: A sensitive screening method for polyherbal formulations. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v.40, p. 460-464, 2006.

CHIN, L. H.; ALI, Z. M.; LAZAN, H. Cell wall modifications, degrading enzymes and softening of carambola fruit during ripening. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v.50, n. 335, p. 767-775, 1999.

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

CORRÊA, M.P. 1978. Dicionário das plantas úteis e das exóticas cultivadas. Vol. VI. **Imprensa Nacional**, Rio de Janeiro, 777p.

CORRÊA, M.P. Dicionário das plantas úteis do Brasil e exóticas cultivadas. Rio de Janeiro: **Ministério da Agricultura**, 1926. v.1., 747p.

CORRÊA, G. de C.; NAVES, R. V.; ROCHA, M. R. da; CHAVES, J. R.; BORGES, J.D. Determinações físicas em frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* vog.), cajuzinho (*Anacardium othonianum* rizz.) e pequi (*Caryocar brasiliense* camb.), visando melhoramento genético. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 42-47, 2008.

DANI, C.; AGINONI, J. C.; CALLONI, C.; SALVADOR, M.; SPADA, P. D. S. Viabilidade celular de cultura de linfócitos tratados com *Annonamuricata* L. **Ciência em Movimento**. Ano XII, nº 24. 2010/2.

DING, H.; CHIN, Y.W.; KINGHORN A.D.; D'AMBROSIO, S.M.D. Chemopreventive characteristics of avocado fruit. **Seminars in Cancer Biology**, v. 17, p. 386–394, 2007.

DINIZ, A. C. B. D.; ASTARITA, L. V., SANTAREM, E. R. Alteração dos metabólitos secundários em plantas de *Hypericum perforatum* L. (Hypericaceae) submetidas à secagem e ao congelamento. **Acta Bot. Brás**, v. 21, p. 443-450, 2007.

EMBRAPA-AGROINDÚSTRIA DE ALIMENTOS. Informação Tecnológica. **Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. 2010.**

ETHERTON, P.M.K., HECKER, K.D., BONANOME, A., COVAL, S.M., BINKOSKI, A.E., HILPERT, K.F., GRIEL, A.E. Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **The American Journal of Medicine**, v. 113, n.9B, p. 71s-88s, 2002.

FERGUSON, L.R.. Role of plant polyphenols in genomic stability. **Mutation Research**, v. 475, p. 89-111, 2001.

FOLIN, C.; CIOCALTEU, V. Tyrosine and tryptophan determination in proteins. **Journal Biol Chem**, v.73, p.627-650, 1927.

FONTANA, J. D.; MENDES, S. V.; PERSIKE, D. S.; PERACETTA, L.; PASSOS, M. Carotenoides: cores atraentes e ação biológica. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, n.13, p. 40-45, 2000.

GARCIA, E. S.; SILVA, A. C. P.; GILBERT, B.; CORRÊIA, C. B. V.; CAVALHEIRO, M. V. S.; SANTOS, R. R.; TOMASSINI, T. **Biodiversidade: Perspectivas e Oportunidades Tecnológicas**. Produtos Naturais e Saúde, 1994. Disponível em: <<http://bdt.fat.org.Br/publicações/padct/bio>>. Acessado em 04/05/08.

GOFUR, M.A.; SHAFIQUE, M.Z; Helali-F°, H.; IBRAHIM, M.; RAHMAN, M.M.;HAKIM, A. 1994. Effect of various factors oh the vitamin C (ascorbic acid) content of some mango varieties grown in Rejshahi region. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Reserch**, vol.29 (3): p.163-171.

GUEDES, Z. B. L.; OLIVEIRA, M. N. de; HOLANDA, L. F. F. de.; GUIMARÃES, A. C. L.; FIGUEIREDO, R. W. de. Caracterização física, físico-química e química da

carambola (Averroa carambola L.) **In:** CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 11, Recife, PE, 1988. **Resumo.** Recife, Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1988. p.112.

HALLIWEL, B. et al. The characterization of antioxidants. **Food Chem. Toxicol.**, Oxford, v. 33, n. 7, p. 601-17, 1995.

HORWITZ, H. Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists. 8th ed. Washington, DC: **Agricultural Chemistry Association**, 1995. 144 p.

IBRAF-INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp>. Acesso em: 29 /11/ 2011.

IBRAF-INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp>. Acesso em: 09 /10/ 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas, métodos químicos e físicos de Alimentos. 3.ed. São Paulo: **IAL**, 1985. vol. 1, 553p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz (IAL)**, v. 4, p.533, 2008.

JOSEPH, J.; MENDONÇA, G. 1989. Oxalic acid content of carambola (Averroa carambola L.) and bilimbi (Averroa bilimbi L.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, vol.33: p.117-120.

KARAKAYA, S. Bioavailability of Phenolic Compounds. **Critical Rev. Food Sci. Nutr.**, Boca Raton, v. 44, n. 6, p. 453-64, 2004.

KIM, D.-O.; JEONG, S.W.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, Kidlington, v.81, p.231-326, 2003.

