



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

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FITOQUÍMICOS E ESTUDO
DO POTENCIAL PARA PROCESSAMENTO DA POLPA DE FRUTOS DE
MARACUJÁ DAS ESPÉCIES SILVESTRES (*Passiflora setacea* DC,
Passiflora cincinnata MAST)**

ANSELMO OLIVEIRA LESSA

ITAPETINGA - BAHIA

2011

ANSELMO OLIVEIRA LESSA

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FITOQUÍMICOS E ESTUDO
DO POTENCIAL PARA PROCESSAMENTO DA POLPA DE FRUTOS DE
MARACUJÁ DAS ESPÉCIES SILVESTRES (*Passiflora setacea* DC,
Passiflora cincinnata MAST)**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração em Engenharia de Processos de Alimentos, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Orientador: DSc. Abel Rebouças São José

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
2011

634.425	Lessa, Anselmo Oliveira.
L631d	<p>Determinação do teor de compostos fitoquímicos e estudo do potencial para processamento da polpa de frutos de maracujá das espécies silvestres (<i>Passiflora setacea</i> DC, <i>Passiflora cincinnata</i> MAST). / Anselmo Oliveira Lessa. – Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011. 83 fl..</p> <p>Dissertação do Programa de Pós-Graduação “<i>Strictu Senso</i>” do Curso de Especialização em Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. DSc. Abel Rebouças São José.</p> <p>1. Maracujá silvestre – Características físico-químicas. 2. Maracujá silvestre – Comercialização. 3. Maracujá silvestre – Polpa – Processamento industrial I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. II. São José, Abel Rebouças. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD(21): 634.425</p>

Catálogo na Fonte:

Cláudia Aparecida de Souza – CRB 1014-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por assunto:

1. Maracujá silvestre – Características físico-químicas.
2. Maracujá silvestre – Comercialização.
3. Maracujá silvestre – Polpa – Processamento industrial.
4. Maracujá – Sucos in natura – Prevenção de doenças.



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



Área de Concentração: Engenharia de Processos de Alimentos

Campus de Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “DETERMINAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FITOQUÍMICOS E ESTUDO DO POTENCIAL PARA PROCESSAMENTO DA POLPA DE FRUTOS DE MARACUJÁ DAS ESPÉCIES SILVESTRES (*Passiflora setacea* DC, *Passiflora cincinnata* MAST)”

Autor: ANSELMO OLIVEIRA LESSA

Orientador: Prof. Dr. Abel Rebouças São José

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE PROCESSOS DE ALIMENTOS, pela Banca Examinadora.

Prof. Dr. Abel Rebouças São José, DSc., UESB

Prof. Dr. Renata Cristina Ferreira Bonomo, DSc., UESB

Prof. Dr. Mônica de Moura Pires, DSc., UESB

Data da Realização: 29 de março de 2011.

Aos meus ex - colegas estudantes, ex - alunos e atuais alunos do Colégio Estadual Alfredo Dutra e do Colégio Estadual Manoel Novais e aos meus ex - alunos e atuais alunos do Colégio Estadual Polivalente,

OFEREÇO

“Bem-aventurado o homem que põe no SENHOR a sua confiança, e que não respeita os soberbos nem os que se desviam para a mentira”.

“Bem-aventurados sois vós, quando vos injuriarem e perseguirem e, mentindo, disserem todo o mal contra vós por minha causa”.

“Provai e vede que o SENHOR é bom, bem aventurado o homem que NELE confia.”

Ao SENHOR DEUS, fonte de amor e vida

DEDICO

"A cada dia que vivo, mais me convenço de que o desperdício da vida está no amor que não damos, nas forças que não usamos, na prudência egoísta que nada arrisca, e que, esquivando-se do sofrimento, perdemos também a felicidade. A dor é inevitável. O sofrimento é opcional."

(Carlos Drummond de Andrade)

AGRADECIMENTOS

A DEUS, fonte de amor eterno e incondicional, que me permitiu estar aqui e me fez prevalecer.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, por proporcionar a oportunidade de realizar o mestrado.

Ao professor Abel Rebouças São José, todos os conselhos, todas as orientações e todas as circunstâncias convergiram para o meu crescimento.

A banca examinadora formada pelas Professoras Monica de Moura Pires, Depto. de Economia da UESC e a professora Renata Bonomo UESB, por terem aceitado participar.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos que me possibilitou prosseguir no curso.

Ao Professor Marcondes Viana da Silva, a professora Renata Cristina Ferreira Bonomo, a Dra. Ellen Toews Doll Hojo, pela boa vontade e transmissão de conhecimentos.

