



UFAM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

**PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIOTECNOLOGIA**

CARLOS VICTOR LAMARÃO PEREIRA

**EXTRATOS BIOATIVOS DE FRUTOS AMAZÔNICOS POR QUÍMICA
VERDE: EXTRAÇÃO POR LÍQUIDO PRESSURIZADO (PLE) E FLUÍDO
SUPERCRÍTICO (SFE)**

Orientador: Prof. Dr. Valdir Florêncio da Veiga Júnior

MANAUS

2015



UFAM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

**PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIOTECNOLOGIA**

CARLOS VICTOR LAMARÃO PEREIRA

**EXTRATOS BIOATIVOS DE FRUTOS AMAZÔNICOS POR QUÍMICA
VERDE: EXTRAÇÃO POR LÍQUIDO PRESSURIZADO (PLE) E FLUÍDO
SUPERCRÍTICO (SFE)**

Tese apresentada para o Programa Multi-institucional de Pós Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, na área de concentração “Biotecnologias para a Área Agroflorestal”, como parte do requisito para a obtenção do título de Doutor em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Florêncio da Veiga Júnior

MANAUS

2015

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P436e Pereira, Carlos Victor Lamarão
Extratos bioativos de frutos amazônicos por química verde: :
extração por Líquido Pressurizado (PLE) e Fluido Supercrítico
(SFE) / Carlos Victor Lamarão Pereira. 2015
95 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Valdir Florêncio da Veiga Junior
Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do
Amazonas.

1. Bioprodutos. 2. Extração de resíduo. 3. Fruto amazônicos. 4.
Química verde. I. Veiga Junior, Valdir Florêncio da II. Universidade
Federal do Amazonas III. Título

CARLOS VICTOR LAMARÃO PEREIRA

**“EXTRATOS BIOATIVOS DE FRUTAS AMAZÔNICAS POR QUÍMICA
VERDE: EXTRAÇÃO POR LÍQUIDO PRESSURIZADO (PLE) E FLUÍDO
SUPERCRÍTICO (SFE)**

Tese apresentada para o Programa Multi-institucional de Pós Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, na área de concentração “Biotecnologias para a Área Agroflorestal”, como parte do requisito para a obtenção do título de Doutor em Biotecnologia.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Antonio Machado Leitão

Prof. Dr. Kaoru Yuyama

Prof. Dr. Francisco Elnó Bezerra Herculano

Prof. (a) Dra. Lídia Medina Araújo

Prof. (a) Dr. Valdir Florêncio da Veiga Júnior

“Eu vivia sempre preocupado com a situação solar, mas se eu estou aqui é por acaso e para te ver passar. Céu azul, a cor de meio-dia, a hora é de sair, mas se eu estou em sua companhia é para me distrair. Vou caminhando pela estrada e peço para o coração chegar. Não vejo mais a hora errada e nem sei onde vai dar...eu tô contigo irmão e não tenho mais medo do mundo!”

(Marcelo Camelo)

AGRADECIMENTOS

Como entoam as cantoras Vanessa da Mata e Maria Bethânia em suas eternas canções, decididamente, devo agradecer a esta “Força que nunca seca” que nos rege, que nos ampara e que nos cerca com bons fluidos e vibrações. Esta força não é permeada de forma alguma por preconceitos e julgamentos desamorosos, pelo contrário, se nos permitirmos, esta energia nos cerca de saúde, amor, compaixão e alegria de viver. Sim, a este “Deus” e a esta força eu sou grato e a buscarei em tudo aquilo que me faz feliz e me completa. Namastê!

Agradeço de forma imensurada ao meu pai Carlos Benedito Pachêco Pereira (“in memoriam”) e a minha linda mãe Maria do Socorro Lamarão Pereira, pois o suporte fraterno, amoroso e financeiro que sempre me proporcionaram foram vitais para o meu desenvolvimento pessoal, profissional e espiritual. Amo vocês! Pai, onde estiver, tenha a certeza que esta vitória é dedicada a ti e aqui reafirmo o quanto foste um pai importante e que de ti terei muitas saudades até meu último dia nesta caminhada.

Agradeço a minha irmã Camila do Socorro Lamarão Pereira e ao meu sobrinho João Gabriel Lamarão Cavalcante pelos sorrisos e bons momentos que me proporcionam sempre. A vocês desejo muita paz e saúde!

Agradeço a todos da família “Lamarão” e família “Pachêco” que sempre me olharam como um ser que podia alçar grandes voos, de fato o apoio de vocês sempre foi primordial. Em especial agradeço de coração a minha querida “vovó” Ana Maria Pachêco Pereira, que além de me ensinar a tabuada e a conjugar os verbos, sempre foi uma grande parceira. Beijo vó!

Agradeço imensamente ao orientador e amigo Professor Dr. Valdir Florêncio da Veiga Júnior pela dedicação e paciência em todos os passos desta longa caminhada que é o doutoramento. Esse profissional é como poucos e é um espelho para todos aqueles que possuem o privilégio de trabalhar com ele. Sou muito grato a ti e te desejo muita saúde e longevidade, além de muitos anos ainda de publicações, projetos importantes e mergulhos inesquecíveis pelas imensidões de oceanos azuis.

Agradeço a professora Maria Ângela Meireles e toda a sua equipe que atua no laboratório de fluido supercrítico na Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP, por me proporcionar infraestrutura e aprendizado nesta área da engenharia que foi vital para a realização de minha tese. Em especial agradeço a atenção e carinho dos doutores Ângela Farias e Moisés Naves. Foi muito bom conhecê-los e desejo que a vida lhes reserve grandes bênçãos.

Quero também desejar grandes conquistas a todos os membros do grupo QBIOMA - Química de Biomoléculas da Amazônia, desde os alunos de iniciação científica, até os alunos de mestrado e doutorado, pois quase sempre muitos de vocês foram ímpares em me apoiar em tudo o que necessitei para que meu trabalho pudesse prosseguir. Neste grupo fiz bons amigos e dedico grandes aplausos aos parceiros Fred Nogueira, Roseane Moraes, Olinda Canhoto, Alcilene Dias, Nilma Fernandes, Jéssica Maria, Orlando Amazonas, Priscilla Oliver, Joelma Alcântara, Milena Campelo, Lidiam Leandro e a todos os “biquinhos” cinemaníacos amigos da “Belly” (piada interna). Um agradecimento especial e com o coração muito grato a amiga Klenicy Yamaguchi, pois sempre esteve ao meu lado ao longo destes quatro anos do projeto de “Resíduos de Frutos Amazônicos”. A ti “Kleny” desejo todas as boas alegrias deste mundo!

Não posso esquecer de agradecer ao aprendizado que tive na área de inorgânica, elaboração e prestação de contas de projetos junto a Professora Dra. Cláudia Cândida Silva – UEA, pois de forma elegante e serena, porém, concisa, objetiva e certa, os conhecimentos ensinados e ganhos foram muitos e imprescindíveis. Sem contar as boas conversas sobre a vida e tudo mais. A você desejo paz, saúde e muitas conquistas!

Agradeço ao professor Emerson Silva pela gentileza de sempre em permitir o uso das dependências do laboratório o qual coordena na Faculdade de Farmácia para os ensaios biológicos na primeira etapa desta tese. Sou grato também pelos ensinamentos acadêmicos na área de elaboração de artigos científicos.

Não posso deixar de mencionar as amigas Fátima Araújo e Jussara Araújo, afinal essas pessoas foram as grandes responsáveis por inúmeros momentos de alegrias e conselhos, sejam em bons ou maus momentos. Amo

vocês queridas, muito! Agradeço também a amiga e chefe Eyde Saraiva que sempre esteve comigo para o que der e vier, seja como colega de profissão ou como chefe de Departamento, creia você é dez!

Devo agradecer também as minhas amigas belenenses Alessandra Eluan e Alda Alves pela cumplicidade e força de sempre, mesmo com a distância que nos separa, nossa, como vocês são especiais! Outro amigo belenense muito importante é o irmão Jerfferson Lobato, parceiro de longa data e que a vida trouxe para trazer até mim bons momentos de amizade, paz, felicidade e zelo. Sem esses três com certeza a minha vida seria mais cinza! Amo vocês três!

Tenho o dever e a honra de agradecer à FCA – Faculdade de Ciências Agrárias, ao DEAS – Departamento de Engenharia Agrícola e Solos e ao PPGBIOTEC – Programa de Pós-Graduação Multi-Institucional em Biotecnologia pela oportunidade que me concederam de crescer como indivíduo e profissional ao longo destes quase quatro anos de doutoramento.

Agradeço todo ao quadro administrativo e técnico da Universidade Federal do Amazonas por tudo o que puderam me proporcionar para que a minha tese pudesse ocorrer. Agradeço muito aos funcionários da secretaria do PPGBIOTEC na figura de Nubiane Trucy, aos técnicos do Curso de Engenharia de Alimentos Rodolfo Pessoa e Milla Perdigão pelo apoio com a limpeza e demais atividades com as matérias-primas trabalhadas nesta tese, a secretária da FCA Celina Botelho e a técnica da Faculdade de Farmácia Dora pela sua gentileza e prestatividade de sempre. Agradeço também ao mestre Rodrigo Otávio pelo apoio nas análises de ensaios biológicos na Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Amazonas. Nesse contexto, jamais poderia deixar de agradecer ao meu amigo e parceiro de trabalho Prof. Dr. Antonio Machado Leitão (“in memoriam”), profissional ímpar e amigo de quem terei muita saudade e a quem devo muito. Vá em paz Leitão!

Agradeço a CAPES, ao CNPQ e a FAPEAM por todos os incentivos concedidos para a realização deste doutoramento e consequente defesa de tese. Agradeço aos artistas, aos músicos, aos diretores de cinema e aos autores de livros que durante todo este tempo me fazem ser um bom sonhador e tentar ser um ser humano melhor, o que invariavelmente me dá gás para encarar os

desafios da vida e fugir um pouco dos afazeres acadêmicos. Agradeço aos amazônidas por me receberem de braços abertos, seja para a coleta de matérias-primas, seja para a aplicação de questionários, seja para tomar um simples café preto com bolacha Maria ou de Motor ao longo dessas andanças em busca por frutíferas amazônicas para estudo e pesquisa. Sou grato a este povo, que apesar de sofrido, é cheio de magia, energia e muita garra!

RESUMO

A Amazônia apresenta uma biodiversidade altamente propícia para a busca de novas alternativas econômicas e científicas.

Inúmeros pesquisadores têm buscado identificar compostos bioativos em plantas regionais, onde, inclusive, algumas pesquisas têm mostrado a eficácia de compostos antioxidantes no combate a radicais livres, demonstrando a importância dos produtos do extrativismo vegetal amazônico nesse cenário descrito, entre eles exemplos como os frutos de açaí, cubiu e piquiá.

As frutíferas amazônicas têm encontrado bastante espaço nos ensaios científicos feitos ao redor do mundo, porém pouca atenção tem sido direcionada para seus resíduos, sejam eles industriais ou subpartes dessas frutas, não aproveitadas pela indústria alimentícia e/ou farmacêutica.

Este projeto de tese visa à identificação, pelo uso de química verde, de compostos bioativos de interesse comercial presentes em resíduos ou subpartes pouco exploradas de espécies frutíferas e de tubérculos amazônicos, com o objetivo de geração de novos produtos na área alimentícia e/ou farmacêutica, ou ainda patentes.

Palavras-Chave: resíduos, frutos, bioprodutos, fluido supercrítico, líquido pressurizado

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Produção mundial de frutas – 2011 a 2010.....Pág. 08
- Figura 2 – Produção de frutas no Brasil – 2001 a 2011.....Pág. 13
- Figura 3 – Brasil: estrutura de cadeia produtiva de frutas.....Pág. 17
- Figura 4 – Selo de certificação de maçãs produzidas de acordo com o sistema PIF.....Pág. 21
- Figura 5 – Produção integrada: visão holística.....Pág. 22
- Figura 6 – Patamares para a inovação e competitividade na fruticultura brasileira.....Pág. 22
- Figura 7 – Distribuição espacial dos recursos aplicados em fruticultura na Amazônia Legal, 2000-2007.....Pág. 27
- Figura 8 – Evolução do crédito em fruticultura na Amazônia Legal, 2001-2007.....Pág. 28
- Figura 9 – Representação da cadeia do agronegócio na fruticultura da Região Amazônica.....Pág. 29
- Figura 10 – Sementes de (A) *E.precatoria* e (B) *E.oleracea*.....Pág. 40
- Figura 11 – Substâncias detectadas em espécies de *E.precatoria* e *E.oleracea*.....Pág. 42
- Figura 12 – Diagrama de fases para o dióxido de carbono.....Pág. 55
- Figura 13 – Esquema do ensaio qualitativo de DPPH.....Pág. 58
- Figura 14 – Equipamento de extração com líquido pressurizado.....Pág. 60

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Principais produtores mundiais de frutas – 2010.....Pág. 08**
- Tabela 2 – Principais frutas produzidas no mundo – 2010.....Pág. 10**
- Tabela 3 – Produção de frutas frescas no Brasil – 2011.....Pág. 14**
- Tabela 4 – Brasil: indicadores de redução de agroquímicos em frutas produzidas no sistema PIF, em 2009 (%)..... Pág. 20**
- Tabela 5 – Atividades biológicas da espécie *Euterpe*.....Pág. 38**

SUMÁRIO

1 – Introdução	Pág. 01
2 – Objetivos	Pág. 03
3 – Justificativa	Pág. 04
4 – Revisão bibliográfica	Pág. 06
4.1 - Panorama da fruticultura no mercado internacional.....	Pág. 06
4.2 – Fruticultura no mercado brasileiro.....	Pág. 12
4.2.1 – Perspectivas para a cadeia produtiva de frutas no mercado brasileiro.....	Pág. 15
4.2.2 – Novo panorama da fruticultura no Brasil: Sistema de Produção Integrada de Frutas (PIF).....	Pág. 18
4.3 – Fruticultura na Região Amazônica.....	Pág. 23
4.4 – Potencialidades do açaí (<i>Euterpe</i>) e piquiá (<i>C.villosum</i>).....	Pág. 31
4.5 – Propriedades biológicas dos frutos.....	Pág. 34
4.5.1 – Compostos fenólicos e flavonóides.....	Pág. 35
4.5.2 – Atividade antioxidante.....	Pág. 35
4.5.3 – Compostos fenólicos no açaí.....	Pág. 37
4.5.4 – Propriedades biológicas no piquiá.....	Pág. 44
4.6 – Novas tendências na indústria de alimentos.....	Pág. 45
4.6.1 – Aproveitamento de resíduos.....	Pág. 45
4.6.2 – Noções centrais sobre o aproveitamento de resíduos de frutos.....	Pág. 46
4.7 – Aproveitamento de resíduos de frutos na Amazônia e demais mercados nacionais.....	Pág. 47
4.7.1 – Cítricos.....	Pág. 47

4.7.2 – Uva.....	Pág. 50
4.8 - O Uso da Biotecnologia e Tecnologia Verde no Aproveitamento de Resíduos.....	Pág. 53
4.8.1 – PLE.....	Pág. 53
4.8.2 – SFE.....	Pág. 54
4.8.3 - Aplicação de PLE e SFE no Contexto da Tecnologia Verde de Extração.....	Pág. 55
5 – Materiais e Métodos.....	Pág. 57
5.1 – Dosagem de fenólicos totais.....	Pág. 57
5.2 – Dosagem de flavonóides totais.....	Pág. 57
5.3 – Varredura de radicais livres.....	Pág. 58
5.4 – Teste anti-enzimático.....	Pág. 60
5.5 – Extração via líquido pressurizado (PLE).....	Pág. 60
6 – Resultado e Discussão.....	Pág. 62
7 – Conclusão.....	Pág. 64
8 – Referências.....	Pág. 65
9 – Anexos.....	Pág. 80

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a indústria de alimentos tem passado por mudanças, tanto na busca por redução de custos de processo como também na elaboração de novos produtos. Este fato está bastante relacionado com novas disposições regulamentares nacionais e internacionais (DIRECTIVE, 2008).

Motivadas pela competição, as indústrias de alimentos almejam acrescentar ao seu fluxograma de processo, bases cada vez mais fundamentadas na sustentabilidade e também na exploração completa de suas matérias primas, através, por exemplo, do desenvolvimento de novos produtos e investigação de compostos bioativos presentes. Essa tendência contribui, portanto, em um aumento nos esforços para melhorar a eficiência de custos e rendimentos no processamento de alimentos, principalmente relacionado à valorização de subprodutos obtidos a partir de resíduos, tais como resíduos de imprensa e resíduos de casca (Berardini *et al.*, 2005; Schieber *et al.*, 2003).

Nesse contexto, muito interesse tem sido empregado na elaboração de técnicas que visam a recuperação de compostos fenólicos de resíduos alimentares, devido principalmente as propriedades biofuncionais desses elementos, entre elas: capacidade antioxidante, propriedade antidiabética, propriedade de corante, entre outras (Idris & Donnelly, 2009).

Além de suas propriedades biológicas, os antioxidantes naturais também são de bastante interesse para a indústria farmacêutica, cosmética e alimentos, uma vez que podem servir de substitutos de antioxidantes sintéticos, fornecendo proteção contra a degradação oxidativa dos radicais livres (Stoll *et al.*, 2003a).

As frutas são boas fontes de compostos bioativos, entre eles: compostos fenólicos, vitaminas, carotenóides e minerais, dando a essas matérias-primas um potencial caráter de químico-preventivas. De fato, o modo mais tradicional de consumo de compostos fenólicos está em torno das frutas, sucos, outros vegetais, vinhos, chá verde e preto, chocolate e alguns tubérculos, como o cará (Silva *et al.*, 2007).

Nesse contexto apresentado, a Amazônia apresenta uma biodiversidade com grande potencial para a busca de novos compostos bioativos a partir tanto das matérias primas como de seus resíduos (Silva *et al.*, 2007).

Este trabalho visa à investigação, identificação e extração de substratos de interesse comercial dos resíduos e/ou partes não usuais de produtos do extrativismo vegetal amazônico, além de a partir dos resultados obtidos, elaborar novos produtos (bioprodutos) de caráter funcional.

2. OBJETIVOS

Objetivo Geral

- ✓ Obtenção de frações bioativas de interesse comercial purificadas de resíduos e/ou partes pouco usuais de frutos amazônicos.

Objetivos Específicos

- ✓ Estudo biológico de resíduos e/ou partes pouco usuais de 17 espécies de plantas regionais alimentícias que apresentem potencialidade quanto à presença de compostos bioativos de interesse comercial para as indústrias cosmética, alimentícia e/ou farmacêutica;
- ✓ Caracterização dos extratos a partir da análise do perfil fenólico, flavonólico, antioxidante e inorgânico de 17 espécies de plantas regionais alimentícias que apresentem potencialidade quanto à presença de compostos bioativos de interesse comercial para as indústrias cosmética, alimentícia e/ou farmacêutica, obedecendo às legislações vigentes;
- ✓ Obtenção de extratos de resíduos e/ou partes pouco usuais de duas espécies de plantas regionais alimentícias a partir do uso da técnica de extração por líquido pressurizado PLE;
- ✓ Obtenção de extratos de resíduos e/ou partes pouco usuais de duas espécies de plantas regionais alimentícias a partir do uso da técnica de extração por líquido pressurizado SFE;
- ✓ Caracterização dos extratos obtidos via PLE e SFE a partir da análise do perfil fenólico, flavonólico e antioxidante de 2 espécies de plantas regionais alimentícias que apresentem potencialidade quanto à presença de compostos bioativos de interesse comercial para as indústrias cosmética, alimentícia e/ou farmacêutica, obedecendo às legislações vigentes;

3. JUSTIFICATIVA

O interesse pela produção, comercialização e consumo de produtos oriundos do processamento de frutas e vegetais, nos últimos anos, tem crescido bastante no mundo. Isso se deve principalmente devido ao reconhecimento científico cada vez maior das propriedades sensoriais, nutricionais e terapêuticas desses produtos (Bicas *et al.*, 2010; Rufino *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2011).

Em muitos casos, essas matérias-primas não são consumidas *in natura*, mas primeiramente são processadas por tecnologias industriais para produzir subprodutos ou ainda para separar outros constituintes dos tecidos vegetais (Vignoli *et al.*, 2010).

A massa de subprodutos obtidos a partir do processamento dessas matérias-primas é bastante diversificada, e seu valor econômico, muitas vezes, pode ultrapassar os valores do produto original (Miljkovic & Bignami, 2002).

A economia gerada pelo processamento de produtos de origem vegetal como frutas e vegetais pode ser incrementada com o desenvolvimento de novos produtos e pesquisas de compostos bioativos presentes. Os resíduos gerados por esse processamento podem se enquadrar nesse contexto, pois, por exemplo, inúmeras patentes foram publicadas a partir da pesquisa de matérias-primas e resíduos de produtos do extrativismo vegetal (Andrews & Andrews 2008; Garrity *et al.*, 2008; Miljkovic & Bignami, 2002).

Nota-se que as frutas são boas fontes de compostos bioativos, entre eles: compostos fenólicos, vitaminas, carotenóides e minerais, dando a essas matérias-primas um potencial caráter de quimico-preventivas. De fato, o modo mais tradicional de consumo de compostos fenólicos está em torno das frutas, sucos, outros vegetais, vinhos, chá verde e preto, chocolate e alguns tubérculos, como o cará (Silva *et al.*, 2007).

De certo há inúmeros estudos cujo foco principal é a caracterização de matérias-primas amazônicas e identificação e quantificação de compostos bioativos nestes. Nesse contexto, muito interesse tem sido empregado na elaboração de técnicas que visam a recuperação de compostos fenólicos de resíduos alimentares, devido

principalmente as propriedades biofuncionais desses elementos, entre elas: capacidade antioxidante, propriedade antidiabética, propriedade de corante, entre outras (Idris & Donnelly, 2009).

Portanto, a Amazônia apresenta uma biodiversidade com grande potencial para a busca de novos compostos bioativos a partir tanto das matérias primas como de seus resíduos (Silva *et al.*, 2007). Este trabalho visa à investigação, extração e caracterização de extratos bioativos de interesse comercial dos resíduos e/ou partes não usuais de frutíferas amazônicas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Panorama da Fruticultura no Mercado Internacional

A cadeia mundial de fruticultura ainda se encontra em estágio inicial de desenvolvimento, pois apesar da grande variedade de frutas existentes, poucas ainda são comercializadas internacionalmente. A grande perecibilidade das frutas, os custos de comercialização e os canais de distribuição ainda não consolidados, fazem com que somente 8,85% da produção mundial seja comercializada para consumo in natura (FAO, 2010).

Para um bom entendimento dos agronegócios de frutas frescas, quanto ao panorama da fruticultura mundial em 2012, é de fundamental importância a classificação das frutas conforme o trade internacional do hemisfério Norte. Os nossos mercados-alvo são países desta parte do globo (FAO, 2010).

Neste sentido, o mercado internacional classifica as frutas em frutas de contra-estação (FCE), frutas tropicais (FT) e frutas exóticas (FE). Quanto as “FCEs” em 2012 nos principais mercados constatou-se uma estabilidade do consumo e até mesmo declínio em certos países. Porém, as frutas cítricas, maçã e pêra permanecem sendo as mais consumidas durante todo o ano. Os melões e uvas de mesa também são populares, mas consumidos em quantidades inferiores (FAO, 2010).