KOO, H.M.; SUHAILA, M. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. *J. Agric. Food Chemistry*. Chicago: v.49, n. 6, p. 3106-3112, 2001.

KUBOLA, J., SIRIAMORNUN, S., MEESO, N. Phytochemicals, vitamin C and sugar content of Thai wild fruits. *Food Chemistry*. Vol.126 (3), p.972-981. 2011.

LENDERMAN, I. E.; BEZERRA, J. E. F.; ASSUNÇÃO, M. A. de; FREITAS, E. V. de. 2000. Characterization and selection of star fruit (*Averrhoa carambola* L.) genotypes in Pernambuco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol.22 (1): p.31-35.

LENOX, A.; RAGOONATH, J. *Carambola and bilimbi*. *Fruits*, Pelotas, v. 45, n. 5, p. 497-501, 1990.

LIMA, V. L. A. G. de; MÉLO, E. de A.; LIMA, L. dos S. 2001. Physicochemical Characteristics of Bilimbi (*Averrhoa bilimbi* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol.23 (2): p.421-423.

LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; FILGUEIRA, H. A. C.; ENÉAS-FILHO, J. Comportamento respiratório e qualidade pós-colheita de graviola (*Annona muricata* L.) “morada” sob temperatura ambiente. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 1, p. 49-52, abril 2003.

LOURTEING, A. 1983. Oxalidáceas. *In*: R. Reitz (ed.). *Flora Ilustrada Catarinense*, parte 1, fascículo Oxal. Itajaí, Santa Catarina.

MAIDANA, R. O, FERRUCCI, M. S., DEMATTEIS, M. Las especies de la familia Oxalidaceae del parque nacional de Mburucuyá. **Trabajo presentado en las XVI Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas y; VIII Reunión de Extensión FCAUNNE**. Vol.8. 3-6 p.2005.

MATHEUS, M.T.; LOPES, J.C. Morfologia de frutos, sementes, plântulas e germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. *Revista Brasileira de sementes*, v.29, n.3, p.8-17, 2007.

MARCHAND, L.L., Cancer preventive effects of flavonóides – a review. *Biomed Pharmacother*, v.56, p.296-301, 2002.

MATHEW, L.; GEORGE, S. T.; BABYLATHA, A. K.; GEETHA, C. K. Flowering and fruit development in bilimbi (*Averrhoa bilimbi* L.). **South Indian Horticulture**, Coimbatore, v. 41, n. 1, p. 41-42, 1993.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Arch. Latinoam. Nutr.**, Caracas, v.50, n.1, p.5-18, 2000.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; ARAÚJO, C. R. Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. **Alim. Nutr.**, Araraquara v.19, n.1, p. 67-72, jan./mar. 2008.

MELO, E. A. et al. Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. **Brazilian J. Food Technol.**, v. 9, n. 2, p. 89-94, 2006.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, US, v. 31, n. 3, p. 426-428, Mar. 1959.

MORTON, J. F. Mangosteen. **In: MORTON, J. F. Fruits of warm climates**, Miami: [s.n.], 1987. p. 301-304.

NEILL, SO, GOULD, KS, KILMARTIN, PA, MITCHELL, KA, MARKHAM, KR , Antioxidant activities of red versus green leaves in *Elatostema rugosum*. **Pant Cell and Enviroment**. Vol.25, p.539-47. 2011.

NEVES, L.C.; PRILL, M.A.S.; SILVA, V.X.; BENEDETTE, R.M.; VIEITES, R.L. Avaliação de diferentes tipos de atmosferas modificadas na vida útil de carambolas minimamente processadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.467-472, 2006.

O'HARE, T. J. Postharvest physiology and storage of carambola (starfruit): a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 2, n. 4, p. 257-267, 1993.

OLIVEIRA, J. S. de. Caracterização, Extração e Purificação por Cromatografia de Compostos de Urucum (*Bixa orellana* L.). 2005. 215p. Tese (**Doutorado** em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PADH, H. 1991. Vitamin C: Never insights into its biochemical functions. **Nutrition Reviews**, vol.49 (3): p.65-70.

PELLEGRINI, N. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.87, p.103-111, 2007.

PIMENTEL, B. M. V.; FRANCKI, M.; GOLLÜCKE, B. P. **Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Editora Varela, 2005.

PUSHPARAJ, P.N., TAN, C. H., TAN, B. K. Effects of Averrhoa bilimbi leaf extract on blood glucose and lipids in streptozotocin-diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacology**. Malaysia. Vol.72. p.69-76, 2000.

RANGANNA, S. Manual of analysis of fruit and vegetable products. **New Delhi: McGraw-Hill**, 1977. 634p.

REDDY, C. S. K. et al. Bioresour. **Technol.** n. 87. 2003.

RIBEIRO, E.P. **Química de Alimentos**/Eliana Paula Ribeiro, Elisena A. G.A.; Seravalli, 2º edição. São Paulo: Blucher, 2007.

ROBARDS, K.; PRENZLER, P.D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, vol.66, p.401–436, 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Latin american food sources of carotenoids, **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 49, p. 74- 84, 1999.