À Coordenação do Colegiado do Mestrado em Engenharia de Alimentos, na pessoa da Professora Sibelli Passini Barbosa Ferrão.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, por serem parte essencial na formação do pensamento crítico científico.

Ao colega de laboratório Rúbner Gonçalves Pereira, pela importante ajuda nas análises, sem esta o trabalho seria muito mais difícil.

Aos amigos da biofábrica, Jaílson Silva de Jesus, Cíntia Silva de Sousa e Victor Leomam Aguiar de Moraes, pela boa vontade, pela importante ajuda nos procedimentos preliminares e pelos momentos de descontração.

As professoras Renata Cristina Ferreira Bonomo e Alexilda Oliveira, um agradecimento especial pela paciência, transmissão de experiência e por acreditarem no meu sucesso.

RESUMO

LESSA, A. O. **DETERMINAÇÃO DO TEOR DE COMPOSTOS FITOQUÍMICOS E ESTUDO DO POTENCIAL PARA PROCESSAMENTO DA POLPA DE FRUTOS DE MARACUJÁ DAS ESPÉCIES SILVESTRES (*Passiflora setacea* DC, *Passiflora cincinnata* MAST)** Itapetinga – BA: UESB, 2011. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos – Engenharia de Processos de Alimentos).

O Brasil é um dos principais países produtores de frutas, se destacando na terceira posição mundial. A diversidade de frutas destinadas ao mercado é crescente, porém suas características tecnológicas, bioquímicas e atividades funcionais não estão totalmente determinadas. A crescente demanda pelo consumo e o aumento da oferta de frutas vem justificando estudos que se concentram na fruta *in natura* e na polpa por serem estas as maiores formas de consumo das frutas. O presente trabalho teve por objetivo determinar o potencial produtivo da polpa de maracujá das espécies silvestres *Passiflora setacea* DC e *Passiflora cincinnata* MAST, tendo como referência a espécie comercial *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, o estudo foi conduzido nos Laboratórios da Biofábrica UESB, campus de Vitória da Conquista, de Engenharia de Processos e do Núcleo de Estudos em Ciências de Alimentos UESB, Campus de Itapetinga. Para demonstrar o potencial das espécies estudadas foram determinados os teores de compostos fitoquímicos (carotenóides totais, antocianinas, compostos fenólicos totais), também foram determinados as propriedades termofísicas da polpa *in natura*, as determinações fitoquímicas demonstram o teor de compostos com atividade bioativa no organismo humano prevenindo várias doenças, apesar destes compostos não inferirem em um maior preço de comercialização estes influenciam economicamente a produção e os ganhos uma vez que os consumidores buscam cada vez mais alimentos que possuem substâncias que lhes proporcionem melhor saúde e bem estar, as determinações termofísicas estabelecem parâmetros térmicos necessários ao dimensionamento adequado de equipamentos visando processar o suco da polpa *in natura* com o mínimo de alterações sensoriais, nutricionais e dos compostos fitoquímicos estudados que são suscetíveis a deterioração térmica. Os resultados demonstraram um maior teor dos compostos fitoquímicos determinados nas espécies silvestres estudadas em comparação com a *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* sendo que seu rendimento de polpa foi inferior as espécies silvestres estudadas, os valores obtidos para o rendimento das espécies silvestres demonstraram o potencial para industrialização. Para difusividade térmica observou-se que não houve diferenças significativas para as polpas de *P. edulis* f. *flavicarpa* e *P. setacea*, porém para o *P. cincinnata* ocorreu diferença significativa segundo as análises, para massa específica o *P. setacea* diferiu das demais amostras e para calor específico não houve diferença significativa, essas determinações demonstram que as polpas das espécies silvestres estudadas poderão ser processadas em equipamentos projetados para a espécie de referência.

Palavras - chaves: compostos fenólicos, propriedades termofísicas, carotenóides.

Orientador: Abel Rebouças São José, DSc., UESB

ABSTRACT

LESSA, A. O. **DETERMINATION OF THAT COMPOST PHYTOCHEMICALS AND STUDY OF THAT POTENTIAL FOR PROCESSING PULP FRUIT PASSION OF WILD SPECIES (*Passiflora setacea* DC, *Passiflora cincinnata* MAST)**. Itapetinga – BA: UESB, 2011. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos – Engenharia de Processos de Alimentos).