As FT por sua vez são as pouco produzidas nos principais mercados compradores, e importadas de países de clima quente, em boa parte países em desenvolvimento. As principais são: abacates, abacaxis, bananas, plátanos e mangas. Em tese o consumo de frutas tropicais está longe de estar saturado como o que ocorre com as FCEs. Contudo, está muito relacionado com o baixo crescimento econômico internacional. Já as FE, ou seja, as frutas exóticas são as frutas caracterizadas como pouco conhecidas e não produzidas nos países desenvolvidos (FAO, 2010).

São agrupadas como exóticas, o mamão, limão tahiti, o figo, a tâmara, a lichia e o maracujá, entre outras (IBRAF, 2013). O consumo destas frutas é crescente, mas o consumo “per capita” permanece relativamente baixo. Para estas frutas, forte comunicação de suas propriedades nutricionais e a maneira de consumir, são elementos-chave para a evolução do seu consumo.

É importante mencionar que governos de muitos países, no sentido de fomentar o consumo de frutas, possuem políticas nutritivas nacionais como programas de consumo de frutas nas escolas. Contudo, apesar das campanhas serem em grande parte realizadas com financiamentos de governo, principalmente na Europa e Estados Unidos, os resultados estão aquém ainda dos objetivados (IEA, 2012).

Sob o ponto de vista quantitativo, dados publicados para a União Europeia pela EFASA, indicam um consumo médio de frutas frescas de 166 g por dia, sendo que o consumo “per capita” é maior nas regiões centrais e orientais da Europa, do que nos países do sul. Já o consumo médio das crianças em idade escolar é atualmente de 114 g por dia, inferior ao da média da população (IEA, 2012).

Quanto ao consumo “per capita” do conjunto de frutas frescas nos Estados Unidos está calculado em 127,5 gramas por dia, razoavelmente inferior ao dos países da União Europeia. É importante alertar que na Europa Ocidental e nos Estados Unidos de forma global, a tendência é de declínio do consumo de frutas frescas (rendas mais baixas e aumento de preços não são das frutas produzidas localmente, como principalmente as importadas são fatores responsáveis parciais) (FAO, 2010; IEA, 2012).

Somando-se a isto, aumenta o consumo das frutas preparadas para o consumo, mais convenientes e práticas e principalmente novos produtos industrializados 100% frutas, como “smoothies”, sucos de frutas com vegetais, sucos com características funcionais, “snacks” de frutas, que são aceitos dentro dos programas de fomento ao consumo de frutas (IBRAF, 2013).

A produção mundial de frutas é de 609,2 milhões de toneladas e o Brasil é o 3º produtor mundial, atrás apenas da China e da Índia, de acordo com dados da FAO (2010). Os dez maiores produtores mundiais são responsáveis por pouco mais de 60% da produção total.

A produção mundial de frutas tem apresentado crescimento contínuo (Figura 1), caracterizando-se pela grande diversidade de espécies cultivadas, constituindo-se em grande parte por frutas de clima temperado, produzidas e consumidas, principalmente, no Hemisfério Norte (Andrade, 2012).

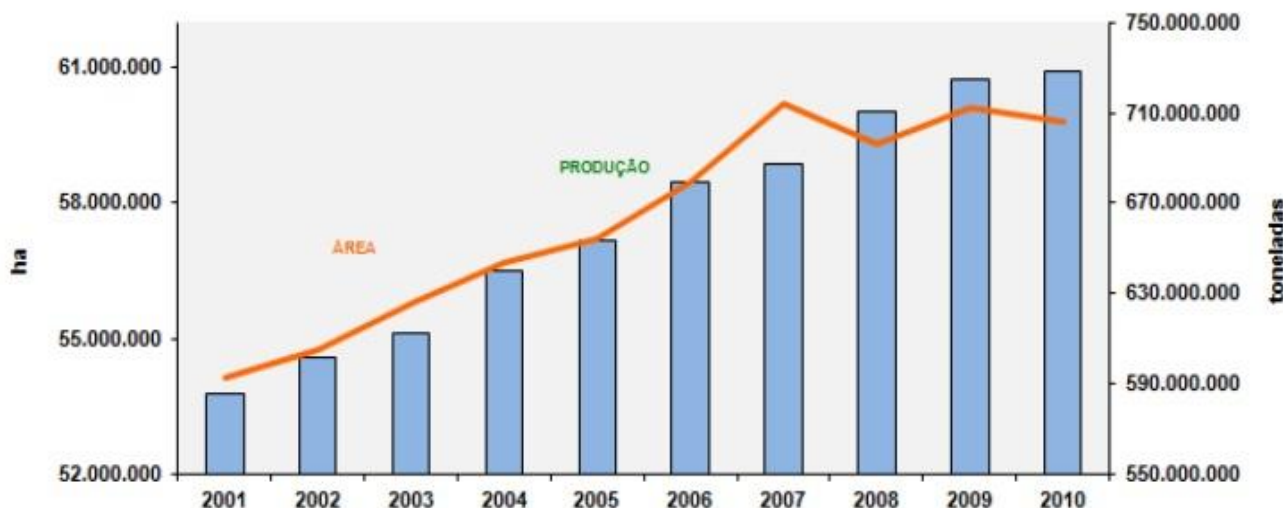


Figura 1. Produção mundial de frutas – 2001 a 2010.

Fonte: FAO, 2010.

Os três maiores produtores são: a China, a Índia e o Brasil (Tabela 1) que, juntos, respondem por 43,6% do total mundial e têm suas produções destinadas principalmente aos seus mercados internos.

Tabela 1. Principais Produtores Mundiais de Frutas - 2010.

Países	Área (ha)	Produção (ton.)	Produção (%)
China	13.299.094	190.161.340	26,1
India	6.948.950	86.038.600	11,8
Brasil	2.548.730	41.522.181	5,7
Estados Unidos	1.235.325	28.250.377	3,9
Turquia	1.337.623	19.240.404	2,6
Itália	1.317.653	18.052.136	2,5
Irã	1.293.834	16.910.521	2,3
Espanha	1.609.160	16.893.520	2,3
México	1.277.845	16.854.079	2,3
Filipinas	1.163.632	16.302.821	2,2
Demais países	27.762.043	278.216.372	38,2
Total	59.762.043	728.442.351	100,0

Fonte: FAO, 2010.

A oferta de uma determinada fruta ao longo do ano é possível, pois as relações comerciais na Fruticultura se caracterizam por se complementarem com produções do Hemisfério Norte e Hemisfério Sul. A produção mundial de frutas tem apresentado um crescimento contínuo. No triênio 89/91 era de 420,0 milhões de toneladas, ultrapassou as 500,0 milhões de toneladas em 1996 e em 2009 colheu-se um volume de 724,5 milhões de toneladas. A produção de 728,4 milhões de toneladas em 2010 é superior apenas em 0,5% em relação ao ano anterior (Andrade, 2012).

Em 2010, se contabilizadas, as produções do quarto ao décimo produtor, quais sejam: Estados Unidos, Turquia, Itália, Indonésia, México, Irã e Espanha representam 18,2% do total. Assim, os dez países maiores produtores responderam por 61,8% de toda a fruticultura mundial (FAO, 2010).

O maior produtor mundial de frutas é a China que em 2010 colheu 190,2 milhões de toneladas, o que representa 26,1%. As produções de Melancia, Maçã, Manga, Melão, Tangerina, Pêra, Pêssego, Nectarina e Ameixa são as mais importantes. O segundo produtor é a Índia, cujas colheitas de 86,0 milhões de toneladas, participam com 11,8% no total mundial. Tem destaque nas colheitas de Banana, Coco, Manga, Abacaxi, Limão/Limas e castanha de caju (FAO, 2010).

O Brasil ocupa a terceira colocação no ranking da produção mundial de frutas e é responsável por 5,7% do volume colhido, com uma produção de 41,5 milhões de toneladas. Com colheitas significativas de Laranja, Banana, Coco, Abacaxi, Mamão, Castanha de Cajú, Cajú e Castanha do Brasil (FAO, 2010).

Em relação às principais frutas produzidas em 2010 (Tabela 2), destacam-se a banana, melancia, maçã, laranja e a uva que, juntas, responderam por 60,8% do volume total da fruticultura mundial, que foi de 728,4 milhões de toneladas. A banana foi a fruta mais produzida no mundo, com 138,4 milhões de toneladas; seguindo-se a melancia, em segundo lugar, com a quantidade de 99,2 milhões de toneladas colhidas. Em terceiro lugar, com 69,5 milhões toneladas, a maçã se destacou; a Laranja foi a quarta fruta em volume produzido com 68,3 milhões de toneladas. A uva com 67,1 milhões de toneladas produzidas é a quinta fruta em destaque (FAO, 2011).

Tabela 2. Principais Frutas Produzidas no Mundo -2010.

Frutas	Área (ha)	Produção (Ton.)	Produção (%)
1º Banana	10.421.421	138.415.749	19,0
2º Melancia	3.467.630	99.161.274	13,6
3º Maçã	4.696.259	69.511.975	9,5
4º Laranja	4.074.698	68.332.573	9,4
5º Uva	7.104.512	67.116.255	9,2
Demais Frutas	30.029.369	255.904.525	39,2
Total	59.793.889	728.442.351	100,0

Fonte: FAO, 2010.

O mercado internacional de frutas é um mercado em expansão. Em 2002, foram produzidos cerca de 65 milhões de toneladas de frutas, valor resultante de um aumento aproximado de 3 milhões de toneladas desde o último biênio. Nesse período, a América Latina e os Países Caribenhos foram responsáveis por 57% das exportações mundiais das principais frutas tropicais frescas, entre as quais se destacam: manga, abacaxi, mamão papaia e abacate (FAO, 2010; Andrade, 2012).

Em 2009, esse mercado gerou um volume de US\$ 51,3 bilhões, um aumento de aproximadamente 53% em relação a 2002. Os principais mercados de destino das exportações mundiais foram os Estados Unidos, a Comunidade Européia, o Japão, o Canadá e a China (incluindo Hong Kong). Tais países são responsáveis por 86% de toda fruta tropical fresca importada (FAO, 2010; Andrade, 2012).

Em termos percentuais, as taxas de crescimento de importações de frutas são frequentemente muito elevadas e uniformes para as frutas mais negociadas, tais como mangas e abacaxi. Essa elevação constante tem origem na diversificação gradual do gosto por produtos exóticos por parte dos grandes mercados consumidores, embora algumas frutas tropicais ainda sejam desconhecidas em vários mercados potenciais importantes (FAO, 2010).

A mensuração dos preços recebidos é difícil e complexa. Os preços variam conforme as variedades, padrões de qualidade e origem. Em geral, para as principais frutas, os preços têm sido crescentes nos últimos anos, porém inferiores ao preço da última década para algumas frutas. Os instrumentos de regulação de importação de

frutas reconhecidos pela OMC consistem basicamente de tarifas e exigências fitossanitárias. Países desenvolvidos também adotam cotas tarifárias (tariff quotes) (SECEX, 2013).

Com relação aos deveres na União Européia (EU) para frutas tropicais, basicamente se aplicam deveres *ad valorem*. Porém, as frutas tropicais não são sujeitas a mecanismos de preço de entrada ou licença de importação, como acontece para outros alimentos perecíveis. Até a consolidação das medidas tarifárias comuns, algumas frutas haviam tido seus encargos reduzidos à zero. Antes de 2001, em geral, as tarifas para produtos de origem externa a UE eram relativamente baixas (SECEX, 2013).

Nos Estados Unidos, a entrada preferencial está alicerçada por acordos comerciais formais. Outros países, não participantes desses acordos, são sujeitos a tarifas diversas. Alguns países têm acesso livre a tal mercado. Esse é o caso, por exemplo, de países caribenhos e andinos (SECEX, 2013).

Os novos desafios de crescimento do comércio internacional passaram a estar relacionados à qualidade dos produtos (peso, sabor e aparência), segurança, doenças relacionadas e origem. Com base nesses critérios, foi proposta uma padronização de normas e medidas sanitárias e fitossanitárias não somente para frutas, mas para todos os produtos frescos e perecíveis (FAO, 2010; Andrade, 2012; SECEX, 2013).

Segundo a FAO (2010), as medidas sanitárias são os elementos mais relevantes na regulação do comércio de frutas, enquanto os subsídios existentes, as dificuldades impostas de acesso aos mercados, as tarifas e cotas têm menor importância, essa última, cada vez menos intensa. A Rodada de Negociações do Uruguai foi importante, pois regulamentou medidas sanitárias e fitossanitárias, aplicáveis particularmente ao comércio das frutas. Em razão dos padrões internacionais requeridos para acesso aos mercados, essa regulação tem impacto particular no comércio internacional de frutas frescas. Os padrões estabelecidos têm base principalmente na minimização dos riscos à saúde humana, mas também na necessidade da padronização para a certificação dos produtos pelos países que participam da OMC. Eles procuram respeitar princípios de equivalência e evitar excesso de medidas de cunho impeditivo por parte dos importadores.

O mercado internacional é bastante exigente, requerendo elevado padrão de qualidade dos frutos, valor intrínseco da fruta (baixo ou nenhum resíduo de

agrotóxicos, aspecto, sabor, coloração e uniformidade de tamanho e formato). Apesar dessas exigências, vários estudos de mercado identificam oportunidades potenciais para as frutas tropicais, haja vista que o mercado internacional está ávido por experimentar novos sabores e usufruir das vantagens de se consumir frutas, tais como as altas concentrações de fibras e vitaminas, baixo nível de calorias, poder medicinal etc. E nesta atividade o Brasil tem uma grande vantagem por poder produzir frutas de clima tropical e temperado (em algumas regiões) durante o ano todo e abastecer o mercado do Hemisfério Norte, principalmente na época da entressafra (Vilas, 2002).

4.2. Fruticultura no mercado brasileiro

A fruticultura é uma atividade bastante promissora para o desenvolvimento do setor agropecuário brasileiro, apresentando um ambiente favorável ao seu crescimento, como a existência de um programa nacional de fruticultura, de vários programas estaduais, aumento do consumo de frutas, possibilidade de exportação, atividade com capacidade de geração de emprego e renda para a agricultura familiar, complementação alimentar, entre outras (Silva *et al.*, 2009). Entretanto, para a atividade “decolar” é preciso profissionalizar o setor, ou seja, criar mecanismos para a produção de frutas de qualidade para o mercado interno e externo, tanto para processamento quanto para o consumo de frutas frescas ou mesmo criando alternativas, a fim de oferecer um produto de qualidade na forma de suplemento alimentar, onde as características químicas das frutas continuem conservadas (toda ou parte delas), favorecendo assim, tanto o mercado como o consumidor. Organizar a cadeia produtiva das frutas, de modo que, todos os elos estejam capacitados, treinados, motivados e conscientes de seu papel no desenvolvimento da atividade (SPERS, 2010).

Em um mundo onde cada vez mais o alimento tem se transformado em um produto industrializado, com conservantes, aditivos, corantes e altamente calóricos, a procura por alimentos que sejam mais naturais e prejudiquem menos a saúde é um fato que começa a estar presente nas vidas das pessoas. Nessa busca as frutas podem se tornar grandes aliadas, para a manutenção da saúde (Nascente, 2009).

As frutas possuem um grande valor nutricional, com vitaminas, sais minerais, antioxidantes, açúcares naturais (frutose), além de várias outras substâncias que auxiliam na prevenção e no combate de doenças. A fruta, além de saudável é de fácil

preparo. Por estes e outros motivos, as frutas podem ser consideradas o alimento do futuro. A grande tendência é que as pessoas busquem uma alimentação mais saudável e de baixa caloria, se distanciando das químicas dos produtos industrializados (BRAZILIAN FRUIT, 2008).

Como 3º maior produtor, o Brasil possui produção que supera os 40,0 milhões de toneladas. A base agrícola da cadeia produtiva das frutas abrange 3,0 milhões de hectares e gera 6,0 milhões de empregos diretos. A presença brasileira no mercado externo, com a oferta de frutas tropicais e de clima temperado durante boa parte do ano, é possível pela extensão territorial do país, posição geográfica e condições de clima e solo privilegiadas (FAO, 2010).

Em 2001 a produção de frutas manteve-se em patamares superiores a 36,0 milhões de toneladas (Figura 2), em 2002 superou as 40,0 milhões. No ano de 2011 foram colhidas 45,1 milhões de toneladas, 7,1% superior ao ano anterior, quando os volumes colhidos foram de 42,1 milhões de toneladas (Andrade, 2012).

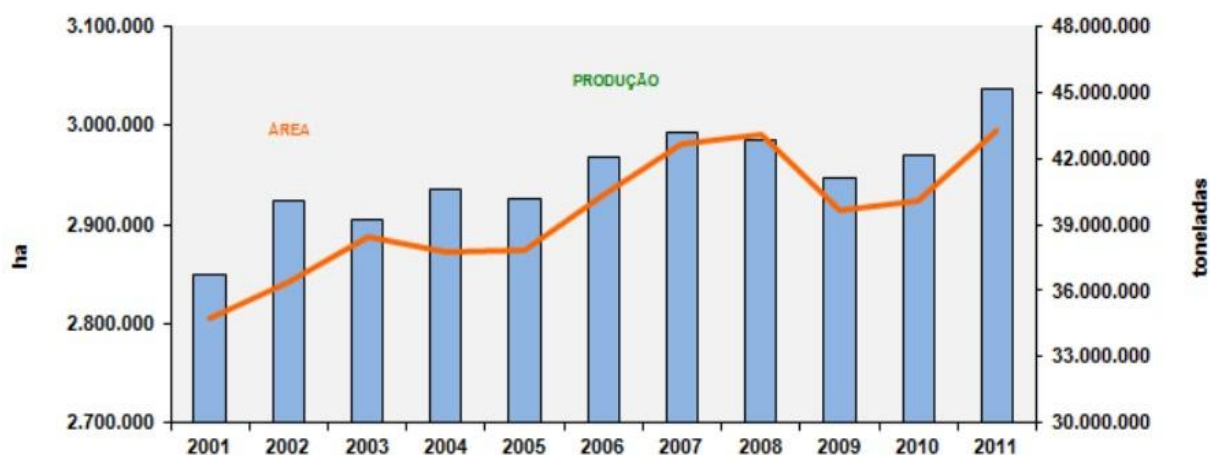


Figura 2. Produção de frutas no Brasil – 2001 a 2011.

Fonte: FAO, 2010.

Com suas dimensões continentais e variedade de clima, o Brasil é capaz de produzir ampla diversidade de frutas no tempo e no espaço, sejam frutas temperadas, subtropicais e tropicais, embora haja especialização regional.

De acordo com os dados do IBGE (Tabela 3), de 2011, a área colhida de frutas no Brasil é de 3,1 milhões de hectares, produção de 47,6 milhões de toneladas e valor bruto da produção - VBP de R\$ 24,3 milhões (IBGE, 2011).

Tabela 3. Produção de frutas frescas do Brasil - Ranking dos estados (2011).

Principais Frutas	Área		Produção		Valor		Ranking		
	(ha)	(%)	(ton)	(%)	(R\$ mil)	(%)	1º	2º	3º
Laranja	817.292	26,1	19.811.064	41,6	6.555.644	27,0	SP	BA	MG
Banana	503.354	16,1	7.329.471	15,4	4.374.269	18,0	SP	BA	MG
Melancia	97.718	3,1	2.198.624	4,6	951.810	3,9	RS	BA	GO
Caju ⁽¹⁾	764.472	24,4	2.077.065	4,4	1.038.533	4,3	CE	RN	PI
Coco ⁽²⁾	270.541	8,6	1.962.434	4,1	899.331	3,7	BA	CE	SE
Mamão	35.531	1,1	1.854.343	3,9	1.292.543	5,3	BA	ES	CE
Abacaxi ⁽²⁾	62.481	2,0	1.576.972	3,3	1.474.382	6,1	PB	PA	MG
Uva	84.338	2,7	1.542.068	3,2	2.034.775	8,4	RS	SP	PE
Maçã	38.077	1,2	1.338.995	2,8	851.729	3,5	SC	RS	SP
Manga	76.383	2,4	1.249.521	2,6	651.259	2,7	BA	SP	PE
Limão	47.267	1,5	1.126.736	2,4	512.442	2,1	SP	MG	BA
Tangerina	53.244	1,7	1.004.727	2,1	581.245	2,4	SP	MG	PR
Maracujá	61.631	2,0	923.035	1,9	851.389	3,5	BA	CE	ES
Melão	19.695	0,6	499.330	1,0	365.105	1,5	RN	CE	BA
Goiaba	15.917	0,5	342.528	0,7	276.333	1,1	SP	PE	MG
Pêssego	20.148	0,6	222.180	0,5	278.551	1,1	RS	SP	SC
Abacate	10.753	0,3	160.376	0,3	85.325	0,4	SP	MG	PR
Outras frutas ⁽³⁾	156.781	5,0	2.379.972	5,0	1.124.456	5,0			
Total	3.135.623	100,0	47.599.441	100,0	24.289.121	100,0	SP	BA	RS

(1) Pedúnculo de Caju (1 kg de castanha = 9 kg de pedúnculo)

(2) Abacaxi e Coco (1 unidade = 1 kg)

(3) outras frutas regionais: açaí, ata, atemóia, cajá, caqui, figo, graviola, jaca, marmelo, pêra, mirtilho, etc.

Fonte: IBGE, 2011.

A laranja é a principal fruta produzida no Brasil, com 19,8 milhões de toneladas saídas dos pomares em 2011, e responde por 43,9% do volume total da fruticultura, um acréscimo na produção em 9,4% em relação a 2010. O estado de São Paulo é o principal produtor, com 15,3 milhões de toneladas, cuja participação representa 77,2% do volume (IBGE, 2011).

A banana é a segunda fruta em volume produzido com 7,3 milhões de toneladas colhidas, correspondentes a 16,2% do volume das frutas. São Paulo é o

principal produtor, com 1,3 milhão de toneladas colhidas, seguido da Bahia, com 1,2 milhão de toneladas, e Minas Gerais, que produziu 654,5 mil toneladas. Os três estados participam com 18,5%, 16,9% e 8,9%, respectivamente, do volume de bananas produzidas em 2011. O abacaxi contribui com 6,9% do volume total da fruticultura brasileira, com 3,1 milhões de toneladas, sendo os estados de Minas Gerais, Paraíba e o Pará os principais produtores e participam com 48,4% da produção nacional (IBGE, 2011).

A laranja, a banana e o abacaxi respondem por 67,0% da produção obtida pela fruticultura brasileira. A melancia, o coco, o mamão, a uva, a maçã, a manga e o limão completam a dezena das principais frutas produzidas e, somadas, as três primeiras contabilizam 92,0% das colheitas nos pomares brasileiros em 2011 (IBGE, 2011).

4.2.1. Perspectivas para a cadeia produtiva de frutas no mercado brasileiro

O Brasil é um dos países que apresenta elevada vantagem na produção mundial de frutas, porém um problema de extrema relevância é que, apesar do potencial produtivo brasileiro, as vendas externas do País ocupam posições pouco expressivas no cenário mundial. Esses resultados, de alguma forma, revelam que o perfil da estrutura produtiva e do comércio exterior brasileiro está relacionado diretamente a dificuldades estruturais, o que, por sua vez, cria sérios obstáculos ao crescimento do comércio externo do País (Oliveira, 2002).