ROSA, R.S., N.A. MENESES, H.A. Britski, W.J.E.M. COSTA & F. GROTH. 2003. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. **In:** I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C.Silva (eds.). Ecologia e conservação da Caatinga. pp. 135-180. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, London, v.121, p. 996-1002, 2010.

SANTANA, A.C. de. Análise do desempenho competitivo das agroindústrias de polpa de frutas do Estado do Pará. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa - MG, v. 2, n. 4, p. 495-523, 2004.

SÃO JOSÉ, A. R. Cultivo e mercado da graviola. **10ª semana Internacional da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria 01 a 04 de setembro de 2003** – Centro de Convenções Fortaleza – Ceará – Brasil. **FRUTAL'2003** Cooperativismo e Agronegócio.

SELLAPPAN, S.; AKOH, C.C.; KREWER, G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-Grown blueberries and blackberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.50, p. 2432-2438, 2002.

SIMS, D.A.; GAMON, J.A. 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment** vol.81: p.337-354.

SISVAR, **Sistema para análise de variância**, para Windows. Versão 4.3. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000.

SOBRINHO, S.P.; SIQUEIRA, A.G. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam. – Sterculiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.112-120, 2008.

SHAHIDI, F.; ALASALVAR, C.; LIYANA-PATHIRANA, C. M. Antioxidant Phytochemicals in Hazelnut Kernel (*Corylus avellana* L.) and Hazelnut Byproducts. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, v. 55, n. 4, p. 1212-20, 2007.

SOUZA, R. M. Compostos bioativos e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado piauiense. 2011. 93 f. **Dissertação** (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, p. 381–386, 2012.

STRINGHETA, P. C. **Compostos Bioativos em Alimentos**. Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, 2004. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/biochat/artigos/artigo.asp?id=50>. Acesso em 06/06/08.

TAYLOR, J. E. Exotics: carambola. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G.A. Biochemistry of fruit ripening. London: Chapman and Hall, 1993. p. 169-171.

TAN, B.K.H. et al. Effects of *Averrhoa bilimbi* L. on blood sugar and food intake in streptozotocin-induced diabetic rats. **Phytomedicine**, Jena, v. 3, p. 271, 1996.

TEIXEIRA, G.H.de A.; DURIGAN, J.F.; DONADIO, L.C.; SILVA, J.A.A.da. Caracterização de seis cultivares de carambola (*Averrhoa carambola* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, vol.23, n.3, p. 546-550, 2001.

TORRES, L. B.; FIGUERÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M 2003. Caracterização química de carambolas produzidas em região semi-árida do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de produtos Agroindustriais**, vol.1: p. 43-54.

VENTUROSOS, J.A. et al.. Estudo da secagem de carambola (*Averrhoa carambola* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SBCTA, 2002. 1 CD-ROM.

VILLA-RODRÍGUEZ, J.A., MOLINA-CORRAL, F.J., AYALA-ZAVALA, J.A., OLIVAS, G.I. GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A., 2011. Effect of maturity stage on the content of fatty acids as antioxidant activity of “Hass” avocado. *Food Res. Int.*44, 1231-1237.

WAHAB, N. H. Bt. A, WAHID, M. E. B., TAIB, M.B.A., ZAIN, W.Z.B.M.Z., ANWAR, S.A.B. Phytochemical screening and antimicrobial efficacy of extracts from *Averrhoa bilimbi* L. (Oxalidaceae) fruits against human pathogenic bacteria. **Second International Conference and Workshops on Basic and Applied Sciences Regional Annual Fundamental Science Seminar 2009**. Malaysia. 2-4 June 2009.

WIERSEMA, J. H. & LEÓN, B. 1999. **World economic plants, a standard reference**. C. R. C. Press, Boca Ratón, London. 749 p

WILSON, C.W. Carambola and bilimbi. **In:** Nagy, S.; Shaw, P.E.; Wardowsky, F.S. *Fruits of tropical and subtropical origin: composition, properties and uses*. Lake Alfredo, Florida: Florida Science Source, 1982. p.277-301.

WONG, K. C.; WONG, S. N. Volatile constituents of *Averrhoa bilimbi* L. fruit. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v.7, n.6, p.691-693, 1995.

XAVIER, H.S.; **Componentes flavonólicos majoritários de duas espécies de *Averrhoa* (Oxalidaceae) introduzidas em Pernambuco**. Disponível em: <http://www.propesq.utpe.br>. Acesso em: 20/01/2001.

YANG, C.S., LANDAU, J.M., HUANG, M.T., NEWMARK, H.L., Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. **Ann. Rev. Nutrition**, v.21, p.381-406, 2001.

ZACARIAS, Z. A., ZAITON, H., HENIE, E. F. P., MAT JAIS, A. M., ENGKU ZAINUDINN, E. N. H. In vitro antibacterial activity of *Averrhoa bilimbi* L. leaves and fruits extracts. **International Journal of Tropical Medicine**. Malaysia. Vol.2. Nº 3. p.96-1, 2007.