Brazil is one of the biggest producers of fruit, standing out in the third position worldwide. The diversity of fruit to the market is growing, but their technological characteristics, biochemical and functional activities are completely determined. The rising demand for consumption and increased supply of fruit is justifying studies that focus on fresh fruit and pulp of these are the greatest forms of consumption of fruit. This study aimed to determine the potential of passion fruit juice of wild *Passiflora setacea* DC, *Passiflora cincinnata* MAST, with reference to commercial species *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, the study was conducted in the laboratories of Biofactory UESB campus of Vitoria da Conquista, Process Engineering and the Center for Studies in Food Science UESB campus Itapetinga. To highlight the potential of the species levels were determined compost phytochemicals (carotenoids, anthocyanins, total phenolics) were also determined thermophysical properties of fresh pulp, determinations demonstrate the phytochemical content of bioactive compounds with activity in the human body preventing various diseases, although these compounds do not interfere in a higher price for marketing these influence the production and economic gains as consumers increasingly seek foods that contain substances that give them better health and wellness, the determinations set thermophysical parameters heat necessary for proper sizing of equipment in order to process the juice from the pulp in nature with minimal sensory changes, nutritional and phytochemical compounds studied are susceptible to thermal deterioration. The results show a higher concentration of certain phytochemical compounds of the native species studied compared coma *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* where as pulp yield was lower than the wild species studied, though the values obtained for the yield of wild species demonstrate the potential for industrialization. For thermal diffusivity was observed that there were no significant differences for the pulps, *P. edulis* f. *flavicarpa* and *P. setacea*, but for *P. cincinnata* significant difference according to the analysis, the density for *P. setacea* differed from the other samples for specific heat and there was no significant difference in these determinations show that the pulps studied wild species can be processed on equipment designed for the kind of reference.

Key - words: phenolic compounds, and thermophysical properties, carotenoids.

Oriented: Abel Rebouças São José, DSc., UESB

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fruto de <i>Passiflora edulis</i> variedade <i>flavicarpa</i>	18
Figura 2. Fruto de <i>Passiflora cincinnata</i>	19
Figura 3. Fruto de <i>Passiflora setacea</i>	20
Figura 4. Estrutura do β – caroteno	30
Figura 5. Estrutura básica dos flavonóides	31
Figura 6. Estrutura química do ácido gálico, ácido elágico, ácido Phidroxibenzóico	31
Figura 7. Estrutura química do ácido caféico e do ácido p-cumárico	31
Figura 8. Estrutura química do trans resveratrol e do cis-resveratrol	32
Figura 9. Metabolismo dos compostos fenólicos	34
Figura 10. Principais antocianinas em alimentos	35
Figura 11. Esquema do aparato para determinação da difusividade térmica	56
Figura 12. Esquema de um calorímetro de mistura	57
Figura 13. Demonstrativo gráfico para ATT, SST e rendimento <i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	62
Figura 14. Demonstrativo gráfico para ATT, SST e rendimento <i>P. setacea</i>	62
Figura 15. Demonstrativo gráfico para ATT, SST e rendimento <i>P. cincinnatai</i>	63
Figura 16. Demonstrativos gráficos para o teor de compostos fitoquímicos	67
Figura 17. Demonstrativo gráfico para difusividade térmica em <i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> (A), <i>P. cincinnata</i> (B), <i>P. setacea</i> (C)	71
Figura 18. Demonstrativo gráfico para massa específica em <i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> (A), <i>P. cincinnata</i> (B), <i>P. setacea</i> (C)	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção de maracujá no Brasil, Nordeste e nos estados do Ceará, Sergipe, São Paulo	23
Tabela 2. Produção de maracujá na Bahia e nos municípios de Juazeiro, Jequié, Livramento de Brumado, livramento de Nossa Senhora	24
Tabela 3. Classificação dos compostos fenólicos de acordo com a cadeia principal	34
Tabela 4. Classificação dos compostos fenólicos de acordo a massa molar	35
Tabela 5. Análise de variância para acidez titulável e sólidos solúveis totais para as três espécies de maracujá estudadas	60
Tabela 6. Análise de variância para rendimento, das três espécies de maracujazeiro	61
Tabela 7. Análise de variância para teor de carotenóides totais das três espécies de maracujazeiro	64
Tabela 8. Análise de variância para o teor de antocianinas, das três espécies de maracujazeiro	65
Tabela 9. Análise de variância para o teor de compostos fenólicos, das três espécies de maracujazeiro	67
Tabela 10. Valores médios de difusividade térmica das três espécies de maracujá estudadas	69
Tabela 11. Análise de variância dos resultados experimentais de difusividade térmica	69
Tabela 12. Resultados experimentais de massa específica	72
Tabela 13. Análise de variância dos resultados experimentais de massa específica	72
Tabela 13. Resultados experimentais de calor específico	74
Tabela 14. Análise de variância resultados experimentais calor específico	74