Isso leva a se acreditar que a inserção dinâmica e duradoura no mercado internacional de frutas depende também do cumprimento de uma série de requisitos técnicos que estão estreitamente ligados às políticas comerciais adotadas pelos países. As práticas protecionistas, tais como as elevadas tarifas e outras barreiras não tarifárias às importações, ainda constituem importantes obstáculos para o acesso aos novos mercados. Pimentel (2000) aponta como principais entraves ao comércio internacional as barreiras não tarifárias associadas ao controle de qualidade, a emissão de certificado de origem, as inspeções pré-embarques, os controles sanitários e ecológicos, os direitos *anti dumping* e os subsídios à produção e à exportação.

O setor de fruticultura está entre os principais geradores de renda, emprego e de desenvolvimento rural do agronegócio nacional. Os índices de produtividade e os resultados comerciais obtidos nas últimas safras são fatores que demonstram não

apenas a vitalidade como também o potencial desse segmento produtivo. Existem pelo menos 30 grandes pólos de produção de frutas espalhados por todo o País (Andrigueto, 2010).

Contudo, a plena realização do potencial produtivo e social da fruticultura brasileira depende de uma melhor organização do setor, da modernização da comercialização e de incentivos para a inovação tecnológica e agregação de valor (ASTN, 2003).

A identificação e melhor compreensão dos obstáculos que limitam o desenvolvimento da fruticultura no Brasil é um passo relevante de grande importância tanto para a definição e afinamento de políticas públicas de fomento como para a conscientização e tomada de decisão dos fruticultores e empresas que atuam no setor (Mapa, 2007). Conhecer os principais entraves e desafios do agronegócio de maneira séria, oportuna e sistêmica permitirá elevar a qualidade de insumos essenciais para a tomada de decisões e a formulação de políticas públicas mais eficientes (Silva, 2009).

Em praticamente todos os países desenvolvidos produtores de frutas, observam-se políticas públicas dirigidas especificamente para as várias cadeias produtivas de frutas. Tais políticas adotam abordagem sistêmica e integrada e têm como foco central estimular a interação entre os agentes econômicos e sociais que compõem a cadeia e atuam em particular junto aos agentes e elos que determinam a dinâmica do segmento (Fernandes, 2005).

A fruticultura apresenta algumas características peculiares que a diferem de outras cadeias produtivas e que afetam sua competitividade. Podem ser tratadas como obstáculos ou dificuldades, mas devidamente trabalhadas podem gerar sinergias e aumento de competitividade para todo o setor. As principais especificidades segundo Buainan, (2007) são: forte presença de agricultores familiares e elevada relação trabalho/capital; número elevado de cooperativas e associações de produtores; Flutuações acentuadas de preços associadas à sazonalidade e calendários de produção diferenciados entre os hemisférios Norte e Sul e até mesmo no interior do País; comércio com grande número de países produtores, envolvendo muitas empresas importadoras e exportadoras; e a fidelidade do consumidor está concentrada mais no serviço prestado pela empresa distribuidora/varejista que na marca do produto, normalmente pouco conhecida, permitindo que essas empresas mudem de fornecedor de frutas com maior facilidade.

A Figura 3 apresenta um fluxograma com os macrosegmentos da cadeia produtiva, os principais agentes e os fluxos de comercialização e consumo comuns nas cadeias de produção de frutas brasileiras (MAPA, 2007).

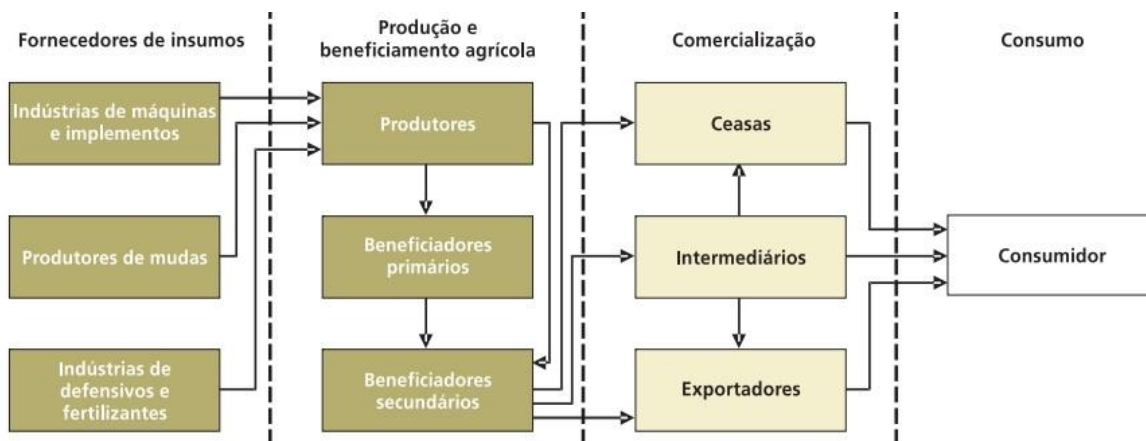


Figura 3. Brasil: estrutura da cadeia de produtiva de frutas.

Fonte: MAPA, 2007

O estudo das cadeias produtivas possibilita o acompanhamento de cada produto desde “dentro da porteira”, durante todo seu trânsito por meio da cadeia, até se converter em *commodity* de exportação ou produto de consumo final no mercado interno. O registro e a avaliação desse processo marcam um precedente muito importante no estudo e análise da agricultura brasileira (MAPA, 2007).

Silva (2009) destaca que, os novos padrões do comércio internacional e as mudanças nos hábitos alimentares dos consumidores nacionais e internacionais tornaram a exportação de frutas tropicais uma importante alternativa econômica para os países produtores que apresentem excedentes à exportação.

Deve-se ressaltar o fato de que, no futuro, a participação sustentada do País no mercado internacional estará relacionada à capacidade de abastecimento do mercado interno com geração de excedentes exportáveis que respeitem práticas de manejo pós-colheita ajustadas às expectativas dos mercados externos. A rastreabilidade das frutas, com o objetivo de manter a sua identidade até a chegada ao mercado consumidor externo, figura como uma das mais importantes dessas práticas (Silva, 2009).

Embora as frutas brasileiras ocupem uma posição de destaque no contexto internacional, elas poderiam ser mais competitivas quando comparadas àquelas dos países concorrentes (Mapa, 2007). Para isso, devem ser analisados aspectos que

interferem decisivamente na competitividade das cadeias de frutas. Entre esses aspectos destacam-se aqueles ligados ao ambiente institucional, à geração e à adoção de tecnologia e aos custos de produção (IBRAF, 2013).

4.2.2. Novo Panorama da fruticultura no Brasil: Sistema de Produção Integrada de frutas (PIF)

O cenário mercadológico internacional sinaliza que cada vez mais será valorizado o aspecto qualitativo e o respeito ao meio ambiente, na produção de qualquer produto. Os principais países importadores e as principais frutas exportadas pelo Brasil mostram a grande potencialidade de mercado ainda existentes nesse setor, tendo em vista, principalmente, o aperfeiçoamento dos mercados, a mudança de hábitos alimentares e a necessidade de alimentos seguros, traduzidos pelas seguintes estratégias: (i) movimento dos consumidores, principalmente europeus, na busca de frutas e hortaliças sadias e com ausência de resíduos de agroquímicos perniciosos à saúde humana e (ii) cadeias de distribuidores e de supermercados europeus, representados pelo EUREPGAP, que tem pressionado exportadores de frutas e hortaliças para o estabelecimento de regras de produção que levem em consideração: resíduos de agroquímicos, meio ambiente e condições de trabalho e higiene (ANDRIGUETO, 2010).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA criou o Programa de Desenvolvimento da Fruticultura – PROFRUTA como prioridade estratégica, e estabeleceu como objetivo principal elevar os padrões de qualidade e competitividade da fruticultura brasileira ao patamar de excelência requerido pelo mercado internacional, em bases voltadas para o sistema integrado de produção, sustentabilidade do processo, expansão da produção e emprego e renda (Nascente, 2005; Andrigueto, 2010).

O aumento das exigências dos consumidores europeus e norte-americanos quanto à segurança dos alimentos provocou mudanças no ambiente institucional e organizacional do Brasil, dado que esses mercados são os principais importadores das frutas brasileiras (MAPA, 2007).

Entre tais mudanças, destaca-se a implementação da Produção Integrada de Frutas (PIF). A PIF surgiu a partir das demandas reais de satisfazer às necessidades da sociedade, no que se refere à produção de alimentos de qualidade, à geração de

empregos no campo para população de baixa renda e escolaridade e à redução de êxodo rural para as cidades grandes (IBRAF, 2013).

O conceito de Produção Integrada teve seus primórdios nos anos 70 pela Organização Internacional para Luta Biológica e Integrada (OILB). Em 1976, se discutiu na Suíça as relações entre o manejo das culturas de fruteiras e a proteção integrada das plantas, ocasião em que ficou evidenciada a necessidade de adoção de um sistema que atendesse às peculiaridades do agroecossistema, de forma a utilizar associações harmônicas relacionadas com as práticas de produção, incluindo-se neste contexto o manejo integrado e a proteção das plantas, fatores fundamentais para obtenção de produtos de qualidade e sustentabilidade ambiental (Nascente, 2005; Andrigueto, 2010).

Somente em 1993, foram publicados pela OILB os princípios e normas técnicas pertinentes, que são comumente utilizados e aceitos como base nas diretrizes gerais de composição. Os precursores do sistema PI na Comunidade Européia foram Alemanha, Suíça e Espanha que já tinham iniciado anteriormente este processo de PI visto a necessidade de substituir as práticas convencionais onerosas por um sistema PI que diminuísse os custos de produção, melhorasse a qualidade e reduzisse os danos ambientais (Tofanelli, 2007; Andrigueto, 2010).

A prática da Produção Integrada de Frutas procura refletir a gestão ambiental das atividades agrárias de forma sustentável, estabelecendo normas que assegurem uma cuidadosa utilização dos recursos naturais, minimizando o uso de agrotóxicos e demais insumos. A PIF propõe o acompanhamento da cadeia produtiva e da pós-colheita, orientados à produção de produtos agrícolas de qualidade internacional que atendam às necessidades e exigências do consumidor final, propondo um conjunto de boas práticas agrícolas a serem estabelecidas em normas e procedimentos (MAPA, 2007).

Os produtos elaborados conforme as normas de produção integrada elegem as melhores alternativas de produção e técnicas para monitoramento ambiental, assegurando um menor risco de contaminação direta e indireta, além de proporcionar uma diminuição gradativa dos custos de produção. Entre as vantagens econômicas advindas do PIF pode ser citada a minimização de custos de produção decorrentes de desperdícios e usos de insumos agrícolas. O programa PIF no Brasil segue todas

as normas do *Codex Alimentarius* para o limite máximo de resíduos de defensivos para a produção de frutas (EMBRAPA, 2009).

Na prática, observa-se que desde que foi implantada, a PIF do Brasil permitiu uma redução de 40% nos custos de produção de maçã e 44% nos de mamão. Tal redução deve-se, principalmente, à diminuição da aplicação de defensivos químicos nos pomares, conforme apresentado na Tabela 4 (Nascente, 2005; Andrigueto, 2010).

Tabela 4. Brasil: indicadores de redução de agroquímicos em frutas produzidas no sistema PIF, em 2009 (percentagem).

Tipo	Maçã	Manga	Uva	Mamão	Melão
Inseticida	25,0	43,3	53,0	30,0	20,0
Fungicida	76,0	60,7	43,3	67,0	10,0
Herbicida	-	80,0	60,5	29,5	-

Fonte: EMBRAPA, 2009.

Segundo dados do Mapa (2007), uma outra vantagem do sistema PIF reside na crescente procura pelo consumidor de produtos reputados como mais saudáveis, os quais podem ser identificados pela sociedade por meio dos selos de certificação de qualidade. As frutas das áreas que estiverem de acordo com o programa PIF receberão um selo oficial que tem respaldo do MAPA e do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

A execução de todo o sistema PIF garante a rastreabilidade do produto por meio de um número identificador estampado no selo. Esse número indica os registros obrigatórios das atividades realizadas durante a produção e as condições em que as frutas foram transportadas, processadas e embaladas. Portanto, as frutas poderão ser identificadas desde a produção até a comercialização, permitindo a identificação de produtos de baixa qualidade, os quais são descartados ou destinados a mercados menos exigentes. O processo também identifica os níveis de resíduos de agrotóxicos nas frutas que possam vir a comprometer a saúde do consumidor.

Torna-se muito importante a divulgação do Programa de Produção Integrada de Frutas no Brasil, visando a uma maior adesão de produtores de frutas e a um maior empenho para o reconhecimento do selo desse programa nos mercados externos e internos (Nascente, 2009).

No Brasil, a produção integrada, está sendo adotada por todas as fruteiras com expressão comercial no mercado, envolvendo 14 espécies. A maçã foi a primeira fruta a ser manejada de acordo com o sistema PIF, na safra 2002/2003 foram certificados 8.660 ha, aproximadamente 2/3 dos pomares comerciais, de acordo como Modelo de Avaliação de Conformidade da PIF – MAPA e INMETRO (Figura 4). Os produtores interessados, que possuem no mínimo um ano de experiência no manejo da PIF, são avaliados por meio de um Organismo de Avaliação de Conformidade e se estiverem conforme, receberão o selo PIF Brasil. Em 2003 as culturas do mamão, manga, uva e pêsego estavam em processo de elaboração e aprovação das normativas, para posteriormente serem certificadas (Beling, 2003).



Figura 4. Selo de certificação de maçãs produzidas de acordo com o Sistema PIF.

Fonte: MAPA, 2004.

Os princípios básicos que regem a PIF estão amparados, principalmente, na elaboração e desenvolvimento de normas e orientações de comum acordo entre os agentes da pesquisa, ensino e desenvolvimento; extensão rural e assistência técnica; associações de produtores; cadeia produtiva específica; empresários rurais, produtores, técnicos e outros por meio de um processo multidisciplinar, objetivando com isto, assegurar que a fruta produzida encontra-se em consonância com um sistema que garante que todos os procedimentos realizados estão em conformidade

com a sistemática definida pelo Modelo de Avaliação da Conformidade adotado (ANDRIGUETO, 2010).

A PIF tem que ser vista de forma holística (Figura 5), estruturada sob os seus quatro pilares de sustentação (organização da base produtiva, sustentabilidade do sistema, monitoramento dos processos e informação) e os componentes que consolidam o processo (Andrigueto, 2010).



Figura 5. Produção integrada: visão holística.

Fonte: MAPA, 2007.

A PIF está colocada no ápice da pirâmide (figura 6) como o nível mais evoluído em organização, tecnologia, manejo e outros componentes, num contexto onde os patamares para inovação e competitividade são estratificados por níveis de desenvolvimento e representa os vários estágios que o produtor está e poderá ser

inserido num contexto evolutivo de produção (Andrigueto, 2010).

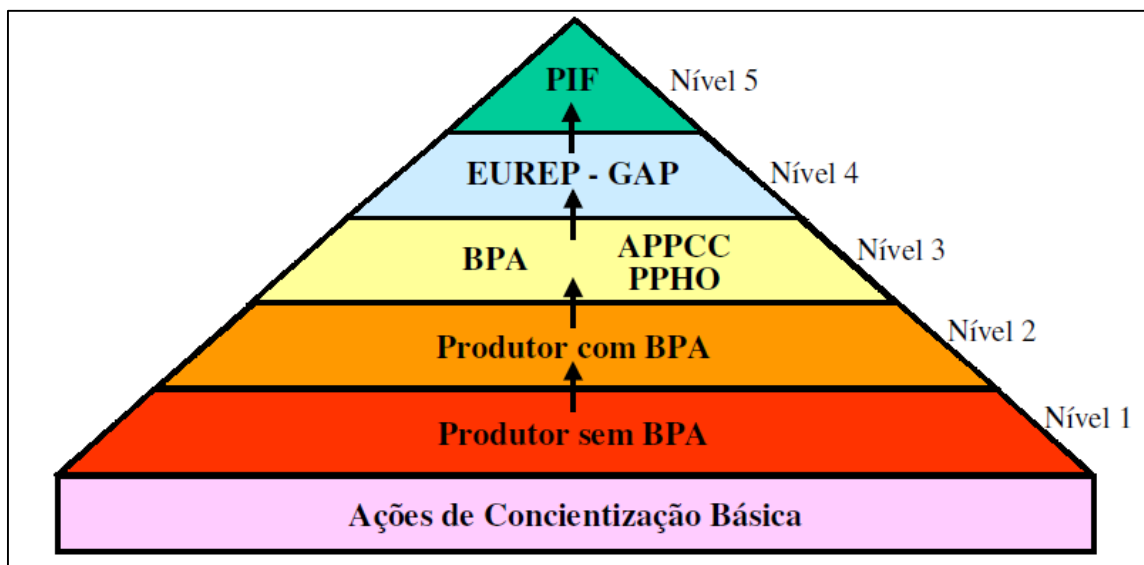


Figura 6. Patamares para a inovação e competitividade na fruticultura brasileira.

Fonte: Adaptado por Andrigueto, 2010.

4.3. Fruticultura na região amazônica

O Brasil tem redobrado os esforços para enfrentar os desafios do desenvolvimento em um ambiente de competição internacional, cujas batalhas mais difíceis têm sido travadas nos terrenos da competência científica e da inovação tecnológica e, mais precisamente, da capacidade de transformar conhecimentos em processos e produtos industriais valorizados pelos mercados nacional e internacional. Entretanto, a demanda por produtos de origem natural desenvolvidos em bases sustentáveis tem promovido atualmente novas oportunidades na região amazônica (Miguel, 2007).

O conhecimento e o uso das espécies vegetais da região para diferentes fins constituem uma prática antiga por parte das suas populações locais, mas só recentemente surgiram projetos e alguns empreendimentos pioneiros que têm sido capazes de combinar um esforço de pesquisa científica - sobretudo a biotecnologia - com as suas diversas possibilidades de aplicações para o desenvolvimento e o aproveitamento industrial de uma série de produtos (Costa, 2007).

Na região amazônica encontra-se expressiva diversidade de espécies frutíferas, relativamente bem conhecidas no que concerne aos aspectos botânicos, porém pouco estudadas no que se refere às características agrônômicas e

agroindustriais. Nessa região, Cavalcante (1996) catalogou 176 espécies com frutos comestíveis, metade delas representadas por frutíferas nativas. No entanto, a diversidade é bem maior, havendo estimativas que indicam que das 500 espécies frutíferas brasileiras, cerca de 44% têm como centro de origem a Amazônia (Giacometti, 1992; Donadio et al, 2002).

A fruticultura na Amazônia vem se expandindo, principalmente na última década, através de diversos produtos regionais que se destacam pelo sabor exótico e diferenciado. O açaí, cupuaçu, bacuri, taperebá e camu-camu são os principais exemplos. É a quarta principal atividade econômica da Região, depois do minério de ferro, da madeira e da pecuária. Do ponto de vista socioeconômico, entretanto, é a atividade que apresenta o maior potencial de distribuição de renda em fluxo regular ao longo de toda cadeia produtiva, envolvendo milhares de pequenos produtores, além das indústrias processadoras, sendo uma atividade intensiva em mão de obra (Nascente, 2005; Dantas, 2007).

Inúmeras matérias primas regionais nativas e adaptadas indicam oportunidades de desenvolvimento de novos bioprodutos, especialmente nos setores de cosméticos, da agroindústria, farmacêutico e o grande destaque está na descoberta de novas drogas derivadas diretamente ou sintetizadas a partir dos recursos biológicos. Entre os produtos regionais com maior potencialidade econômica, destacam-se as frutas nativas, os óleos vegetais, os óleos essenciais, os corantes naturais, os fitomedicamentos, as resinas e as fibras (Costa, 2007).

Sob esse aspecto, as bioindústrias de cosméticos são representativas dessa nova tendência na Amazônia e apresentam como principal característica um vetor de inovação das bases técnicas aplicadas à sustentabilidade ambiental em geral e, especialmente, ao uso racional dos recursos florestais em particular. Esses segmentos têm procurado viabilizar o aproveitamento industrial dos tradicionais e novos produtos regionais e, ao mesmo tempo, fortalecer a aliança entre ciência, tecnologia e sistemas produtivos, valorizando o papel dos centros de pesquisa e os sistemas de inovação tecnológica aplicados especificamente para o desenvolvimento de bioprodutos (Miguel, 2007).

Dentre os segmentos emergentes da economia regional amazônica, destacam-se as bioindústrias voltadas para o pré-processamento de matérias-primas e insumos de origem vegetal ou para a industrialização final de bioprodutos cosméticos,

fitoterápicos e energéticos. Esses setores têm demonstrado capacidade de organizar novos arranjos e novas redes espaciais entre os pólos urbanos regionais e os municípios situados nas suas áreas de influência. É preciso registrar, por outro lado, que por se tratar de segmentos inovadores e em fase de estruturação, esses circuitos ainda não se encontram consolidados em todas as etapas da cadeia produtiva e integrados sob a forma de redes completas (Giacometti, 2000).

As atividades de coleta e de cultivo de espécies de plantas e frutos da região estão associadas, na maior parte dos casos, às famílias ribeirinhas mais isoladas, às populações indígenas e às comunidades de pequenos produtores familiares, muitas delas agrupadas em sistemas de cooperativas/associações e consideradas importantes atores dos novos circuitos da Amazônia. No plano econômico, o extrativismo envolve algumas limitações em termos de produção, já que muitas das espécies apresentam condições limitantes de exploração, principalmente, em decorrência da baixa densidade de seus exemplares por hectare. Por outro lado, uma variedade de plantas amazônicas nativas, que tradicionalmente são coletadas nas florestas, apresenta um grande potencial de adaptação aos sistemas de cultivo, permitindo aos pequenos produtores diversificarem as áreas de produção e introduzirem nos sistemas agroflorestais, espécies como o açaí, cumaru, puxuri, andiroba, cipó-alho e pau-rosa (Bahri, 2000).

A cadeia de fruticultura na Amazônia é representada por um sistema diversificado desenvolvido por pequenos produtores em quintais, sistemas agroflorestais em pequenas áreas, em manejo sustentável de frutas nativas (açaí, cupuaçu, bacuri, taperebá) e cultivos homogêneos, em diversas escalas envolvendo o cupuaçu, açaí, laranja, abacaxi, maracujá, acerola, abacate, goiaba (Santana *et al.*, 2008).

O apoio à ampliação desses sistemas pode ser integrado a uma agroindústria multiproduto e ao mercado consumidor, articulado ou não com cooperativas de produtores de modo a permitir a sustentabilidade de toda cadeia produtiva. A organização social para compra de insumos e venda coletiva de produtos como base na dinâmica dos mercados de produtos orgânicos, mercados justos ou mercado futuro, deve negociar dentro dos princípios da economia dos custos de transação, com o fito de estimular um conjunto de cadeias produtivas com nódulos fortes de integração

horizontal e vertical, na perspectiva do modelo de desenvolvimento endógeno e sustentável (Vilas, 2007).

A cadeia produtiva de frutas da Amazônia tem um PIB de US\$ 120,5 milhões, cerca de 1,0% do PIB da fruticultura brasileira e exportou US\$ 52,42 milhões em 2009. O alcance social é amplo, pois ocupa 124 mil pessoas diretamente, com efeito multiplicador de emprego de 2,049 e multiplicador de renda de 1,662, além de um efeito de encadeamento para trás de 1,081. Isto revela que há empresas operando com retornos crescentes à escala, que é a alavanca que movimenta o desenvolvimento local (Santana, 2009).

Para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o arranjo produtivo de frutas da Amazônia é um dos mais dinâmicos quanto às possibilidades de desenvolvimento na forma de sistemas agroflorestais sustentáveis uma vez que sua produção é estruturada em pequenas unidades produtivas. De acordo com informações do Sindicato das Indústrias de Frutas e Derivados do Estado do Pará (Sindfrutas), em 2007, cerca de dois milhões de toneladas da polpa do açaí foram produzidas no estado contra 1,5 milhão de toneladas, em 2006. Desse total, cerca de 25% da polpa destinou-se à exportação. A comercialização no mercado extra-regional foi de 60%, sendo o estado do Rio de Janeiro o maior comprador. (Nascente, 2005; Frazão, 2006).

Quanto ao cupuaçu, a importância econômica está relacionada, principalmente, aos produtos derivados como polpa para sucos, sorvetes, geléias, doces, compotas, licores, e na forma de cupulate, um produto semelhante ao chocolate. Com o aumento da demanda, o cupuaçuzeiro passou por processo de transição do extrativismo para a forma cultivada, o que ocasionou aumento significativo da área plantada (Nascente, 2005; Homma, 2006).

O bacuri, depois do açaí e cupuaçu, é a fruta nativa que está surgindo como alternativa na conquista de novos mercados. O seu sabor e aroma perfumado vêm atraindo a atenção de alguns importadores, distribuidores e fruticultores. Quando adulta, o bacurizeiro produz 400 frutos/ano, em média, em alguns casos chega a dois mil frutos. Entretanto, o rendimento da polpa é baixo, entre 10% e 12% do peso total do fruto. A menor massa é pelo preço, R\$ 10,00/kg, atingindo R\$ 16,00/kg na entressafra o dobro da cotação do açaí e o triplo do cupuaçu com os quais a espécie compõe o ABC das frutas amazônicas. É válido ressaltar que o aumento da oferta

ainda depende da domesticação da espécie, a partir da seleção de materiais e de sistemas de manejo, pois atualmente a oferta é essencialmente extrativa (Bezerra, 2007).

Dentre as principais frutíferas temporárias da Região Norte, o abacaxi destacou-se, em 2006, participando com 25% do total nacional, os estados do Pará e Tocantins foram os de maior produção. O segundo maior destaque ficou com a melancia com 13,65% da produção nacional, sendo que o Estado do Tocantins lidera com 6,88%, seguido pelo Pará com 3,97% (IBGE, 2008).

O Estado do Pará é o grande produtor de frutas da Amazônia, respondendo por 80,6% de todas as frutas produzidas na Região, além de se apropriar de 71,11% da receita oriunda da venda destas frutas pelos produtores e ocupar 57,24% de toda a área plantada. Destacam-se também na região, em menor escala, os Estados do Amazonas, com 7,92% da produção, e de Rondônia, com 5,87% do total produzido. O Estado do Amapá tem a produção mais incipiente, correspondendo a apenas 0,63% do que é produzido na região (Nascente, 2005; Homma, 2007).

A fruticultura tem sido uma atividade prioritária no âmbito das políticas de crédito do Banco da Amazônia (Figura 7). Nos últimos 18 anos os recursos investidos na atividade totalizaram R\$ 512 milhões, representando aproximadamente 18% de todo o crédito agrícola aplicado pelo Banco (Lopes, 2008).

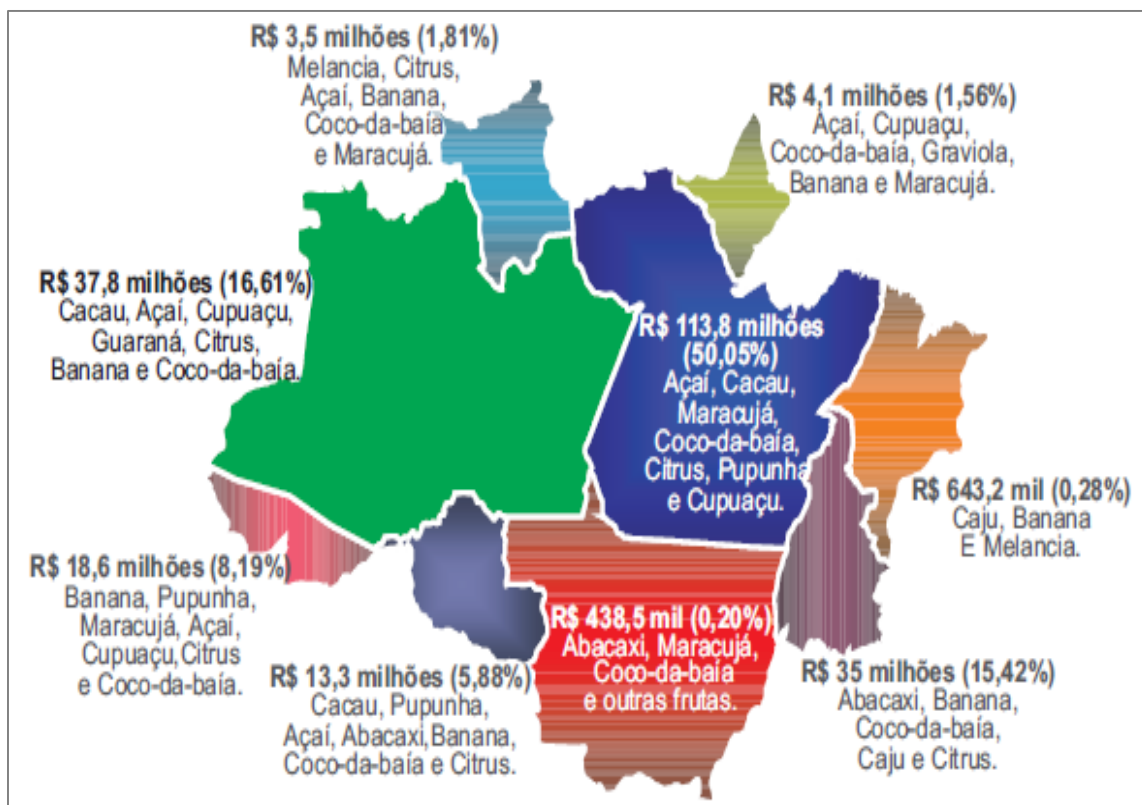


Figura 7. Distribuição espacial dos recursos aplicados em fruticultura na Amazônia Legal, 2000-2007.

Fonte: Banco da Amazônia, 2008.

A intensidade dos investimentos na fruticultura regional, entre 2000 e 2007, foram aplicados R\$ 227 milhões na implantação de projetos de fruticultura, ou seja, 44,3% do total dos últimos 18 anos. Isto corresponde a uma média de R\$ 32,4 milhões aplicados por ano. O estado que apresenta maior representatividade é o Pará, onde se aplicou R\$113,8 milhões, envolvendo, principalmente, as culturas do açaí, cacao, maracujá, coco-da-baía, citrus, pupunha e cupuaçu, conforme pode ser visualizado na figura 7 (Nascente, 2005; Lopes, 2008).

No Amazonas foram aplicados R\$ 37,8 milhões (16,61% dos recursos), direcionados para o cacao, açaí, cupuaçu, guaraná, citrus, banana e coco-da-baía. Outro Estado que se destacou foi o Tocantins que no período analisado recebeu R\$ 35 milhões, o equivalente a 15,42% do valor aplicado na Região, distribuídos entre as culturas do abacaxi, banana, coco-da-baía, caju e citros. No Acre, investiu-se R\$ 18,6 milhões, correspondendo a 8,19% do acumulado no período, as principais culturas

apoiadas foram: cacau, pupunha, açaí, abacaxi, banana, coco-da-baía e citrus (Nascente, 2005; Lopes, 2008).

Em Rondônia foram aplicados R\$ 13,3 milhões, o correspondente a 5,88% do total de recursos. As principais culturas incentivadas foram cacau, pupunha, açaí, abacaxi e banana, respectivamente. Os demais estados da Amazônia Legal somaram R\$ 8,7 milhões, 3,86% do total no período (Nascente, 2005).

Na figura 8, observa-se a evolução do crédito financeiro aplicado na fruticultura amazônica nos anos de 2001 a 2007. Além das frutas regionais, a região amazônica também se destaca na produção de frutas tradicionalmente comercializadas no resto do Brasil, sendo que o crédito é um dos principais estímulos para esse setor. Entretanto, a produção ainda está aquém do potencial regional (Lopes, 2008).

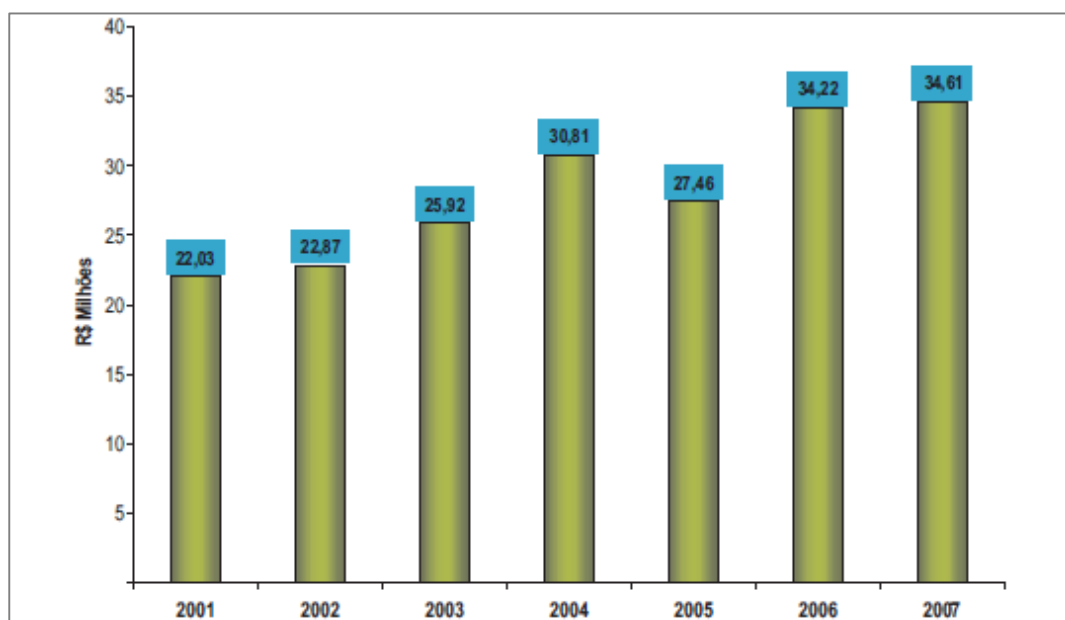


Figura 8. Evolução do crédito em fruticultura na Amazônia Legal, 2001-2007.

Fonte: Banco da Amazônia, 2008.

No panorama atual dos diversos sistemas produtivos que têm sido introduzidos na região, a cadeia produtiva (Figura 9) é, sem dúvida, inovadora, apesar de incorporar alguns componentes que também têm sido observados em outros sistemas produtivos, como, por exemplo, os produtores e fornecedores de matérias primas e insumos, os segmentos industriais e, em alguma medida, a participação dos centros de pesquisas regionais (Miguel, 2007).

Vinculadas à cadeia produtiva, as atividades dos pequenos produtores cooperados constituem, primeiramente, a solução de um “problema global” relacionado ao uso sustentável dos recursos naturais e, ainda, como uma forma alternativa de gerar renda e desenvolvimento para as populações locais da Amazônia (Costa, 2007).

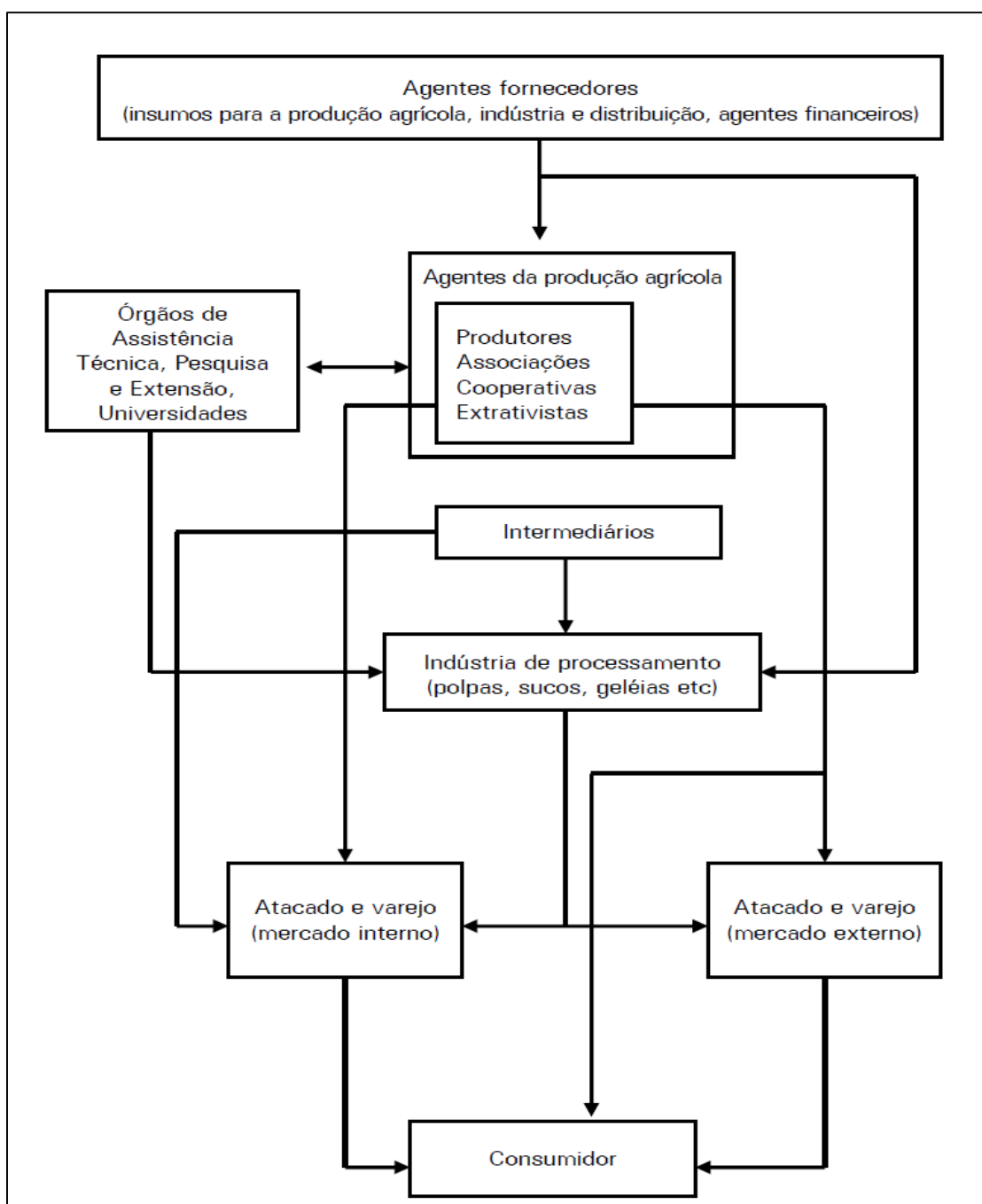


Figura 9. Representação da cadeia do agronegócio na fruticultura da Região Amazônica.

Fonte: EMBRAPA Rondônia, 2005.

Nessa perspectiva, outros exemplos importantes que têm centralizado esforços para a expansão desses segmentos produtivos estão relacionados às parcerias dos empreendimentos bioindustriais com os institutos de pesquisas científicas e tecnológicas da região, envolvendo estudos sobre o potencial da biodiversidade e a geração de tecnologias, bens e serviços biotecnológicos. As pesquisas realizadas por essas instituições, como, por exemplo, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), o Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e a Universidade Federal do Pará (UFPA), têm tido papel fundamental na geração de conhecimentos e na transferência de tecnologias de ponta para o desenvolvimento de produtos industrializados com alto valor agregado e com potencial de mercado (Costa, 2007).

Dentre as pesquisas sobre o aproveitamento da biodiversidade, destacam-se os trabalhos realizados pela EMBRAPA sobre a identificação das características bioquímicas de frutos tradicionalmente conhecidos na região, visando o desenvolvimento de tecnologias para a sua domesticação, cultivo em escalas econômicas e o seu eventual aproveitamento industrial. Dentro das possibilidades de uso da diversidade de matérias-primas da região, algumas delas têm sido amplamente aproveitadas nos produtos e insumos desenvolvidos pelas pequenas indústrias, como, por exemplo, a pirioca, o açaí, o cupuaçu, o buriti, a castanha, a copaíba e a andiroba (Miguel, 2007).

A Zona Franca de Manaus além de concentrar o maior pólo industrial da região e ter a liderança nacional de alguns sub-setores (trata-se do maior pólo de eletroeletrônicos e de “duas rodas” do país), destaca-se por seu poder de integração regional, definindo uma rede de fluxos de variadas escalas e influências, que envolvem até mesmo os demais países amazônicos. Dentre os processos produtivos dos diversos segmentos desenvolvidos no Pólo Industrial, a produção de extratos vegetais e óleos essenciais, com destaque para o guaraná, correspondem a uma mudança significativa do modelo industrial implantado há quase quarenta anos na Zona Franca. Os setores de produção de extratos vegetais, concentrados e compostos têm funcionado como uma alavanca para a expansão da cadeia

bioindustrial no estado do Amazonas e em toda região. Destaca-se que esse segmento rendeu para o Pólo Industrial de Manaus, em 2008, mais de US\$100 milhões (SUFRAMA, 2009).

Os mercados para produtos oriundos da biodiversidade amazônica encontram-se atualmente em fase de expansão, seguindo a tendência mundial de substituição de produtos sintéticos por produtos naturais e de conferir à biotecnologia um papel cada vez mais relevante no aumento da competitividade tecnológica e industrial (Glenia, 2004).

Diante desse quadro geral, cabe destacar também a excepcional força da marca “Biodiversidade Amazônica” na opinião pública internacional, especialmente quando ela é relacionada à utilização dos recursos naturais da região segundo os critérios da sustentabilidade ambiental e social, repercutindo diretamente na valorização dos bioprodutos (Miguel, 2007).

4.4. Potencialidades do Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e Piquiá (*Caryocar villosum* (Aubl.) Pers.)

O açaí tem um mercado de consumo tradicional e consolidado, na sua própria região de origem, a Amazônia, decorrente do hábito arraigado de sua população de tomar o vinho do açaí. Isto ocorre principalmente nos Estados do Pará e Amapá, onde o açaí constitui importante componente da alimentação básica de parte dos seus habitantes (Mochiutti *et al.*, 2006).

O açazeiro (*Euterpe oleracea*) é uma palmeira típica da Amazônia. Ocorre espontaneamente nos estados do Pará, Amapá, Maranhão e leste do Amazonas. Esta é a espécie utilizada para a produção do tradicional vinho do açaí, e também para produção de palmito, retirado da porção terminal do estipe (caule). Ocorre abundantemente na região do estuário do Rio Amazonas, onde enseja importantes atividades econômicas, envolvendo populações tradicionais e empresas locais (Oliveira, 2008).

A principal característica dessa espécie é a abundante emissão de perfilho (brotações que surgem na base da planta), o que possibilita a sua exploração permanente, desde que racionalmente manejada. É planta que pode ser cultivada em áreas de várzeas sujeitas à inundações periódicas, constituindo-se em alternativa

para utilização dos solos úmidos que margeiam igarapés, rios e lagos da região, podendo também ser explorada em áreas de terra firme (Mochiutti *et al.*, 2006).

Os dois principais produtos originários da espécie, o palmito e o fruto, são usados na alimentação humana. A polpa de açaí é largamente usada na produção industrial ou artesanal de sorvetes, geléias e licores. Outros produtos têm surgido no mercado tais como: açaí pasteurizado ou em combinações com xarope de guaraná e doce de leite ou ainda açaí em pó solúvel (Nascimento, 2007).

Populações naturais de açaí são encontradas em solos de igapó e terra firme, porém com maior frequência e densidade em solos de várzea. Em algumas áreas, principalmente na região do estuário do rio Amazonas (Pará), grandes áreas são cobertas quase que exclusivamente por açazeiros (maciços). Estas áreas caracterizam-se por uma pluviosidade bem distribuída, superior a 2.000 mm anual e por poucos meses com precipitação mensal menor do que 60 mm. Os açazeiros sobrevivem períodos de inundação, característica que os tornam bastante competitivos e provavelmente dominantes em algumas áreas. A espécie é típica de floresta madura, cresce lentamente, necessita muita umidade, mas uma baixa exigência de luz, mesmo para o desenvolvimento das plântulas. A dispersão das sementes pode ser feita por aves de médio a grande porte, roedores e mesmo pela água quando o local for susceptível às enchentes. Muitas plântulas não sobrevivem à competição principalmente intraespecífica. Após alcançar 1 m de altura ou 2 a 3 anos de vida, nota-se geralmente o início do crescimento do estipe (Mochiutti *et al.*, 2006).

Certas espécies vegetais têm atraído atenção de pesquisadores das diversas áreas como farmacologia, bioquímica e fitoquímica, uma vez que suas espécies se caracterizam pela produção de compostos químicos, principalmente óleos fixos e óleos essenciais, de grande interesse na indústria alimentícia, farmacêutica, cosmética e química (Alencar *et al.*, 1979; Machado *et al.*, 1995; Marx *et al.*, 2004).

O piquiá é uma espécie que apresenta grande valor alimentar para as populações amazônicas principalmente a interiorana, pois, o piquiá, como é conhecido seu fruto, é comestível e apreciado pela população da região Amazônica e também pela fauna silvestre. Cymerys (2005), cita que para tornar floresta mais atrativa a animais e a população humana maneja e protege as árvores frutíferas que a caça demanda, aumentando assim a sua própria alimentação. Dessa forma, se pode dizer que a quantidade de caça está diretamente relacionada com a qualidade e quantidade

da floresta. Tendo em vista a importância do piquiá, os japoneses estão requerendo uma patente sobre a espécie dentre outros produtos das plantas amazônicas, segundo Homma (2008). Para Shanley & Medina (2005), a espécie apresenta muitas utilidades, tais como:

- Fruto: fonte de alimentação quando cozido com água e sal. O piquiá mais apreciado pela população tem cheiro com polpa amarela.
- Caça: as flores são atrativas para animais, especialmente, paca, cutia, veado, quati e tatu.
- Madeira: de alta qualidade, compacta, pesada, não se decompõe facilmente e fornece peças de grandes dimensões. Com fibras entrelaçadas, a madeira possui grande resistência, por isso, é utilizada na indústria civil e naval, de grande importância para armação do fundo interno das embarcações. Nas áreas rurais, o piquizeiro é a árvore preferida para fazer canoas. Os fazendeiros utilizam para fazer currais e portões, devido a sua resistência as intempéries naturais.
- Óleo: serve para cozinhar, sendo muito bom para fritar peixe.
- Amêndoa: as sementes podem ser uma excelente fonte de alimentação para o consumo humano e, seu óleo pode ser utilizado em indústria cosmética, no entanto, é necessário o desenvolvimento de tecnologia de extração.
- Casca do fruto: é rica em tanino, pode ser utilizada na preparação da tinta para escrever e tingimento de tecidos. A casca também é usada na fabricação de sabão.

Porém, a resistência ao ataque de insetos e a boa qualidade apresentada pela madeira, têm levado à derrubada de matrizes e conseqüentemente a redução da população vegetal com baixa densidade e que precisa de indivíduos diferentes, por ser uma espécie com fecundação cruzada. Esta espécie quando germina na floresta apresenta pouco desenvolvimento em áreas com baixa incidência de luz (Leão, 2006).