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de Variância de dois ou mais fatores
ATT	Acidez Titulável Total
CEASA	Central de Abastecimento da Secretaria da Agricultura
g	grama
Kg	Kilograma
KJ	Kilo Joule
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
mg	miligrama
ml	mililitro
NaOH	Hidróxido de Sódio
nm	nanômetro
<i>P. setacea</i>	<i>Passiflora setacea</i>
<i>P. cincinnata</i>	<i>Passiflora cincinnata</i>
<i>P. edulis</i>	<i>Passiflora edulis</i>
PVC	Policloreto de Vinila
RFC	Reagente de Folin Ciocateau
SAS	Statystic Analisys System
SEAGRI	Secretaria de Agricultura, Irrigação e reforma Agrária
SST	Sólidos Solúveis Totais
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UV	Ultra Violeta
β	beta

SUMÁRIO

Introdução	15
1 - Revisão de literatura	17
1.1 - Características gerais da passiflorácea	17
1.2 - Características específicas	18
1.2.1 - <i>Passiflora edulis</i>	18
1.2.2 - <i>Passiflora cincinnata</i>	19
1.2.3 - <i>Passiflora setacea</i>	20
1.3 - Importância econômica do maracujá	21
1.4 - Potencial de exploração da biodiversidade das espécies silvestres de maracujá	26
2 - Compostos fitoquímicos	28
2.1 - Carotenóides	29
2.2 - Compostos fenólicos	30
2.3 - Degradação e bioacessibilidade	39
3 - Propriedades termofísicas	42
3.1 - Difusividade térmica	46
3.2 - Calor específico	47
3.3 - Massa específica	48
4 - Objetivos	50
4.1 - Objetivos gerais	50
4.2 - Objetivos específicos	50
5 - Materiais e métodos	50
5.1 - Preparo da matéria prima	51
5.2 - Determinações Fitoquímicas, físico-químicas e termofísicas	51
5.2.1 - Determinações físico-químicas	51
5.2.2 - Determinação de compostos fenólicos totais	51
5.2.3 - Determinação de antocianinas totais	53
5.2.4 - Determinação de carotenóides totais	54
5.3 - Determinações termofísicas	55
5.3.1 - Difusividade térmica	55
5.3.2 - Calor específico	56

5.3.3 - Massa específica	57
5.4 - Planejamento experimental	58
6 - Resultados e discussão	58
6.1 - Determinações físico-químicas	58
6.1.1 - Acidez Titulável, Sólidos Solúveis Totais	58
6.1.2 - Rendimento	59
6.2 - Determinações fitoquímicas	64
6.2.1 - Teor de carotenóides totais	64
6.2.2 - Teor de antocianinas totais	64
6.2.3 - Teor de compostos fenólicos totais	66
6.3 - Determinação das propriedades termofísicas	69
6.3.1 - Difusividade	69
6.3.2 - Massa específica	71
6.3.3 - calor específico	74
7 - Conclusão	75
8 - Bibliografia	77

INTRODUÇÃO

A família Passifloraceae subdivide-se em aproximadamente 16 gêneros que possui ao todo 650 espécies, sendo o gênero *Passiflora* considerado o mais importante, com cerca de 400 espécies (RAMOS *et al.*; 2007). As espécies do gênero *Passiflora* se desenvolvem nas regiões tropicais, mas também se adaptam bem nas áreas subtropicais e temperadas do mundo (MELETI, 2000).

A palavra maracujá, que identifica os frutos das espécies do gênero *Passiflora*, é uma denominação indígena de origem tupi, que significa “alimento em forma de cuia”. Trata-se de uma fruta silvestre que os primeiros descobridores conheceram nas Américas sendo bastante estimada pelos nativos (MELETI, 2000).

A primeira descrição da *Passiflora* foi realizada em 1569, sob o nome genérico de *granadilla*, esta descrição foi possibilitada devido ao envio de uma planta da América ao Papa Paulo V. Por considerar uma revelação divina ele ordenou seu cultivo. A morfologia de sua flor está relacionada a uma correlação com a paixão de Cristo. A partir das características peculiares da flor originou-se a denominação de *flor-da-paixão*, nome popular pouco conhecido no Brasil, e também o nome científico do gênero: *Passiflora* (do latim *passio* = paixão e *flos* = flor (MELETI, 2000).