A árvore de piquiá não produz frutos todos os anos. Muitas árvores descansam em um ano e produzem no outro. Somente entre 20% e 30% dos piquizeiros produzem frutos todos os anos. Os frutos desta espécie variam de tamanho, com peso entre 150 g a 750 g, e média de 300 g (Marx *et al.*, 2004). Cada fruto contém uma ou duas sementes; no entanto, é possível encontrar frutos com até quatro sementes, sendo duas grandes e volumosas e duas pequenas. A casca é fina, de cor cinza-amarronzada e moderadamente macia. O pericarpo (externo e solto) é grosso e carnudo, representando cerca de 60% do peso do fruto (Corner, 1976).

O fruto é uma drupa e, quando maduro, apresenta epicarpo de coloração verde-clara a levemente amarelada. O endocarpo é rígido e espinhoso, sendo uma característica do gênero. A massa que recobre as sementes pode apresentar cor amarela (mais comum), laranja, rósea ou esbranquiçada, também pastosa, farinácea e oleaginosa (Ferreira *et al.*, 1997).

As plantas nativas como o piquiá tem chamado atenção pelo seu potencial como espécie oleaginosa. Pois da polpa do fruto é extraído o óleo que, além de utilizado na culinária, é empregado na indústria cosmética, na produção de sabão, e como produto medicinal, no combate à bronquite, gripes e resfriados, dentre outros. Como fármaco, o suporte de informações é empírico, porém é certo que a polpa do fruto tem alto teor de provitamina A, com média em torno de 200.000 UI, pelo menos no suprimento dessa vitamina é garantido algum efeito benéfico à saúde humana (Peixoto, 1973).

4.5. Propriedades Biológicas dos Frutos

Inúmeras literaturas já demonstraram a potencialidades de frutas e vegetais com a sua capacidade funcional, pois muitos são ricos em compostos bioativos que promovem uma boa saúde aos seus consumidores, além disso, podem gerar uma série de pesquisas em relação à presença de compostos nutracêuticos, entre outros (Gorinstein *et al.*, 2011).

O Brasil possui inúmeras espécies de produtos de origem vegetal, sem contar seus resíduos, subexplorados em pesquisas e na tecnologia industrial. De fato, podem ser uma boa fonte de renda tanto para as indústrias como também para a população local. Essa concepção no Brasil precisa ser mudada, pois o mundo cada vez mais tem explorado os valores nutricionais desses produtos, e, através de estudos, tem buscado cada vez mais conhecer as propriedades antioxidantes dessas matérias-primas, entre outros quesitos (Hassimotto *et al.*, 2005; Kuskoski *et al.*, 2005; Roesler *et al.*, 2006; Souza *et al.*, 2007)

O Brasil, especialmente a Amazônia, apresenta uma biodiversidade atrativa para estudos e pesquisas sobre propriedades funcionais de frutos e vegetais, além de seus resíduos. A caracterização desses produtos de origem vegetal é importante para a constatação da presença de compostos bioativos importantes, além de poder gerar

benefícios para a população amazônica como um todo (Hassimotto *et al.*, 2005; Kuskoski *et al.*, 2005; Roesler *et al.*, 2006; Souza *et al.*, 2007).

A atividade antioxidante de frutas e hortaliças está especialmente ligada ao seu conteúdo em compostos fenólicos, carotenóides, vitamina E e C (Benzie, 2003; Cadenas & Packer, 2002). Entre esses antioxidantes, o grupo de polifenóis abrange uma categoria ampla e complexa de compostos, entre eles, um grupo conhecido como flavonoides, considerado o grupo de polifenóis mais estudado e pesquisado (Rice-Evans, Miller, & Paganga, 1996; Robards & Antolovich, 1997).

4.5.1. Compostos Fenólicos e Flavonóides

Os compostos fenólicos englobam mais de 800 substâncias identificadas e catalogadas que podem ser divididas, de acordo com a sua estrutura química, em fenólicos, ácidos, cumarinas, ligninas e flavonoides (Ross & Kassum, 2002). A vitamina C é considerada um dos antioxidantes mais ocorrentes na natureza e na dieta diária de um ser humano, apresentando efeito carcinogênico (Kim, Lee, Lee & Lee, 2002; Klimczack *et al.*, 2007).

Nos últimos anos muitas pesquisas tiveram como elemento-chave os flavonoides, devido haver associação entre eles e o combate a radicais livres presentes em diversas doenças, sendo que estas propriedades têm sido evidenciadas por uma série de ensaios *in vitro* (Cao & Prior, 1998; Nijveldt *et al.*, 2001). Essas propriedades biológicas estão ligadas a presença de antioxidantes nessas matérias-primas (Cadenas & Packer, 2002).

A extração de compostos fenólicos de vegetais é dependente da natureza química do polifenol, do solvente empregado, da metodologia de extração, tamanho de partícula da amostra, tempo e condições de armazenamento, entre outros fatores (Antes e Cao, 1999).

Compostos fenólicos de extratos vegetais estão presentes em uma mistura diversificada desses elementos, sendo solúveis no solvente utilizado. A utilização de uma solução hidroalcolica aparenta oferecer resultados satisfatórios para esse processo (Chirinos, Rogez, Campos, Pedreschi e LaRondelle, 2007; Perva-Uzunalic *et al.*, 2006; Silva, Rogez & LaRondelle, 2007a).

4.5.2. Atividade Antioxidante

Um antioxidante pode ser definido como uma substância que, em baixas concentrações, retarda ou previne a oxidação de um substrato (Halliwell, 1995). Quando o mecanismo de ação do antioxidante for através de sua reação como radical livre, o novo radical formado deve ser estável e incapaz de propagar a reação (Shahidi *et al.*, 1992; Lima, 2008; Giada, 2006).

Os compostos antioxidantes podem ser classificados em sintéticos ou naturais. Os antioxidantes sintéticos são comumente utilizados na indústria de alimentos para aumentar a vida de prateleira dos alimentos. São exemplos de antioxidantes sintéticos: o butilhidroxitolueno (BHT), o butilhidroxianisol (BHA), o propilgalato (PG) e o terciobutilhidroxinona (TBHQ) (Barreiros & David, 2006).

O consumo desses compostos tem sido associados a malefícios à saúde (Gunduc & EL, 2003; Svilaas *et al.*, 2004). Isso tem levado a indústria de alimentos a reduzir seu uso, além de buscar outras alternativas, ainda que parciais, por antioxidantes naturais. Existem fórmulas, já comercializadas, para adição em alimentos, elaboradas a partir de substratos com alto potencial antioxidante, como os extratos de alecrim e orégano (Trindade, 2007). Dessa forma, pesquisas têm enfatizado o desenvolvimento e utilização de antioxidantes provenientes de fontes naturais como o tocoferol e o ácido ascórbico (Vasconcellos, 2007; Lima, 2008; Giada, 2006).

A hipótese da dieta afetar o dano oxidativo fundamenta-se em que os alimentos proporcionam tanto substâncias antioxidantes, nutrientes ou não nutrientes, com capacidade para combater os radicais livres, como substratos oxidáveis, como ácidos graxos poliinsaturados e traços de metais. Dessa forma, os alimentos podem exercer tanto efeitos positivos quanto negativos no equilíbrio entre o dano oxidativo e as defesas frente ao dano (Giada e Mancini-Filho, 2006; Lima, 2008).

A ingestão de diferentes compostos antioxidantes na dieta podem produzir efeitos sinérgicos difíceis de serem avaliados. A dieta deve ser considerada de forma complexa, onde as interações entre os constituintes podem produzir efeitos que não representam necessariamente as propriedades dos constituintes individuais. Dessa maneira, a atividade antioxidante de qualquer alimento fornece uma ideia da contribuição relativa da soma dos seus constituintes antioxidantes, proporcionando

uma informação valiosa, que vai além da sua composição química (Rice-Evans, 1999). Dentre os antioxidantes naturais, os mais comumente utilizados são os carotenóides, as vitaminas E e C e os compostos fenólicos (Lima, 2008; Giada, 2006).

Estudos atribuem capacidade antioxidante a compostos minoritários presentes em oleaginosas como o tocoferol, esqualeno, clorofila e compostos fenólicos, devido às suas atividades contra doenças cardiovasculares e oxidação lipídica. A capacidade também é atribuída à presença de compostos fenólicos e tocoferóis na estabilidade de óleos. Ácidos graxos insaturados e os carotenóides afetam o processo autoxidativo agindo como pró ou antioxidantes (Tuberoso *et al.*, 2007).

Como o uso de antioxidantes sintéticos tem sido severamente restringido pela indústria de alimentos devido aos efeitos colaterais como alergias e possíveis ações promotoras de câncer (Leal, 2005), pesquisas têm enfatizado o desenvolvimento e utilização de antioxidantes provenientes de fontes naturais (Giada, 2006; Lima, 2008).

4.5.3. Propriedades Biológicas no Açaí

O gênero *Euterpe* possui cerca de 28 espécies localizadas nas Américas Central e do Sul, estando distribuídas por toda bacia Amazônica. As três espécies que ocorrem com maior frequência são *E. oleraceae*, *E. edulis* e *E. precatoria*. No entanto, só duas espécies são exploradas comercialmente, *E. precatoria* e *E. oleracea*. Uma das principais diferenças entre os dois açaís, está no hábito de crescimento das plantas. *E. precatoria* é uma espécie nativa do estado do Amazonas, conhecida popularmente como “açaí do Amazonas” e encontrada na bacia do Solimões, em terreno de terra firme e área de baixo (Cavalcante, 1996; Almeida *et al.*, 2004).

E. oleracea, conhecida popularmente como “açaí do Pará”, é encontrada, sobretudo, em terrenos de várzea e igapó. É multicaule, diferentemente da *E. precatoria* que é unicaule. Espécie nativa da Amazônia, tem suas maiores populações concentradas nas florestas da Amazônia Oriental, principalmente, nos Estados do Pará, Amapá e Maranhão (Cavalcante, 1996; Muñiz-Miret *et al.*, 1996).

Estas espécies tem alto potencial econômico, principalmente pelo uso de seus frutos na preparação do “vinho de açaí” que são exportados para todo o mundo como energéticos. A polpa deste fruto tem sido objeto de estudos em função do valor

nutritivo, sendo considerado um alimento nutracêutico face ao elevado teor de substâncias bioativas (Sabbe *et al.*, 2009; Menezes *et al.*; 2011; Costa *et al.*, 2013).

O açaí demonstra benefícios à saúde associados à composição química (Costa *et al.*, 2013; Pacheco-Palencia *et al.*, 2008). Devido a isso, uma quantidade considerável de atividades biológicas é descrita para as espécies desse gênero, principalmente para *E. oleracea* (tabela 5). A atividade antioxidante da polpa é a mais avaliada por meio de diferentes testes, desde a varredura de radicais *in vitro* até em modelos celulares e plasma humano.

Tabela 5: Atividades biológicas de espécies de *Euterpe*.

Espécie	Atividade biológica	Referências
<i>E. oleracea</i>	Antioxidante Atividade antiproliferativa Efeito vasodilatador Atividade anticociceptiva Antiinflamatória Citotoxicidade em células cancerígenas	[1-14] [15-17] [18] [19-20] [14, 21-24] [25]
<i>E. precatória</i>	Antioxidante (a) Antiinflamatória (b)	[14, 26] [14]

5. [1] Matheus *et al.*, 2003; [2] Hassimotto, *et al.*, 2005; [3] Schauss *et al.*, 2006; [4] Lichtenthäler *et al.*, 2005; [5] Mertens *et al.*, 2006; [6] Rodrigues *et al.*, 2006; [7] Chin *et al.*, 2008; [8] Santos *et al.*, 2008; [9] Mertens-Talcott *et al.*, 2008; [10] Spada *et al.*, 2009; [11] Ribeiro *et al.*, 2010; [12] Rojano *et al.*, 2011; [13] Rufino *et al.*, 2011; [14] Kang *et al.*, 2012; [15] Del Pozo-Infra *et al.*, 2006; [16] Pacheco-Palencia *et al.*, 2008; [17] Hogan *et al.*, 2010; [18] Rocha *et al.*, 2007; [19] Marinho *et al.*, 2002; [20] Favacho *et al.*, 2011; [21] Schauss *et al.*, 2006; [22] Xie *et al.*, 2012; [23] Kang *et al.*, 2011; [24] Noratto *et al.*, 2011; [25] Frago, *et al.*, 2013; [26] Galotta *et al.*, 2008;

A polpa de *E. oleracea* apresentou atividade antioxidante no córtex cerebral, hipocampo e cerebelo de ratos tratados com o agente oxidante peróxido de hidrogênio (H₂O₂), sugerindo uma contribuição positiva para o desenvolvimento de doenças neurodegenerativas relacionadas à idade (Spada *et al.*, 2009). Os extratos dessa espécie foram capazes de inibir a produção de óxido nítrico e a expressão de iNOS a partir de cultura de células (Matheus *et al.*, 2003; Matheus *et al.*, 2006).

Verificou-se a elevada ação antioxidante sobre radical DPPH, ânions superóxido, radical peroxila e em ensaio de inibição da oxidação de lipossomas (Hassimotto *et al.*, 2005; Schauss, *et al.*, 2006; Rufino *et al.*, 2011). Em um estudo com voluntários humanos, o consumo de suco e polpa causaram aumento de duas e três vezes a capacidade antioxidante no plasma (Mertens-Talcott *et al.*, 2008).

A composição química do óleo de açaí apresentou influência significativa na proliferação celular, sugerindo propriedade anti-proliferativa dos polifenóis em culturas de células cancerígenas (Pacheco-Palencia *et al.*, 2008). Em outro estudo, realizado por Del Pozo-Insfran *et al.* (2006), foi elucidada a indução da atividade antiproliferativa e pro-apoptótica dos compostos polifenólicos do açaí contra células HL-60 causadores de leucemia. Além desses estudos, foi demonstrado que *E. oleracea* possui efeito antinoceptivo, reduzindo até 50% o número de contorções abdominais (Marinho *et al.*, 2002; Favacho *et al.*, 2011) e um efeito vasodilatador, o que sugere uma possibilidade do uso do açaí como planta medicinal no tratamento de doenças cardiovasculares (Rocha *et al.*, 2007).

Devido às propriedades antioxidantes e antiinflamatórias das polpas de açaí, pesquisas com componentes isolados estão sendo realizados para identificar os responsáveis pelas atividades biológicas encontradas. No trabalho de Kang *et al.* (2011) foram isolados cinco flavonoides e testados em relação a atividade anti-inflamatória e antioxidante. A flavona velutina apresentou excelente capacidade anti-inflamatória em macrófagos de camundongos, indicando potencial efeito ateroprotetor. Esse potencial anti-inflamatório foi confirmado por meio da inibição da expressão de citocinas próinflamatórias (Xie *et al.*, 2012). Além disso, tem-se observado que os extractos polifenólicos protegem as células endoteliais vasculares humanas sobre o stress oxidativo e inflamação (Noratto *et al.*, 2011).

Na etnomedicina, a raiz e o talo da folha de *E. precatoria* são usados contra dores musculares e picadas de cobra; e a folha, para aliviar dores no peito. A raiz é utilizada também no tratamento da malária e contra infecções hepáticas e renais e a semente fornece um óleo verde escuro, usado popularmente como antidiarreico (Kahn e Granville, 1992; Brian, 1988; Prance, 1975)

O consumo de açaí está aumentando internacionalmente. Segundo o IBGE (2013), o Brasil produziu em 2011, um total de 215,4 mil toneladas de frutos de açaí. O estado do Pará tem sido o principal produtor, contribuindo, em 2011, com 50,8% da produção nacional. O estado do Amazonas com 89,5 mil toneladas produzidas em 2011, correspondendo a 41,5% do total brasileiro, ameaça à histórica hegemonia açazeira paraense (Herculano, 2013).

Na colheita, pode-se diferenciar as espécies por meio das características botânicas, porém ao ser preparado para consumo, não é possível ter a certeza sobre o tipo de açaí que está sendo consumido. Sabe-se que as espécies de *E. oleracea* são comumente encontradas na região paraense, enquanto que na amazonense prevalece as espécies de *E. precatória*, porém, não há distinção para a vendas da polpa, sendo comumente vendidos apenas como “açaí”.

Segundo os moradores locais, o sabor, o tempo de validade e o rendimento das polpas das duas espécies é bem diferente. Apesar das sementes de *E. oleracea* serem maiores (figura 10), o rendimento no processo de despulpamento é inferior ao de *E. precatória*, assim como o tempo de prateleira.

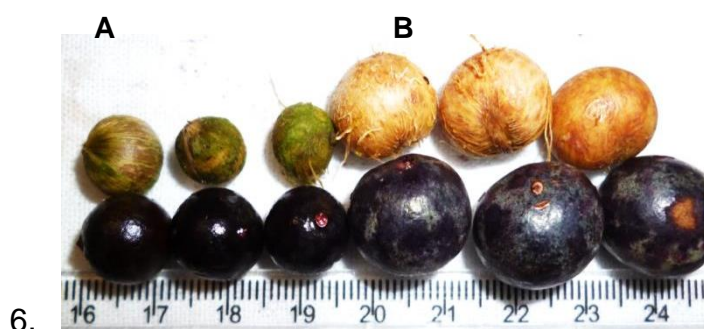


Figura 10: Sementes de (A) *E. precatória* e (B) *E. oleracea*.

Há poucos estudos diferenciando as espécies. Ambas apresentam valores de fenólicos e antocianinas totais que são correlacionados com a elevada atividade antioxidante (Santos *et al.*, 2008; Kuskoski *et al.*, 2005). De forma geral, a polpa de *E. oleracea* caracteriza-se quimicamente por apresentar substâncias fenólicas como ácidos fenólicos, flavonoides e antocianinas. A quantidade de antocianinas na polpa de açaí é tão preponderante que no trabalho de Gouvêa e colaboradores (2012) foram utilizadas amostras liofilizadas para obtenções de padrões isolados das antocianinas cianidina-3-O-glicosídeo e cianidina-3-O-rutinosídeo.

Outras antocianinas elucidadas descritas na literatura foram cianidina-3-sambubiosídeo, cianidina-3-acetilhexose, cianidina-3-arabinosídeo, feonidina-3-rutosídeo, pelargonidina-3-glicosídeo, peonidina-3-glicosídeo e peonidina-3-rutinosídeo (Gordon *et al.*, 2012; Pacheco-Palencia *et al.*, 2009; Rosso *et al.*, 2008;

Pacheco-Palencia *et al.*, 2007; Schauss *et al.*, 2006; Coisson *et al.*, 2005; Del Pozo-Isfran *et al.*, 2004; Bobbio *et al.*, 2000).

As antocianinas são glicosídeos das antocianidinas, pertencem à classe dos flavonoides e apresentam como núcleo básico a estrutura do íon 4-hidroxiavilium. Possuem como característica a determinação da cor de uma grande variedade de vegetais, sendo as responsáveis pela coloração roxa e pela atividade antioxidante do açaí (Del Pozo-Isfran *et al.*, 2004).

Em relação às duas espécies, no trabalho de Pacheco-Palencia e colaboradores (2009), o valor de antocianinas totais foi 50% maior em *E. precatoria* que em *E. oleracea*. Embora a quantidade de cada substância tenha sido diferente, o perfil de antocianinas majoritárias das polpas foi semelhante por CLAE, onde ambas espécies foram caracterizadas pela predominância de cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-rutinosídeo, diferenciando-se pela presença de pelargonidina-3-glicosídeo em *E. precatoria* e peonidina-3-rutinosídeo em *E. oleracea*.

O perfil fenólico também apresentou similaridade, tendo os ácidos protocatecuico, *p*-hidroxibenzóico, vanílico, siríngico e ferúlico como constituintes majoritários de *E. oleracea* e *E. precatoria* (Pacheco-Palencia *et al.*, 2009).

Na caracterização descrita por Del Pozo-Isfran e colaboradores (2004), os ácidos fenólicos predominantes na polpa de açaí foram ácido ferúlico > ácido *p*-hidroxibenzóico > ácido gálico > ácido protocatecuico > ácido elágico > ácido vanílico e ácido *p*-cumárico e ácido elágico glicosilado, detectados por meio de CLAE e espectrometria de massas. Esse perfil de compostos fenólicos foi confirmado posteriormente por outros trabalhos envolvendo o perfil fenólico, sendo acrescentados os ácidos caféico, benzóico, siríngico, clorogênico e o resveratrol (Gordon *et al.*, 2012; Rojano *et al.*, 2011; Ribeiro *et al.*, 2010; Del Pozo-Isfran *et al.*, 2004; Lichtenthäler *et al.*, 2005; Gallori *et al.*, 2004).

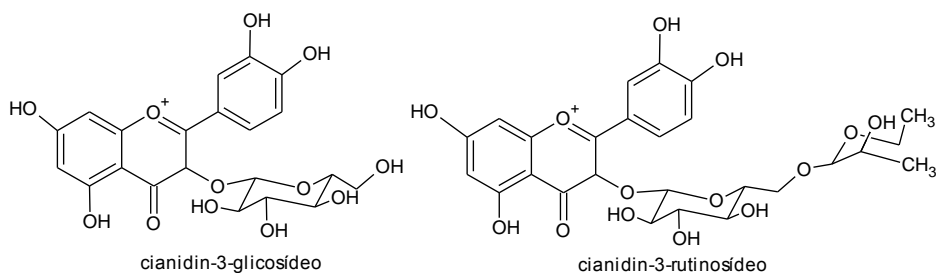
Os demais fenólicos descritos foram os flavonoides epicatequina, catequina, rutina, orientina, homoorientina, isovitexina, escoparina, taxifolina deoxihexose, apigenina, crisoeirol, diidrocampferol, velutina, 5,4'-dihidroxi-7,3',5'-trimetoxiflavona, luteonina diglicosídeo e dímeros de procianidina (Bobbio *et al.*, 2000; Gallori *et al.*, 2004; Del Pozo-Isfran *et al.*, 2006; Schauss *et al.*, 2006; Rosso,

et al., 2008; Pacheco-Palencia *et al.*, 2009; Ribeiro *et al.*, 2010; Kang *et al.*, 2010; Kang *et al.*, 2011; Rojano *et al.*, 2011).

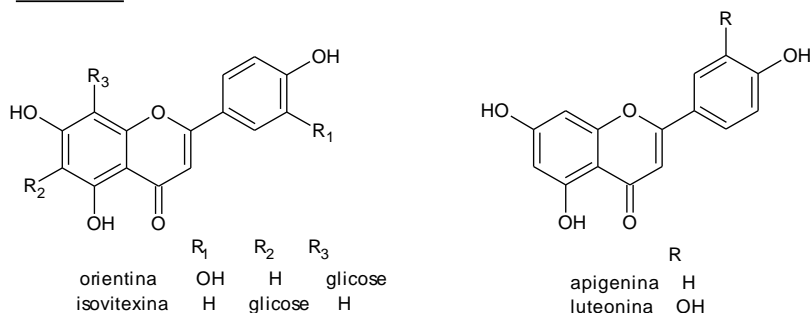
Nos óleos fixos de *E. oleracea* foi encontrado perfil semelhante ao descrito para as polpas, onde os constituintes fenólicos majoritários foram ácido gálico, cianidina-3-O-glicosídeo e cianidina-3-O-rutinosídeo, diferenciando por apresentar luteolina-8-C-glicosídeo (orientina), luteolina-6-C-glicosídeo (homo-orientina) em quantidade maior do que nos trabalhos de outros autores (Silva e Rogez, 2013).

Outras partes estudadas de *E. precatoria* foram folhas e raízes. Da raiz foi descrito o isolamento do ácido *p*-hidroxibenzóico e da lignana, diidrodiconiferil dibenzoato (Jensen *et al.*, 2002). No trabalho de Galotta e Boaventura (2005) com as raízes e os talos das folhas, foram isolados estigmasta-4-eno-6 β -ol-3-ona, 3 β -O-D-glicopiranosídeo de sitosterila, palmitato de sitosterila, misturas de β -sitosterol e estigmasterol, α -, β -amirina, lupeol, friedelin-3-ona, 28-hidroxi-friedelina-3-ona e α -, β -D-glicose. Além dessas substâncias, foram isolados o ácido *p*-hidroxibenzóico e os flavonoides quercetina, catequina, epicatequina, rutina e astilbina, com pronunciada capacidade de sequestro do radical livre DPPH e baixa citotoxicidade (Galotta *et al.*, 2008). Constata-se, portanto, que em todas as partes descritas na literatura das espécies há presença de substâncias fenólicas. Exemplo de antocianinas, ácidos fenólicos e flavonoides isolados são ilustrados na figura 11.

antocianinas



flavonoídes



ácidos fenólicos

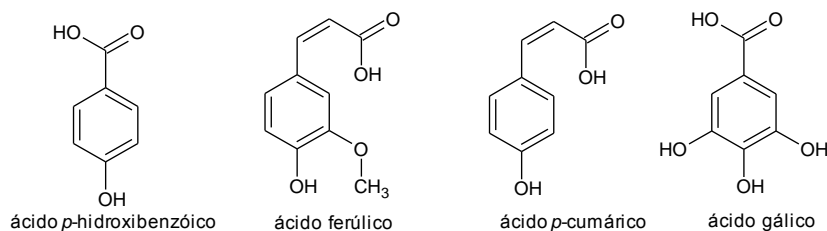


Figura 11: Substâncias detectadas em espécies de *E. precatoria* e *E. oleracea*.

Além da utilização na indústria de alimentos, outro ramo que vêm crescendo para o açaí é a área de cosméticos. No trabalho realizado por Herculano (2013), o açaí ficou entre as três matérias primas mais empregadas nas empresas de cosméticos, tanto nacional quanto internacional. Com isso percebe-se que a quantidade de matéria prima exigida para o uso nacional e para a exportação está sendo cada vez maior.

A polpa de corresponde a cerca de 10% do peso final, resultando em 85-95% de resíduos que são descartados (Yuyama *et al.*, 2011; Pompeu *et al.*, 2009). Atualmente, este subproduto vem sendo utilizado como adubo para plantas e biojóias. Algumas pesquisas sugerem a utilização como fonte de fibras para alimentos e fonte de energia. Verifica-se, porém, que são escassos os estudos químicos e biológicos com este material e que mesmo com essas finalidades, a quantidade de material

descartada é superior à que é utilizada, tornando-se assim um problema ambiental (Tinoco, 2005; Martins *et al.*, 2009).

No trabalho sobre as diferentes partes da semente de *E. oleracea* (pericarpo, endocarpo e o fruto na íntegra) o perfil da composição química das substâncias apolares foi muito semelhante em ambas as partes (Mantovani *et al.*, 2003). Levando-se em consideração que a polpa dessas espécies é rica em substâncias bioativas, o estudo sobre a composição química das sementes torna-se uma oportunidade para o aproveitamento em larga escala de uma matéria prima que atualmente está sendo descartada e que pode gerar produtos biotecnológicos sustentáveis.

4.5.4. Propriedades Biológicas no Piquiá

A polpa do fruto, é a parte mais importante em termos de utilização, possui teores médios de vitamina C em torno de 72,27 mg/100g (Sano & Almeida, 1998). Este valor é superior aos encontrados em frutos cítricos como a laranja-da-bahia (47,0 mg), o limão-galego (11,8 mg), a tangerina (46,8 mg) (Franco, 1992).

Em relação às proteínas, os teores encontrados por Ferreira *et al.*, (1988) e Oliveira (2004), variam de 6,71% a 13,5% superiores aos encontrados no abacate que é, em média, 1,80% (Franco, 1992). A porcentagem de cinzas, determinada por Ferreira *et al.* (1988) foi de 2%, enquanto na amêndoa 5%, indicando que os minerais se concentram nessa parte do fruto. Alguns estudos mostram que o pequi (*Caryocar glabrum*) tem uma grande quantidade de carotenóides, porém apenas alguns possuem atividade provitamina A.

Os carotenóides encontrados na polpa por Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya (2004), foram a violaxantina, luteína e zeaxantina, como compostos majoritários, e β -criptoxantina, β -caroteno e neoxantina em pequenas quantidades.

Abdulmagid Alabdul Magid *et al.* (2006) isolaram a partir do extrato metanólico da casca do caule de *Caryocar villosum* cinco saponinas triterpenóides (Ácido β -D-glucurônico, β -D-galactose, α -L-ramnose, β -D-14 glucose, Gallate (sal do ácido gálico)). O extrato metanólico dos furos também possui saponinas triterpenóides entre elas, β -D-glicose, β -D-galactose, β -D-xilose (Abdulmagid-Alabdul *et al.*, 2006). Além disso, a casca do caule possui novos flavonóides glicosídeos entre eles, β -D-glucopiranoose, 3', 4', 5' - trimetoxphenil, Galloyl 1, Galloyl 2 (Abdulmagid-Alabdul *et al.*, 2008). Ramos *et al.*, (2001) identificaram no pequiá o β -caroteno, α -caroteno, criptoflavina, β -criptoxantina, anteraxantina, zeaxantina e mutatoxantina, tanto em polpa crua como cozida. Esses últimos apresentaram atividade como precursores de vitamina A o β -caroteno, a criptoflavina e β -criptoxantina.

Oliveira *et al.*, (2004) observaram que no piquiá os teores de lipídios, proteínas, carotenóides totais, β -caroteno e licopeno presentes na polpa são

maiores em estágios mais avançados de maturação, informação importante para a definição da época de colheita.

Os carotenóides constituem um grupo de compostos lipossolúveis, amplamente distribuídos entre as plantas e alguns animais, em quantidade apreciável, responsável pelas gradações do amarelo ao vermelho, observadas nos produtos vegetais e animais. A importância dos carotenóides vai além do seu papel pigmentante, enquanto alguns são precursores de vitamina A, outros exibem ação antioxidante, sendo considerados alimentos funcionais (Sies & Stahl, 1995).

Evidências epidemiológicas demonstram que dietas ricas em carotenóides encontram-se associadas à redução do risco de incidência de câncer e doenças cardiovasculares (Bender, 2005), bem como na proteção de membranas celulares e lipoproteínas contra danos oxidativos (Sies & Stahl, 1995).

4.6. Novas Tendências na Indústria de Alimentos

4.6.1. Aproveitamento de Resíduos

Os significativos avanços no desempenho do agronegócio implicaram no aumento do consumo de insumos e da geração de resíduos nas atividades agropecuária e agroindustrial. A pesquisa científica aponta, a partir da década de 1980, para o agravamento de problemas ambientais globais, como a destruição da camada de ozônio, o efeito estufa e o comprometimento da biodiversidade, além dos impactos locais provenientes da geração de resíduos líquidos e sólidos. Esses problemas demandaram a rediscussão do modelo de desenvolvimento que se mostrava limitado por seus efeitos sobre a sustentabilidade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000).

A geração de resíduos está associada ao desperdício no uso de insumos, às perdas entre a produção e o consumo, e aos materiais que, gerados ao longo da cadeia agroindustrial, não possuem valor econômico evidente. Estima-se que, em média, de 20% a 30% da safra de grãos, de frutas e de hortaliças colhidas no Brasil sejam desperdiçados no caminho entre a lavoura e o consumidor (Pereira, 2010).

Os dados sobre o tipo e volume de resíduos gerados no agronegócio mundial sem valor agregado são escassos (ONG BANCO DE ALIMENTOS, 2004). Resíduos podem representar perda de biomassa e de nutrientes, além de aumentar o potencial poluidor associado à disposição inadequada que, além da poluição de solos e de corpos hídricos quando da lixiviação de compostos, acarreta problemas de saúde pública (Rosa, 2009).

Por outro lado, o elevado custo associado ao tratamento, ao transporte e à disposição final dos resíduos gerados tem efeito direto sobre o preço do produto final. Atenção especial tem sido voltada à minimização ou reuso de resíduos e ao estabelecimento de novos usos de produtos e subprodutos agropecuários em substituição aos recursos não renováveis (Gasques, 2011).

Em razão disso, a química verde, química limpa, química ambientalmente benigna, ou química autossustentável já é realidade, especialmente em países com indústria química bastante desenvolvida e que apresentam controle rigoroso na emissão de poluentes. Um bom exemplo é a adoção crescente do conceito de biorrefinaria, cuja lógica é análoga às refinarias de petróleo e integra processos visando à valorização total da matéria-prima (Leistriz *et al.*, 2007).

4.6.2. Noções Centrais Sobre o Aproveitamento de Resíduos de Frutos

O interesse pela produção, comercialização e consumo de produtos oriundos do processamento de frutas e vegetais, nos últimos anos, tem crescido bastante no mundo. Isso se deve principalmente devido ao reconhecimento científico cada vez maior das propriedades sensoriais, nutricionais e terapêuticas desses produtos (Rufino *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2011).

Em muitos casos, essas matérias-primas não são consumidas *in natura*, mas primeiramente são processadas por tecnologias industriais para produzir subprodutos ou ainda para separar outros constituintes dos tecidos vegetais (Vignoli *et al.*, 2010).

A massa de subprodutos obtidos a partir do processamento dessas matérias-primas é bastante diversificada, e seu valor econômico, muitas vezes, pode ultrapassar os valores do produto original (Miljkovic & Bignami, 2002).

A economia gerada pelo processamento de produtos de origem vegetal como frutas e vegetais pode ser incrementada com o desenvolvimento de novos

produtos e pesquisas de compostos bioativos presentes. Os resíduos gerados por esse processamento podem se enquadrar nesse contexto, pois, por exemplo, inúmeras patentes foram publicadas a partir da pesquisa de matérias-primas e resíduos de produtos do extrativismo vegetal (Andrews & Andrews 2008; Garrity *et al.*, 2008; Miljkovic & Bignami, 2002).

A preocupação com o meio ambiente leva à viabilização de projetos que levam à sustentabilidade do sistema de produção industrial. A indústria de alimentos produz uma série de resíduos com alto valor de (re) utilização. Inúmeros estudos utilizando resíduos industriais do processamento de alimentos têm sido realizados com objetivo de aproveitamento destes. Com isso, minimiza-se o impacto ambiental destes tipos de indústrias na região onde estão situadas e ainda agrega-se valor aos produtos do mercado (Garrity, 2008).

4.7. Aproveitamento de Resíduos de Frutos na Amazônia e Demais Mercados Nacionais

4.7.1. Cítricos

O Brasil é um dos maiores produtores e o maior exportador de sucos cítricos (Luzia & Jorge, 2009). O país detém 30% da produção mundial de laranja e 59% de suco de laranja. O sistema agroindustrial citrícola movimenta R\$ 9 bilhões por ano e gera mais de 400 mil empregos diretos e indiretos. Com o crescimento da competitividade internacional as inovações em pesquisa, tecnologia e logística estão na base da eficiência e liderança do Brasil tanto na atividade produtiva e industrial (Yamanaka, 2005; Jank & Neves, 2006).

A industrialização de citros para a produção de sucos gera grandes quantidades de resíduos, que equivale a 50% do peso da fruta e tem uma umidade aproximada de 82% (ABECITRUS, 2008).

A polpa cítrica é o principal produto da indústria citrícola utilizado na alimentação de ruminantes, como ingrediente de alta densidade energética para animais em crescimento e lactação e tem pouco ou nenhum efeito negativo na fermentação ruminal, quando comparados a alimentos ricos em amido. Este ingrediente é geralmente utilizado na forma peletizado e consiste principalmente de polpa, casca e semente de laranja (Bampidis & Robinson, 2006).

A polpa cítrica peletizada consolidou-se e vem conquistando, pela qualidade nutricional, devido o alto valor energético (13% inferior ao do milho, segundo o NRC, 1996), com peculiaridades de fermentação, que a colocou como produto intermediário entre volumoso e concentrado (Fegeros *et al.*, 1995). A polpa cítrica é rica em açúcares (25% na MS), fornecendo energia rapidamente disponível aos microrganismos ruminais, teor de amido reduzido, teor médio de fibra em detergente neutro (FDN) altamente digestível, e possuindo ainda na sua composição, principalmente pectina (Nocek & Tamminga, 1991).

O volume de perdas pós-colheita é bastante considerável, o que evidencia claramente a importância e a necessidade da ampliação e busca de novos conhecimentos relativos ao aproveitamento destas frutas, onde a consequente minimização das perdas, pelo emprego de técnicas adequadas, trará benefícios de grande valia a todos os segmentos da cadeia produtiva (Chitarra, 2005).

Uma das formas de utilização da polpa cítrica é como aditivo na produção de silagens de capins tropicais, melhorando o processo de fermentação. As gramíneas tropicais são pobres em carboidratos enquanto a polpa é excelente neste aspecto; além de aumentar o teor de matéria seca da silagem, beneficia o processo de fermentação e diminui as perdas; o seu fornecimento reduz a quantidade necessária de grãos, já que, com a polpa, os animais estão recebendo grande parte da energia de que precisam. Mas, por ser um alimento com baixo teor de proteína e minerais, se faz necessário um balanceamento da alimentação do rebanho (EMBRAPA, 2008).

Apesar de se obter silagens de boa qualidade, o bagaço de laranja não pode ser considerado como um material adequado ao processo de ensilagem devido ao baixo teor de matéria seca. A grande quantidade de umidade promove perdas significativas de nutrientes e encarecimento do transporte (Ítavo *et al.*, 2000).

Outra alternativa bastante rentável para os resíduos da laranja é a extração de óleos essenciais. Os óleos essenciais são óleos voláteis que são retirados das cascas das frutas cítricas e têm aplicações variadas nas indústrias farmacêutica e alimentícia. O d-limoneno é uma fração oleosa, sendo considerada uma das fontes mais puras de terpeno monocíclico (Corazza *et al.*, 2001). O óleo de sementes de citros é composto basicamente por triacilgliceróis e, em menor quantidade, por ácidos graxos livres, hidrocarbonetos, esteróis e

matéria não-gordurosa como limonina e naringina. Estes óleos podem apresentar compostos com atividade biológica, como limonóides e seus glicosídeos, que causaram a inibição de tumores cancerígenos induzidos em ratos, camundongos e ramsters (Reda *et al.*, 2005).

O farelo de polpa cítrica ou farelo de casca de laranja é outro subproduto de grande importância. Este farelo é obtido por meio do tratamento de resíduos sólidos e líquidos remanescentes da extração do suco. O farelo de polpa cítrica peletizado é utilizado como complemento de ração animal na pecuária, tendo boa aceitação como insumo na ração de bovinos (Corazza *et al.*, 2001). O uso de resíduos industriais de frutos cítricos na dieta animal evidencia a importância das fibras na manutenção da motilidade ruminal e no estímulo à ruminação. No entanto, esta fibra deve estar na forma adequada. É enfatizado que o uso de fibras na alimentação humana tem sido correlacionado com a prevenção de muitas doenças (Mendonça *et al.*, 2006).

O bagaço de laranja com alto teor de umidade não é um material adequado para se conservar na forma de silagem, entretanto, as empresas têm utilizado hidróxido ou óxido de cálcio para facilitar o desprendimento da água, gerando com isso, bagaço de laranja com maior teor de matéria seca, o que provavelmente deve facilitar a sua conservação na forma de silagem (Pinto, 2007).

O bagaço de laranja produzido em diferentes locais pode variar consideravelmente quanto à composição química e valor nutritivo (Branco *et al.*, 1994). As diferenças nos processos de desidratação, fontes e variedades das frutas, e o tipo de operação pelo qual o resíduo da fruta é obtido, podem resultar em variações no conteúdo de nutrientes do subproduto final, além da extração ou não dos óleos essenciais (Ammerman & Henry, 1993).

Quanto aos óleos essenciais, os mesmos são produtos voláteis que se originam do metabolismo secundário de plantas aromáticas. Podem ser encontrados em todo tecido vivo de plantas, geralmente concentrados nas cascas, folhas, caules, raízes, flores, rizoma e nas sementes (Gomes *et al.*, 2010). O óleo essencial de cítricos é uma mistura de hidrocarbonetos do grupo de terpenos, sesquiterpenos, compostos oxigenados, como aldeídos, cetonas, ácidos, ésteres, éteres, fenóis, lactonas e pequenas quantidades de parafinas e ceras (Araújo, 1999). Nos óleos essenciais, mesmo quando apresentam um

componente majoritário, não necessariamente será o único responsável pelo seu aroma; é o caso dos óleos essenciais de cítricos, nos quais os terpenóides oxigenados contribuem com maior intensidade no aroma mesmo sendo o D-limoneno o componente majoritário (Santos; 2003). As frutas cítricas como laranja, limão, lima, tangerina possuem alta concentração de óleo essencial. Os óleos essenciais de cítricos são encontrados em glândulas localizadas na superfície da casca da fruta e podem ser removidos por diferentes métodos de extração. Os métodos mais comuns são hidrodestilação ou destilação por arraste de vapor, extração por solvente, prensagem a frio e extração supercrítica (Araújo, 1999; Santos *et al.*, 2003; Figueiredo, 2010).

As sementes de citros, habitualmente são consideradas resíduos agroindustriais, muitas vezes são utilizados como ração animal ou fertilizante, porém o custo de secagem e transporte para esse fim é um fator economicamente limitante, (Kobori; Jorge, 2005). Estes poderiam ter outras utilidades, pois grande parte do resíduo sólido das sementes de citros é uma fonte inexplorada de óleo não volátil que pode alcançar 55% de rendimento (Fernandes *et al.*, 2002). Apesar de o Brasil ter uma grande produção de laranjas, existem poucos estudos sobre seus subprodutos e o aproveitamento destes resíduos (Bortoluzzi; Marangoni, 2006).

Atualmente existe crescente demanda por antioxidantes naturais e inúmeras investigações científicas especialmente entre os frutos, mas apenas alguns deles envolvem resíduos de frutos, sementes e cascas. Esforços têm sido feitos para melhorar os métodos para utilização destes resíduos. A concorrência entre os antioxidantes naturais e sintéticos, em termos de consumo, aceitação, as necessidades legais de acesso ao mercado, a toxicidade e estabilidade térmica, além do melhor método de extração, são os problemas da não utilização adequada dos resíduos até o momento (Duda-Chodak & Tarko, 2007)

4.7.2. Uva

O Brasil cultiva basicamente duas espécies de uva, a *Vitis vinifera*, destinada para a elaboração de vinhos e outros produtos finos, sendo assim mais valorizados, pois possuem um custo elevado, visto que sua produção requer maiores cuidados e gastos, já que apresentam baixa resistência às principais

doenças da cultura. A outra cultivar é a *Vitis labrusca*, que corresponde com cerca de 80% da produção, devido a sua rusticidade e alta produção de mosto que leva ao menor custo de produção, destinada para produção de vinhos de mesa, sucos e derivados e para o consumo in natura (Camargo *et al.*, 2007; Sautter, 2003).

A uva é composta basicamente de açúcares, ácidos, pectinas, gomas, compostos aromáticos e compostos fenólicos. Durante a maturação, há uma evolução de alguns destes constituintes, dentre eles: açúcares, ácidos, compostos fenólicos, vitaminas, minerais, ocorrendo então crescimento da baga da uva, acumulação de açúcares, formação de taninos, diminuição de ácidos e conseqüentemente formação de aromas (Peixoto, 2000).

Vários efeitos benéficos à saúde têm sido atribuídos aos compostos fenólicos presentes nas frutas, vegetais, chás e vinhos. As uvas são consideradas uma das maiores fontes de compostos fenólicos quando comparadas a outras frutas e vegetais (Abe *et al.*, 2007; Vedana, 2008).

A uva é utilizada na indústria alimentícia na elaboração de vinhos, sucos, geléias e uva passas, gerando muito resíduo, que normalmente não é aproveitado como deveria, evitando assim a agregação de valor a um produto com grande potencial de utilização. Os resíduos sólidos da uva industrializada que podem ter interesse econômico, são o bagaço, sementes, engaço, borras, grainhas, folhetos, sarro, além do material filtrado dos líquidos, dentre outros (Ferrari, 2010).

O bagaço de uva industrial obtido é composto pela semente, casca e engaço e os restos da polpa da uva, sendo o resultado do esmagamento do grão através de um processo de separação do suco ou mosto. Este resíduo contém compostos que permanecem, mesmo depois da elaboração do suco, como antioxidantes, corantes, e outros compostos com atividades potencialmente funcionais, evidenciando o seu alto potencial para elaboração de subprodutos destinados ao consumo humano ou animal, agregando assim um alto valor a uma matéria-prima que geralmente não possui um aproveitamento máximo, sendo utilizado basicamente como adubo (Campos, 2005; Ferrari, 2010; Silva, 2003).

O engaço é formado pela armação do cacho da uva que suporta o fruto. Contém grande concentração de tanino, que se mastigado possui um sabor

áspero e adstringente. É conveniente que o tanino não se incorpore ao vinho, devendo desengajar a uva antes de ser bombeada às tinas de fermentação. O engaço representa de 3% a 7% do peso total do cacho. (IBRAVIN, 2005; Cataluña, 1991).

O bagaço é constituído pela película, as sementes e os restos da polpa da uva, sendo o resultado do esmagamento do grão através de um processo de separação do suco ou mosto. Em condições normais, o bagaço equivale a 15% do peso do grão (IBRAVIN, 2005; Cataluña, 1991).

Outros resíduos sólidos são as borras e o sarro. A borra se origina no fundo das pipas, é denso e proveniente dos processos de depuração do vinho armazenado. Já o sarro ou tartaro é sólido e se deposita nas paredes dos recipientes (pipas) usados para envelhecer o vinho. Os resíduos líquidos resultam das lavagens e dos derramamentos de matéria-prima. Estes devem ser tratados, através do tratamento de efluentes nas cantinas (IBRAVIN, 2005).

A área dos subprodutos apresenta um desenvolvimento econômico cada vez maior, representando uma mais-valia para as empresas do setor, bem como benefícios ambientais que lhes estão inerentes. Os subprodutos da vinificação são apresentados como sendo: o bagaço (constituído por engaços, folhelho e grainha), as borras e os sarros. Cada um deles tem diversas utilizações. A partir do bagaço extrai-se álcool (aguardente e álcool etílico) ácido tartárico, corantes antociânicos, podendo também ser usado como fertilizante. O engaço tem um aproveitamento bastante limitado. Pode utilizar-se como matéria-prima da indústria do papel, obtenção de proteína e combustível. O folhelho é utilizado na alimentação animal, combustível, extração de pigmentos naturais e adubo orgânico. A grainha aproveita-se para extração de óleos, taninos e combustível, podendo ser incorporada nos adubos e rações. As borras representam um dos subprodutos mais valiosos, destacando-se o aproveitamento ao nível da recuperação do ácido tartárico, álcool, substâncias corantes e incorporação no solo como fertilizante orgânico. O aproveitamento dos sarros restringe-se essencialmente à recuperação do ácido tartárico (SILVA, 2003).

4.8. O Uso da Biotecnologia e Tecnologia Verde no Aproveitamento de Resíduos

4.8.1. PLE

A extração com líquido pressurizado (PLE - *pressurized liquid extraction*) baseia-se na utilização de solventes orgânicos os quais são submetidos à alta temperatura e pressão a fim de extrair determinados compostos de matrizes sólidas ou semi-sólidas em um curto tempo e com a utilização de pequena quantidade de solvente (Cavalcante, 2013).

A principal vantagem deste método de extração consiste na utilização de temperaturas acima do ponto de ebulição (80 a 200 °C) dos solventes os quais são pressurizados normalmente a 10,4 MPa (1500 psi) de forma a serem mantidos no estado líquido (Cavalcante, 2013).

Os altos valores de temperatura aumentam a solubilidade, taxa de difusão e transferência de massa enquanto os valores de viscosidade e tensão superficial do solvente são menores do que aqueles à temperatura ambiente. Além disso, à alta temperatura a energia de ativação de dessorção é superada mais facilmente e as cinéticas de dessorção e solubilização são mais favoráveis (Huie, 2002).

Em adição, este método de extração, assim como a tecnologia supercrítica, utiliza ambiente livre de oxigênio e luz o que tem promovido sua ampla utilização na extração de compostos nutracêuticos (Stalikas, 2007).

Além dos solventes comumente utilizados nos processos PLE como metanol, etanol, isopropanol, acetona, hexano, éter dietílico, a água tem sido cada vez mais utilizada na extração de compostos fenólicos, como ácidos fenólicos e flavonóides, devido a sua alta polaridade, constante dielétrica e capacidade de entumescimento (Ong *et al.*, 2006; Herrero *et al.*, 2006). Extração com água pressurizada normalmente utiliza temperaturas acima do seu ponto de ebulição normal e, por esta razão, é mais conhecida como extração com água quente pressurizada (PHWE - *pressurized hot water extraction*) ou extração com água subcrítica (SWE - *subcritical water extraction*) (Ong *et al.*, 2006; Herrero *et al.*, 2006).

A água pressurizada apresenta variação significativa de sua polaridade com a temperatura. Aumento da temperatura acarreta em diminuição da polaridade aparente da água. Dessa maneira, para a extração de compostos relativamente polares, bons rendimentos podem ser obtidos em torno de 100 °C enquanto que para compostos menos polares temperaturas acima de 200 °C devem ser utilizadas (Herrero *et al.*, 2006).

4.8.2 SFE

Um componente puro é considerado um fluido supercrítico (SF – *Supercritical Fluid*) quando sua temperatura e pressão são maiores que seus valores críticos, T_c e P_c , respectivamente (Brunner, 2005). A temperatura crítica é definida como a mais alta temperatura na qual um gás pode ser convertido em líquido, devido a um aumento de pressão. A pressão crítica consiste na mais alta pressão na qual um líquido pode ser convertido em um gás, devido a um aumento de temperatura. Essas propriedades caracterizam o ponto crítico (PC) (Figura 12).

Acima desse ponto existe a região supercrítica na qual o composto apresenta-se como um fluido de uma única fase, não condensável, exibindo algumas propriedades físico-químicas típicas de gases e outras típicas de líquidos (Brunner, 1994; Luque de Castro *et al.*, 1994; Taylor, 1996).

A extração com fluido supercrítico (SFE – *supercritical fluid extraction*) apresenta vantagens consideráveis comparada com os métodos convencionais de extração. Além do solvente poder ser facilmente removido do soluto através da redução da pressão e/ou ajuste da temperatura, apresenta menor requerimento energético quando comparado à destilação e possibilita uma rápida extração devido à baixa viscosidade, alta difusividade e adequado poder de solvatação do fluido supercrítico. Incluso, tem-se que a extração com fluido supercrítico requer o uso de pouco ou nenhum solvente orgânico, apresentando-se, portanto, como uma tecnologia segura e ecologicamente correta, uma vez que, industrialmente, o dióxido de carbono é recirculado no sistema (Vasconcellos, 2007).

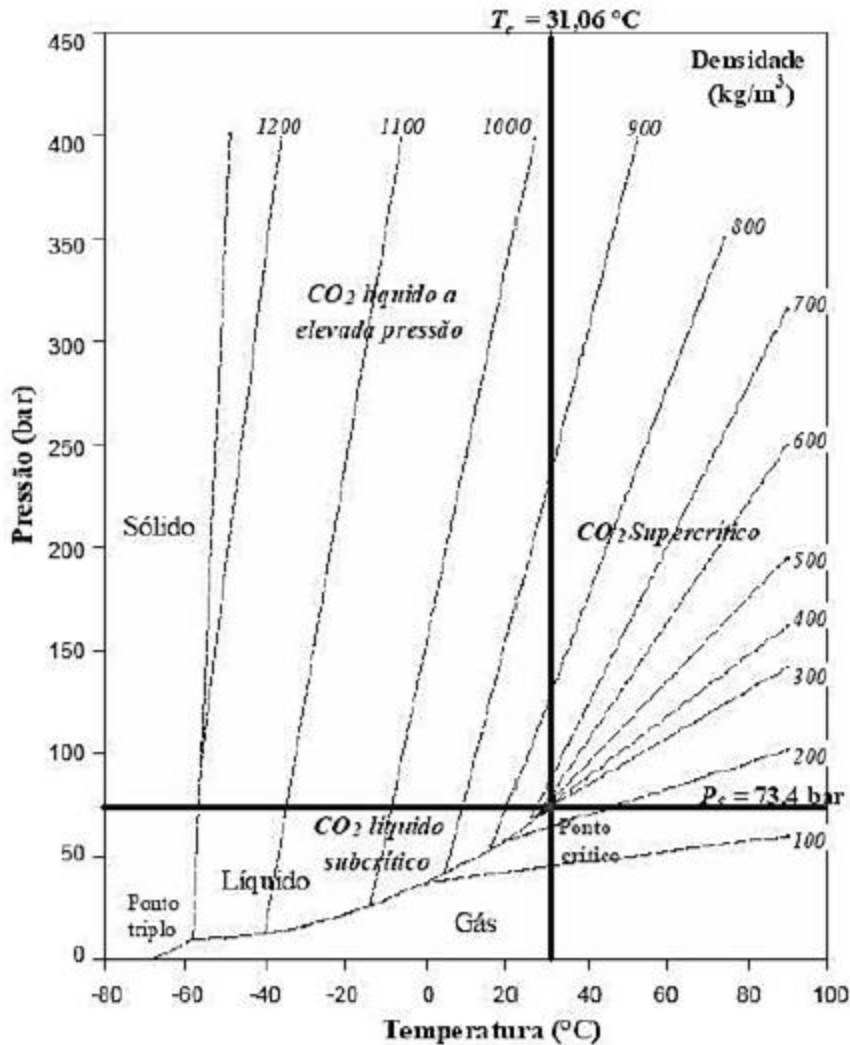


Figura 12. Diagrama de fases para o dióxido de carbono.
 Fonte: Brunner, 2005.

4.8.3 Aplicação de PLE e SFE no Contexto da Tecnologia Verde de Extração

O desenvolvimento de procedimentos de extração que possibilitem a utilização de solventes menos agressivos ao meio ambiente e que sejam usados em menor quantidade tem sido proposto como uma alternativa para o desenvolvimento da chamada —química verde (Herrero *et al.*, 2010; Rodriguez-Rojo *et al.*, 2012).

Para tanto, os procedimentos convencionais vem sendo substituídos ou modificados de acordo com o surgimento de procedimentos alternativos, tais

como a extração assistida por micro-ondas (MAE) (Japón-Luján *et al.*, 2006b), extração com fluido supercrítico (SFE), extração com fluido pressurizado (PLE) (Herrero *et al.*, 2010; Xynos *et al.*, 2012) e extração assistida por ultrassom (US) (Japón-Luján *et al.*, 2006a).

A SFE e PLE são consideradas tecnologias —verdes de extração, pois normalmente empregam solventes como CO₂, etanol e água, classificados como —GRAS. As metodologias que empregam a PLE e a MAE são capazes de diminuir os tempos de extração devido às altas temperaturas, que diminuem a tensão superficial e a viscosidade do solvente, o que acelera a solubilização dos analitos nessa fase (Japón-Luján *et al.*, 2006a).

Consequentemente tem-se um aumento da eficiência da extração (Taamalli *et al.*, 2012). Já a tecnologia que emprega a SFE tem como vantagens a alta seletividade por analitos apolares, a automação do processo e a redução do volume de resíduos orgânicos gerados.

Além disso, a técnica permite que mudanças operacionais sejam realizadas durante as extrações, facilitando a recuperação de compostos específicos (Xynos *et al.*, 2012). A técnica empregando US tem a vantagem de diminuir os tempos de extração dos analitos principalmente devido aos efeitos físicos e químicos provocados pelo fenômeno de cavitação, que acelera as reações (Soria & Villamiel, 2010).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta desta tese é a defesa no formato de artigos. Os artigos aceitos, submetidos, finalizados para submissão ou em produção estão em anexo.

Aqui se fará um resumo das principais técnicas trabalhadas em cada um dos artigos.

5.1. Dosagem de Fenólicos Totais

Os extratos hidroalcoólicos da primeira fase do projeto (Anexo 1) e da segunda fase do projeto (Anexo 2 e Anexo 3) foram submetidos a esta análise. A concentração de fenóis totais quantificou-se pelo método descrito por Singleton & Rossi (1965) com algumas modificações. Inicialmente 10µL dos extratos (1mg/mL) mais 50µL da solução Folin-Ciocalteu (1:10) foram adicionados nas microplacas e incubou-se, o mesmo, por 8 minutos, logo após foi adicionado o carbonato de sódio a 0,4% e novamente foi incubado por 3 minutos. Em seguida, fez-se a mensuração da absorbância em 620 nm. O padrão utilizado foi o ácido gálico.

$$\text{Fenóis totais} = \frac{\text{Abs amostra} \times 100}{\text{Abs padrão}}$$

5.2. Dosagem de Flavonóides Totais

Os extratos hidroalcoólicos da primeira fase do projeto (Anexo 1) e da segunda fase do projeto (Anexo 2 e Anexo 3) foram submetidos a esta análise. A quantificação de flavonóides totais foi mediante o método descrito por Zhishen, Mengcheng, and Jianming (1999) com modificações. Inicialmente adicionou-se 30µL do extrato (1mg/mL), 90µL de etanol, 6µL de cloreto de alumínio 10% e 6µL de acetato de potássio na microplaca. Em seguida as amostras adicionadas foram incubadas por 30 minutos. Em seguida fez-se a leitura no comprimento de onda 510 nm. O padrão utilizado foi quercetina.

$$\text{Flavonóides totais} = \frac{\text{Abs amostra} \times 100}{\text{Abs padrão}}$$

5.3. Varredura de radicais livres

Os extratos hidroalcoólicos da primeira fase do projeto (Anexo 1) e da segunda fase do projeto (Anexo 2 e Anexo 3) foram submetidos à avaliação de suas atividades antioxidantes. Para tanto se utilizou os métodos de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) e ABTS•+ (2,2'-azinobis (3-etilfenil-tiazolina-6-sulfonato).

a) Ensaio qualitativo da atividade antioxidante (DPPH)

Foi realizado teste de atividade antioxidante qualitativo por meio da capacidade sequestrante do radical estável DPPH em soluções com solvente metanol, por trinta segundos. Cerca de 5 µL de extrato bruto, fração alcaloídica e também do padrão quercetina foram aplicadas sobre uma cromatoplaça de sílica gel na concentração de 1 g/mL em temperatura ambiente. Depois da evaporação do solvente, nebulizou-se a placa com solução em metanol de DPPH a 0,3 mM/mL. A atividade antioxidante foi observada pela presença de manchas amarelas ou brancas decorrentes da redução do DPPH, contra a coloração púrpura de fundo (SOLER-RIVAS *et al.*, 2000). O esquema do ensaio qualitativo DPPH, pode ser observado na figura 33.

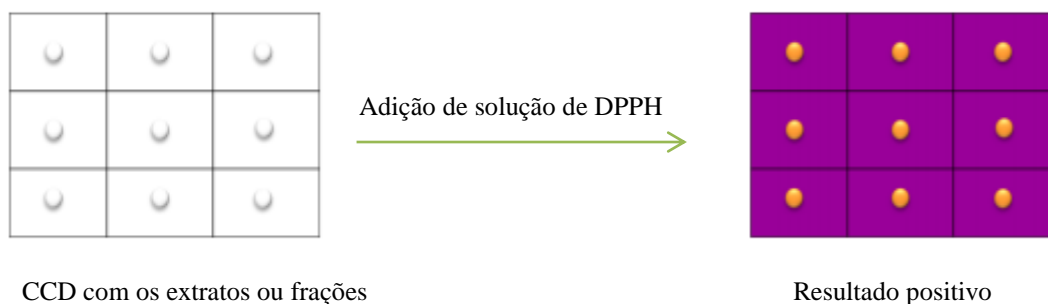


Figura 13- Esquema do ensaio qualitativo de DPPH

b) Ensaio quantitativo da atividade antioxidante DPPH·

A atividade antioxidante quantitativa foi avaliada por meio da capacidade sequestrante do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH·), utilizando o flavonoide quercetina como padrão antioxidante, expressos como valores de concentração eficiente (CE₅₀). Os extratos foram solubilizados em dimetilsulfóxido (DMSO) e preparados em diferentes concentrações (100; 50; 25; 12,5; 6,25; 3,125; 1,56; 0,78 µg/mL). Em uma microplaca de 96 poços, adicionou-se 30 µL dos extratos e do padrão (em triplicata) em diferentes concentrações e, em seguida, adicionou-se 270 µL da solução de DPPH (0,8 mmol/L) em cada poço.

As leituras das absorbâncias das amostras foram realizadas após 30 minutos da adição da solução de DPPH, em espectrofotômetro de UV/VIS Beckman Couter DXT 800 a 517 nm. Por meio dos valores obtidos das leituras das absorbâncias e por regressão linear foram obtidos os valores de CE₅₀ (MENSOR, 2001).

c) Ensaio quantitativo do cátion radical ABTS^{•+}

O método é baseado na redução do cátion radical 2,2'-azinobis (3-etilfenil-tiazolina-6- sulfonato) utilizando TROLOX[®] como antioxidante padrão. Os extratos foram solubilizados em dimetilsulfóxido (DMSO) e na concentração de 100 µg/mL foram adicionados 30 µL de cada extrato (em triplicata) em uma microplaca de 96 poços. Em seguida adicionou-se 270 µL da solução do padrão (0,8 mmol/L). As leituras das absorbâncias das amostras foram realizadas após 30 minutos da adição da solução padrão em espectrofotômetro de UV/VIS Beckman Couter DXT 800 a 715 nm (RE *et al.*, 1998).

5.4. Teste anti-enzimático

O teste foi aplicado aos extratos hidroalcoólicos da primeira fase do projeto (Anexo 1). O teste para inibição da lipase foi realizado segundo a metodologia Slanc et al. (2009) adaptado. Para o teste de α -amilase utilizou-se metodologia de Subramaniam *et al.* (2008) adaptado. A atividade inibitória de α -glucosidase foi baseado na metodologia de Andrade-Cetto et al (2008).

5.5. Extração via líquido pressurizado (PLE)

Esta extração foi aplicada aos extratos de sementes de açaí de *Euterpe precatoria* e sementes de piquiá (*Caryocar villosum*). O método de extração será descrito sucintamente abaixo, no entanto o planejamento experimental está descrito nos anexos 2 e anexo 3.

A extração com líquido pressurizado foi realizada na unidade de extração descrita por Rodrigues *et al* (2013) conforme demonstra a figura 1. Neste esquema o solvente é bombeado por uma bomba tipo HPLC (Thermoste Separation Products, Modelo 3200 ConstaMetric P/F, Fremon, EUA) para o interior da célula de extração (Thar Designs, CL 1373, Pittsburg, USA) de 6,3 cm³, 2,00 cm de diâmetro interno e 2,00 cm de altura (distância entre os filtros) que é acoplada em uma camisa de aquecimento elétrico, que mantém a célula de extração na temperatura de operação. Após a célula de extração, uma válvula de bloqueio e uma válvula micrométrica estão localizadas com o objetivo de controlar a pressão do sistema.

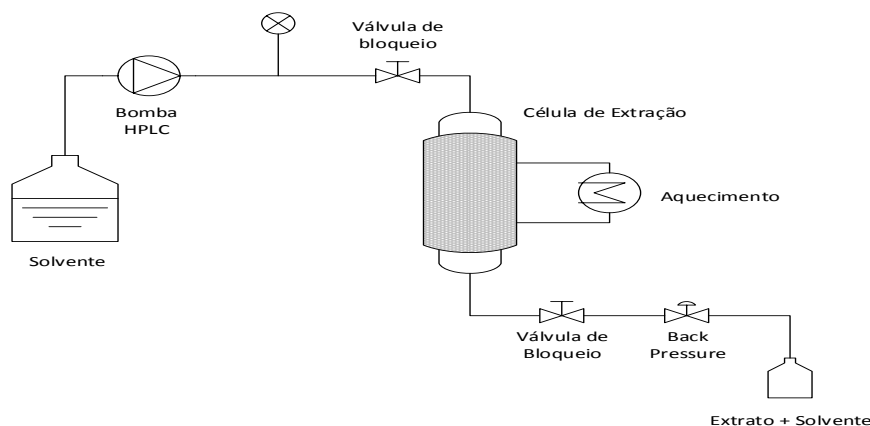


Figura 14 – Equipamento de extração com líquido pressurizado

Em cada experimento foi utilizado aproximadamente 5 g de amostra. A fim de prevenir o entupimento da linha localizada na saída do extrator, lã de vidro foi colocada nas extremidades da célula do leito. O solvente utilizado nos ensaios de extração foi etanol.

A célula de extração contendo a amostra, foi acoplada à camisa de aquecimento. Durante 5 minutos, a célula de extração foi aquecida para garantir que a amostra estivesse à temperatura de operação durante os procedimentos e de pressurização do sistema.

Após a pressurização do sistema, até a pressão de operação, iniciou-se o período de extração estática que consiste em manter constante a pressão e temperatura de operação sem fluxo de solvente e esta etapa teve uma duração de 10 minutos. Após o período de extração estática, iniciou-se o processo de extração contínua, onde existe fluxo de solvente que é mantido constante ao longo do processo de extração. A extração finalizava quando uma razão de massa de solvente/ massa de matéria-prima (S/F) previamente definida era atingida.

Os extratos foram coletados em frascos de vidro, previamente tarados e estes extratos foram evaporados em rotaevaporador (Marconi, modelo MA120/TH, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a vácuo (Marconi, modelo MA057/1, Piracicaba, São Paulo, Brasil) e banho termostático a temperatura de 40 °C. Os extratos secos foram armazenados a -10 °C até a realização das análises.

As extrações do extrato etanólico de semente de piquiá foram realizadas nas temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C, combinadas, cada uma, com as pressões de 20 bar, 40 bar, 60 bar, 80 bar e 100 bar.

As extrações do extrato etanólico de semente de açaí foram realizadas nas temperaturas de 40°C, 50°C e 60°C, combinadas, cada uma, com as pressões de 20 bar, 40 bar e 60 bar. A análise estatística do experimento está nos anexos 2 e 3.

6. RESULTADO E DISCUSSÃO

Aqui se fará um resumo dos resultados e produtos obtidos neste projeto de doutoramento. A discussão mais profunda será observada nos anexos indicados.

Os resultados obtidos na primeira fase deste projeto encontram-se no Anexo 1, artigo este em fase de submissão para a revista PLOS ONE. Os extratos hidroalcoólicos dos resíduos e/ou subpartes dos frutos analisados na primeira fase deste projeto apresentaram concentração de fenólicos e flavonoides variando de 2.27 - 466.59 mg GAE/g MS e 0.98 - 357.71 mg CE/g MS, respectivamente. Neste contexto, resultados promissores foram observados nas sementes de açaí da espécie *Euterpe oleracea* e também *Euterpe precatoria*, além da polpa e casca de piquiá (*Caryocar villosum*). Os ensaios antioxidantes de DPPH e ABTS variaram de 8.52 - 156.88 $\mu\text{m}/\text{mL}$ e 4.43 - 192.49 $\mu\text{m}/\text{mL}$, respectivamente. Importantes resultados de atividade antioxidante foram observados, novamente, na polpa e casca de piquiá e sementes de açaí. As cascas das frutas, no geral, se apresentaram como boa alternativa para a inibição de enzimas digestivas, apresentando resultados promissores, em alguns casos com inibição acima de 60%. Os resultados sugerem que a obtenção de extratos de resíduos e/ou subpartes de frutíferas amazônicas é um interessante campo de pesquisa e que apresenta importante potencial para a área biotecnológica.

Os resultados obtidos na segunda fase deste projeto encontram-se no Anexo 2, que trata da extração de compostos bioativos de sementes de açaí da espécie *Euterpe precatoria* via química verde (artigo já submetido a Revista Food Research International), mais especificamente, extração por líquido pressurizado e no Anexo 3, que trata da extração de compostos bioativos de sementes de piquiá (*Caryocar villosum*) via química verde (extração por líquido pressurizado), artigo este já submetido a revista Journal of Agricultural and Food Chemistry. Os extratos de semente de açaí (*Caryocar villosum*) apresentaram conteúdo fenólico e flavonódico variando entre 232.70-323.88 mg GAE/g MS and 134.62-158.48 mg CE/g MS, respectivamente. Os ensaios antioxidantes de DPPH e ABTS apresentaram variação entre 8.01-10.37 $\mu\text{m}/\text{mL}$ para DPPH e 5,97-8,41 $\mu\text{m}/\text{mL}$

para ABTS. Os extratos de semente de piquiá (*Caryocar villosum*) apresentaram conteúdo fenólico e flavonólico variando entre 112.09 - 237.55 mg GAE/ g MS and 47.11 - 120.22 mg CE/ g MS, respectivamente. Os ensaios antioxidantes de DPPH e ABTS apresentaram variação entre 11.04 - 33.43 µm/mL para DPPH e 9.19 to 28.28 µm/mL para ABTS. Foi observada positiva correlação das atividades antioxidante das sementes de piquiá e açaí em determinadas condições de temperatura e pressão, quando comparada com a atividade antioxidante da amostra padrão, indicando a potencialidade desta matéria-prima.

O anexo 4 trata da investigação inorgânica via técnica de Raios-X (EDRFX) sob as amostras estudadas na primeira fase deste projeto, artigo este ainda em etapa de finalização para a submissão a revista *Journal of Food Composition and Analysis*.

Os resultados em relação a extração via fluido supercrítico para as sementes de açaí (*Euterpe precatoria*) e piquiá (*Caryocar villosum*), além de casca de abiu (*Pouteria caimito*) estão sendo feitos em parceria com o laboratório de extração supercrítica, localizado na Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP. As análises ainda estão sob realização, mas os resultados preliminares estão no Anexo 5.

Os anexos 6 e 7, respectivamente, tratam de dois artigos de revisão já aceitos, um em relação ao fruto açaí (*Euterpe oleracea/Euterpe precatoria* "in press") e outro em relação ao fruto bacuri (*Plantonía insignis* "on line").

7. CONCLUSÃO

A Amazônia apresenta forte potencial para o setor de fruticultura e seus resíduos. Este potencial ainda apresenta grande potencial para o estudo da composição físico-química, biológica e tecnológica.

Os estudos existentes já denotam sobre essa interessante condição, mas são poucos, principalmente em relação aos resíduos e subpartes destas frutíferas.

Este estudo teve o intuito de somar com a pesquisa do ecossistema amazônico, no contexto de suas matérias-primas e os resultados obtidos mostram que há potencial nos resíduos estudados, mas há necessidade de continuar e avançar nessa investigação.

Potencial fenólico, flavonóidico, antioxidante e anti-enzimático foram observados em algumas espécies, mostrando potencial biotecnológico. A composição inorgânica trouxe informações inéditas para muitas amostras aqui pesquisadas, além de demonstrar consonância com alguns estudos já existentes, principalmente para frutos como o açaí, acerola e graviola.

Conclusões mais intrínsecas a cada etapa deste projeto de doutoramento encontram-se nos Anexos já citados.

8. REFERÊNCIAS

ACSM – American College of Sports Medicine. Position stand on exercise and fluid replacement. Med Sci. Spots Exerc., 28-12, I-x, 2007.

ANDRADE, P.F.S. Análise da conjuntura agropecuária – Safra 2011/2012. Secretaria da agricultura e do abastecimento. Paraná, 2012.

Andrews, D., & Andrews, K. (2008). Nutraceutical Moringa composition. USA. Patent No. US 2006/0222682 A1. Published In: Google Patents.

ANDRIGUETO, J. R. Desenvolvimento e conquistas da produção integrada de frutas no Brasil. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Meio Ambiente. Formação de inspetores para atuação no Brasil de acordo com o Protocolo Europeu de Boas Práticas Agrícolas e Qualidade do Produto (EUREPGAP+BRC). Jaguariúna, 2004.

ANDRIGUETO, J.R.; KOSOSKI, A.R. Desenvolvimento e conquistas da Produção Integrada de Frutas no Brasil. Brasília. MAPA 2010.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2008. São Paulo: Ed. Gazeta, 2008. p. 136.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alegações de propriedade funcional aprovadas**. Disponível em: < <http://portal.anvisa.gov.br/> >. Acesso em 17 de janeiro de 2014.

ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS PROCESSADORAS DE FRUTOS TROPICAIS – ASTN. Produção Nacional de Polpas e Destino – estimativas e projeções baseadas na SECEX e empresas do Setor. Aracaju, 2003.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, M. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, 2006, p. 113-123.

BARRETO FILHO, M. D. Em nome do futuro. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 18-20, fev. 2000.

BATALHA, M. O. Sistemas agroindustriais: definição e correntes metodológicas. IN: BATALHA, M.O. et al. (Coord.) **Gestão agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 1997. v. 1. Cap. 1. p. 23-48.

Benzie, I. F. F. (2003). Evolution of dietary antioxidants. *Comparative Biochemistry and Physiology a – Molecular & Integrative Physiology*, 136, 113–126.

Berardini, N., Knödler, M., Schieber, A., Carle, R., 2005. Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6, 442–452.

BEZERRA, J. A. O futuro na beira do cais. **Globo Rural**, São Paulo, v.22, n. 256,p.38-51, fev.2007.

BLADES, Mabel. Functional foods or nutraceuticals. **Nutrition & Food Science**, v. 30, n. 2, p. 73-75, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balança comercial do agronegócio**. Safra 2003/2004. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br>> Acesso em: 01 fev. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: IICA. 2007. (Série agronegócios, 7). Disponível em:<http://www.ibraf.org.br/x_files/Documentos/Cadeia_Produtiva_de_Frutas_S%C3%A9rie_Agroneg%C3%B3cios_MAPA.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Agrícola e Pecuário**. Safra 2003/2004. Brasília, DF, 2003.

BRUNNER, G. **Gas extraction: an introduction to fundamentals of supercritical fluids and the application to separation processes**. 1st. Ed. Darmstadt: Steinkopff, New York: Springer, 1994. 387 p.

BRUNNER, G. Supercritical fluids: technology and application for food processing. **Journal of Food Engineering**, v. 67, 2005, p. 21-33.

BUAINAIN, A. M.; SOUZA, H. M. Política Agrícola no Brasil: evolução e principais instrumentos. In: BATALHA, M. O. (Coord.). *Gestão Agroindustrial*. São Paulo: Atlas, 2001.

BUAINAIN, A.N.; BATALHA, M.O. Cadeia produtiva de frutas. Brasília. MAPA/SPA, 2007.

BUENO, G.; BACCARIN, J.G. Participação das principais frutas brasileiras no comércio internacional: 1997 a 2008. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.2, p.424-434, 2012.

BUTTRISS, J. Is Britain ready for foshu? **Nutritional. Bulletin**, v. 25, p. 59 -161, 2000.

Cadenas, E., & Packer, L. (2002). *Handbook of antioxidants*. New York: Marcel Dekker.

Cao, G. H., & Prior, R. L. (1998). Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. *Clinical Chemistry*, 44, 1309–1315.

CARDOSO, C. D. L., SOUZA, J. da SILVA. Fruticultura tropical: perspectivas e tendências. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 31, n.1, p. 84-95, 2000.

CARVALHO, R. A.; HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. A. Extrativismo e plantio racional de cupuaçuzeiro no Sudeste Paraense: a transição inevitável. In: *ALAVANCAGEM do Mercoeste: projeto estratégico regional do SENAI: perfil*

competitivo do Estado de Rondônia. Brasília: SENAI, 2002. 183 p. (SENAI. Projeto Alavancagem do Mercoeste).

CATALUÑA, Ernesto Veses. **As uvas e os vinhos. 3.ed.** São Paulo: Globo, 1991. 215 p.

Chaves R, Araújo T, Andrade E, Cruciani F, Matsudo V. Efeito de diferentes soluções hidratantes na percepção subjetiva de esforço em atletas de futebol. Rev. Brasileira de Ciência e Movimento, 10 (4) Supl: Ed. Especial pág.91, 2002.

Chirinos, R., Rogez, H., Campos, D., Pedreschi, R., & Larondelle, Y. (2007). Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers. Separation and Purification Technology, 55, 217–225.

DANTAS, C.; MONTEIRO, M. Fruticultura: sim nós temos banana, limão, caju, manga, abacaxi, laranja, açaí, mamão...economia & desenvolvimento para os novos tempos, Rio de Janeiro: ABDE. Ano 31, n. 232, p. 26-31, mar./abr.2007.

Davis, J M Nutrition, neurotransmitters and central nervous system fatigue. In: Maughan, R.J. (ed.) Nutrition in Sport. Oxford: Blackwell science Ltd. pp. 171-183, 2000.

Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control.

FACHINELLO, J. C.; TIBOLA, C. S.; VICENZI, M.; PARISOTTO, E.; LUCIANO, P.; MATTOS, M. L. T. Produção Integrada de Pêssego: três anos de experiência da Região de Pelotas, RS. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, SP, v 23, 2003. Anais do V Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas.

FAO- Food and Agriculture Organization of United Nations. **Current situation and medium-term outlook for tropical fruits**, 2009.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United States**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 01 fev. 2014.

FERNANDES, M. S. Produção, exportação, geração de emprego e renda no setor frutícola brasileiro. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Fruticultura. Agenda de Trabalho 2005/2006. Brasília, 2005.

FLORES, M. X.; SILVA, J de. S. **Projeto Embrapa II**: do projeto de pesquisa ao desenvolvimento sócioeconômico no contexto do mercado. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1992.55 p. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 8).

FRAZÃO, D. A. C.; HOMMA, A. K. O. Fruticultura: uma alternativa sustentável para o agronegócio na Amazônia. In: FRAZÃO, D. A. C.; HOMMA, A. K. O.; VIEGAS, I. J. M. .Belém:EmbrapaAmazônia Oriental,2006.

Garrity, A., Morton, G., & Morton, J. (2008). Nutraceutical mangosteen composition. USA. Patent No. 6730333. Published In: Google Patents. Issuing Organization: DBC, LLC.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T. (março/2003). **Crescimento da Agricultura**. Boletim de Conjuntura, nº 60. Página visitada em 04 de janeiro de 2011.

GIADA, M. L. R.; MANCINI FILHO, J. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Publication UEPG Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 12, n. 4, 2006, p. 7-15.

GOLDBERG, R. A. **Agribusiness coordination**: a system approach to the wheat, soybean and Florida orange economies. Division of research. Graduate School of Business Administration. Boston: Harvard University, 1968.

GOLDBERG, Ray A.; KNOOP, Carin-Isabel; STROOCK, Laure Mougeot. Promise of Functional Foods. **Harvard Business School Cases**, p. 1-15, Dec. 2000.

Gorinstein, S., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Namiesnik, J., Vearasilp, S., Haruenkit, R., Ruamsuke, P., Katrich, E., & Tashma, Z. (this issue). Antioxidant properties and bioactive constituents of some rare exotic Thai fruits and comparison with conventional fruits. In vitro and in vivo studies. Food Research International.

GUNDUC, N.; EL, S. N. Assessing antioxidant activities of phenolic compounds of common Turkish food and drinks on *in vitro* low-density lipoprotein oxidation. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 8, 2003, p. 2591-2595.

HAJI, F. N. P.; COSTA, V. S. O.; LOPES, P. R. C.; MOREIRA, A. N.; SANTOS, V. C.; SANTOS, C. A.P.; ALENCAR, J. A.; BARBOSA, F. R. A Produção Integrada de Uvas Finas de Mesa, no Submédio do Vale do São Francisco. Petrolina, Embrapa Semi-Árido, 2003. Anais do V Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas.

HALLIWELL, B. Antioxidant characterization: methodology and mechanism. **Biochemical Pharmacology**, v. 49, 1995, p. 1341-1348.

Hargreaves, M. Carbohydrate replacement during exercise. In: Maughan, R.J. (ed.) Nutrition in Sport. 2000 Oxford: Blackwell science Ltd. pp. 112-111.

Hassimotto, N. M. A., Genovese, M. I., & Lajolo, F. M. (2005). Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 2928–2935.

HERRERO, M.; CIFUENTES, A.; IBAÑEZ, E. Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: plants, food-by-products, algae and microalgae, **Food Chemistry**, v. 98, 2006, p. 136–148.

HERRERO, M.; PLAZA, M.; CIFUENTES, A.; IBÁÑEZ, E. Green processes for the extraction of bioactives from Rosemary: Chemical and functional characterization via ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry and in-vitro assays. **Journal of Chromatography A**, v.1217, p. 2512–2520, 2010.

HOMMA, A. K. O. et al. Açaí: novos desafios e tendências. *Ciência&Desenvolvimento*, Belém, v.1, n.2,p. 7-24. jan./jun.2006.

HOMMA, A. K. O. et al. Manejando a planta e o homem: os bacurizeiros no nordeste paraense e da ilha de Marajó. *Ciência & Desenvolvimento*, Belém, v.2, n.4, p.119-158. jan./jun.2007.

HUIE, C. W. A review of modern sample-preparation techniques for the extraction and analysis of medicinal plants. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 373, 2002, p. 23-30.

IBGE – INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da extração vegetal e da silvicultura, volume 26, Brasil, 2011.

Idris, I., Donnelly, R., 2009. Sodium–glucose co-transporter-2 inhibitors: an emerging new class of oral antidiabetic drug. *Diabetes, Obesity and Metabolism* 11, 79–88.

IKEDA, A.A; MORAES, A; MESQUITA, G. **Considerações sobre tendências e utilidades dos alimentos funcionais**. *Revista P&D em Engenharia de Produção*, v. 8, n. 2, p. 40-56, 2010.

Instituto Brasileiro de Frutas – IBRAF (DataFruta) 2004. LOPES, P. R. C.; MATTOS, M. A. de A.; HAJI, F. N. P.; COSTA, T. A. S.; LEITE, E. M.; MENEZES, C.A. F. A evolução da Produção Integrada de Manga – PI-Manga no Submédio do Vale do São Francisco. Petrolina, Embrapa Semi-Árido, 2003. Anais do V Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas.

INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO, Bento Gonçalves, RS. **Dados estatísticos de produção de uva e de vinho e derivados.** Bento Gonçalves: IBRAVIN, 2005.

JAPÓN-LUJÁN, R.; LUQUE-RODRÍGUEZ, J. M.; LUQUE DE CASTRO, M. D.(b). Multivariate optimisation of the microwave-assisted extraction of oleuropein and related biophenols from olive leaves. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v.385, p. 753–759, 2006.

JAPÓN-LUJÁN, R.; LUQUE-RODRÍGUEZ, J. M.; LUQUE DE CASTRO, M. D.(b). Multivariate optimisation of the microwave-assisted extraction of oleuropein and related biophenols from olive leaves. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v.385, p. 753–759, 2006.

Kim, D. O., Lee, K. W., Lee, H. J., & Lee, C. Y. (2002). Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13), 3713–3717.

Klimczak, I., Malecka, M., Szlachta, M., & Gliszczynska-Swiglo, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3–4), 313–322.

Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726–732.

LEAL, P. F. **Obtenção de extratos vegetais com propriedades funcionais via tecnologia supercrítica: uso de CO₂ e CO₂ + H₂O**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005, 190 p.

LEISTRITZ, F. L.; HODUR, N. M.; SENECHAL, D. M.; STOWERS, M. D.; MCCALLA, D.; SAFFRON, C. M. **Biorefineries Using Agricultural Residue Feedstock in the Great Plains**, 2007. Disponível em: <http://www.agecon.lib.umn.edu/>.

LIMA, A. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no Pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.)**. Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008, 182 p.

LOPES, F. Exportação: estudo aponta países-alvos para frutas brasileiras. **Valor Econômico**, abr., 2010. Disponível em: <www.global21.com.br/materias/materia.asp?cod=28828&tipo=noticia>. Acesso em: 01 jan. 2014

LOPES, M.L.B.; SANTOS, M.A.S. O banco da Amazônia e o financiamento da fruticultura regional. **Revista Contexto Amazônico**, Belém, v.1, n.5, p.1-4, 2008.

LUQUE DE CASTRO, M. D.; GARCÍA-AYUSO, L. E. Soxhlet extraction of solid materials: an outdated technique with a promising innovative future. **Analytica Chimica Acta**, v. 369, 1998, p. 1-10.

MARTINS, D. dos S.; YAMANISHI, O. Y.; TATAGIBA, J. da S. (Eds). Normas técnicas e documentos de acompanhamento da produção integrada de mamão. Vitória, INCAPER, 2003. Anais do V Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas.

MATA, D. da; FREITAS, R.E. Produtos agropecuários: para quem exportar? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.46, n.2, p.257-290, 2008.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Atlas, 1994. vol 1.

MELO, G. W. B.; SEBBEN, S. S. V Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas. Bento Gonçalves. Embrapa Uva e Vinho 2003. 113p.

MELO, G. W. B.; SEBBEN, S. S. V Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas. Bento Gonçalves. Embrapa Uva e Vinho 2003. 113p.

Miljkovic, D., & Bignami, G. S. (2002). Nutraceuticals and methods of obtaining nutraceuticals from tropical crops. USA. Application number: 10/992.502. Published In. Google Patent.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Agricultura Sustentável**. Brasília: MMA, 2000, 57p.

NASCENTE, A.S.; NETO, C.R. O agronegócio da fruticultura na Amazônia. Porto Velho. EMBRAPA-RR, 2005.

NEUTZLING, M. B.; ROMBALDI, A. J.; AZEVEDO, M. R.; HALLAL, P.C. Fatores associados ao consumo de frutas, legumes e verduras em adultos de uma cidade no Sul do Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.25, n.11, p.2365-2374, 2009.

Nijveldt, R. J., van Nood, E., van Hoorn, D. E. C., Boelens, P. G., van Norren, K., & van Leeuwen, P. A. M. (2001). Flavonoids: A review of probable mechanisms of action and potential applications. *American Journal of Clinical Nutrition*, 74, 418–425.

ONG, E. S.; CHEONG, J. S. H.; GOH, D. Pressurized hot water extraction of bioactive or marker compounds in botanicals and medicinal plant materials, **Journal of Chromatography A**, v. 1112, 2006, p. 92–102.

ORGANIZAÇÃO NÃO GOVERNAMENTAL BANCO DE ALIMENTOS. Disponível em: http://www.bancodealimentos.org.br/porque/dados_fome.htm.

PEREIRA, A. L. S.; CORDEIRO, E. M. S.; NASCIMENTO, D. M.; MORAIS, J. P. S.; SOUZA FILHO, M. S. M.; ROSA, M. F. Extração e caracterização de nanocelulose de fibras do pseudocaule da bananeira. In: **Anais do V Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação**, Maceió, 2010.

PINAZZA, L. A.; ALIMANDRO, R. A visão pragmática do agribusiness. In: PINAZZA, L. A.; ALIMANDRO, R. (Org.). **Reestruturação no agribusiness brasileiro: agronegócio no terceiro milênio**. Rio de Janeiro: ABAG,, 1999. p. 29-34.

PROTAS, J. F. S.; SANHUEZA, R. M. V. Produção Integrada de Frutas: O Caso da Maçã no Brasil. Bento Gonçalves. Embrapa Uva e Vinho 2003. 129p.

Rankin J.W. Efeito da ingestão de carboidratos no desempenho de atletas em exercícios de alta intensidade. SSE, GSSI, Julho - Setembro, 2001. Rankin, Janet W. Dietary carbohydrate and performance of brief, intense exercise. In: Sports Science Exchange, GSSI. 13 (4), 2000.

RICE-EVANS, C. A. Measurement of total antioxidant activity as a marker of antioxidant status *in vivo*: procedures and limitations. **Free Radical Research**, v. 33, 1999, p. 59-66.

Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996). Structure–antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 20, 933–956.

Robards, K., & Antolovich, M. (1997). Analytical chemistry of fruit bioflavonoids – A review. *Analyst*, 122, R11–R34.

RODGERS, Svetlana. Value adding with functional meals. *Food Service Technology*, v. 4, n. 4, p. 149-158, 2004.

RODRIGUEZ-ROJO, S.; VISENTIN, A.; MAESTRI, D.; COCERO, M. J. Assisted extraction of rosemary antioxidants with green solvents. **Journal of Food Engineering**, v. 109, p. 98–103, 2012.

Roesler, R., Malta, L. G., Carrasco, L. C., & Pastore, G. (2006). Evaluation of the antioxidant properties of the brazilian cerrado fruit *Annona crassiflora* (araticum). *Journal of Food Science*, 71(2), C102–C107.

ROSA, M. F. ; MATTOS, A. L A ; CRISÓSTOMO, L. A ; FIGUEIREDO, M. C. B.; BEZERRA, F. C. ; VERAS, L.G.; CORREIA, D. Aproveitamento da casca de coco verde. In: José Maria Marques de Carvalho. (Org.). **Apoio do BNB à pesquisa e desenvolvimento da fruticultura regional**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, p. 164-190, 2009.

Ross, J. A., & Kasum, C. M. (2002). Dietary flavonoids: Bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annual Reviews of Nutrition*, 22, 19–34.

Rufino, M., Alves, R., de Brito, E., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 121, 996–1002.

Sarjaz M R, Vanstone C A, Papamadjaris A A, Wykes L, Jones P J H. Comparison of the effect of dietary fat restriction with that of energy restriction on human lipid metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.* 2001, 73:262-7.

Schieber, A., Hilt, P., Streker, P., Endress, H.-U., Rentschler, C., Carle, R., 2003. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4, 99–107.

Silva, E. M., Souza, J. N. S., Rogez, H., Rees, J. F., & Larondelle, Y. (2007). Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. *Food Chemistry*, 101(3), 1012–1018.

SORIA, A. C.; VILLAMIEL, M. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, p. 323-331, 2010.

STALIKAS, C. D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. **Journal of Separation Science**, v. 30, 2007, p. 3268-3295.

Stoll, T., Schweiggert, U., Schieber, A., Carle, R., 2003a. Application of hydrolyzed carrot pomace as a functional food ingredient to beverages. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 1, 88–92.

SVILAAS, A. et al. Intakes of antioxidants in coffee, and vegetables are correlated with plasma carotenoid in humans. **Journal of Nutrition**, v. 3, n. 134, 2004, p. 562-567.

TAAMALI, A. et al. Use of advanced techniques for the extraction of phenolic compounds from Tunisian olive leaves: Phenolic composition and cytotoxicity against human breast cancer cells. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 1817–1825, 2012.

TAYLOR, L. T. **Supercritical fluid extraction**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1996, 181 p.

TOFANELLI, M.B.S.; FERNANDES, M.de S.; CARRIJO, N.S.; MARTINS FILHO, O. B. Mercado de frutas frescas no município de Mineiros-GO. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.2, p.282-286, 2007.

TRINDADE, R. A. **Influência de antioxidantes naturais sobre o perfil lipídico de hambúrgueres bovinos submetidos à irradiação por Co60 e aceleradores de elétrons**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007, 112 p.

TUBEROSO, C. I. G.; KOWALCZYK, A.; SARRITZU, E.; CABRAS, P. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. **Food Chemistry**, v. 103, 2007, p 1494-1501.

VASCONCELLOS, C. M. C. **Extração supercrítica dos óleos voláteis de *Achyrocline satureioides* (Macela) e *Vetiveria zizanioides* (Vetiver): determinação da cinética de extração e estimativa de custos de manufatura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007, 114 p.

Vignoli, J., Bassoli, D., & Benassi, M. (2010). Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. *Food Chemistry*, 124, 863–868.

WILSON, Tim. Food and Pharmaceuticals - Industries on a Collision Course. Wolfe, Robert R. Protein supplements and exercises. In: *Am. J. Clin. Nutr.* 72(Suppl.): 551S – 7S. 2000.

XYNOS, N.; PAPAEFSTATHIOU, G.; PSYCHIS, M.; ARGYROPOULOU, A.; ALIGIANNIS, N.; SKALTSOUNIS, A. L. Development of a green extraction procedure with super/subcritical fluids to produce extracts enriched in oleuropein from olive leaves. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 67, p. 89– 93, 2012.

YAMANAKA, A.T. Sucos cítricos. São Paulo. CETESB, 2005.

Yang, B., Jiang, Y., Shi, J., Chen, F., & Ashraf, M. (this issue). Extraction and pharmacological properties of bioactive compounds from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit—A review. *Food Research International*.
[doi:10.1016/j.foodres.2010.10.019](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.019)

Zeisel S H. Is there a metabolic basis for dietary supplementation? *Am. J. Clin. Nutr.* 2000; 72(suppl): 507S-11S.

Ziegler, Paula; Nelson, Judith A & Barrat-Fornell, Anne. Energy and macronutrient intakes of elite figure skaters. In: *J. Am. Diet. Assoc.* 131: 319-25. 2001.

9. Anexos

9.1. Artigo 1 - **Amazonian Biorefineries: From Fruit Waste to Antioxidant Supplements.**

9.2. Artigo 2 - **Green Extraction of Amazonian Acai Berry by Pressurized Liquid Extraction (PLE).**

9.3. Artigo 3 - **Bioactive extracts from Amazonian Piquiá (*Caryocar villosum*) obtained by Pressurized Liquid Extraction (PLE).**

9.4. Artigo 4 - **Composição mineral de resíduos de frutos amazônicos.**

9.5. Artigo 5 - **Amazon Açaí: Chemistry and Biological Activities.**

9.6. Artigo 6 – **Química e farmacologia do bacuri (*Plantonia insignis*).**

9.7 - Resultados preliminares Extração por líquido supercrítico.