No Brasil se possui naturalmente grande biodiversidade do gênero *Passiflora*, proporcionando um grande potencial para a utilização de seus frutos na agroindústria, podendo estes ser processado na forma de suco *in natura* ou concentrado. Segundo Faleiro *et al.*, (2005), aproximadamente 150 espécies ocorrem no país e 70 produzem frutos comestíveis. Dentre elas, várias se encontram distribuídas no Cerrado, como *P. setacea* DC., conhecida como maracujá-do-cerrado, maracujá-do-sono, maracujá-sururuca e maracujá-de-boi; *P. cincinnata* Mast., chamada de maracujá-do-cerrado, maracujá-mochila, maracujá-tubarão e maracujá-de-vaqueiro (Oliveira e Ruggiero, 2005); *P. nitida* Kunth., conhecida por maracujá-suspiro, maracujá-de-rato, maracujá-do-mato e maracujá-de-cheiro (JUNQUEIRA, 2006).

O estudo de espécies de maracujá silvestres do Cerrado torna-se interessante devido à inexistência de informações literárias sobre aspectos tecnológicos para o processamento da polpa tais como as propriedades termofísicas e também por apresentar várias características de potencial produtivo e para o processamento, como maior resistência a doenças e a pragas, maior tempo de sobrevivência, melhor adaptação a severas condições climáticas, maior período de florescimento se comparado com a espécie comercial *P. edulis* f. *flavicarpa* e grande concentração de compostos químicos que interessam a indústria farmacêutica e alimentícia, além de apresentarem um rendimento satisfatório ao processamento da polpa. Algumas espécies possuem características de alta produtividade, seus frutos apresentam cascas rígidas continuando verdes quando maduros, portanto não sendo atraentes aos animais silvestres evitando que os frutos sirvam de alimento enquanto estão na planta minimizando com isso as perdas. O aspecto social torna-se importante já que existe uma predominância de cultivo das espécies silvestres em pomares de pequenas propriedades sendo que a produção pode ocorrer em períodos de entressafra do maracujá comercial, favorecendo a agricultura familiar gerando emprego e renda em áreas marginais para a agricultura convencional além de dispensar o uso de defensivos agrícolas diminuindo custos (FALEIRO *et al.*, 2005).

As características bioativas dos compostos fitoquímicos destas espécies na alimentação é determinada pela existência de antioxidantes, como carotenóides, compostos fenólicos e vitaminas que estão relacionados à redução do risco de desenvolvimento de doenças crônico degenerativas. (WONDRACEK; FALEIRO; COSTA, 2008).

Os frutos das espécies *P. setacea* e *P. cincinnata* possuem compostos fitoquímicos que apresentam reconhecida atividade bioativa, porém tais características não proporcionam aumento de preço e por conseqüência não influenciam diretamente no aspecto econômico, porém estes interferem indiretamente nos ganhos ao produtor uma vez que os consumidores buscam cada vez mais alimentos que proporcionem saúde e bem estar, portanto os estudos que determinem a evidência de quantidades apreciáveis destas substâncias podem incentivar o aumento do consumo afetando positivamente

toda a cadeia produtiva. A correta determinação dos parâmetros térmicos também é importante, pois, proporcionará o correto dimensionamento de equipamentos e estruturas industriais necessárias ao processamento que tem como principal objetivo destruir microrganismos deterioradores e patogênicos bem como inativar enzimas através de tratamentos térmicos tais como pasteurização e esterilização, porém, evitando alterações significativas nas características sensoriais principalmente no processo de concentração do suco, minimizando perdas nutricionais e deterioração dos compostos fitoquímicos estudados que são suscetíveis a degradação térmica.

Sendo assim o presente trabalho teve por objetivo determinar as características físico-químicas e fitoquímicas além de determinar as características termofísicas da polpa das espécies de maracujá silvestre tendo como referência a *P. edulis* f. *flavicarpa*, demonstrando o potencial para o processamento industrial da polpa dos frutos estudados.

1 - REVISÃO DA LITERATURA

1.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS PASSIFLORACEAS

No Brasil, são identificadas mais de 200 espécies silvestres de maracujazeiro, sendo que a *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* é a espécie mais cultivada, correspondendo a 95% da área cultivada comercialmente. Os outros cinco por cento são representados pelo maracujazeiro doce, o maracujazeiro roxo e outras espécies de menor importância, direcionadas a mercados regionais, ainda desconhecidas da maioria da população (MELETI, 2000).

O maracujazeiro é originário da América Tropical; onze países do mundo são responsáveis por 80 a 90% da produção dentre eles Brasil, Peru, Venezuela, África do Sul, Sri Lanka, Austrália. Quênia e outros países africanos exportam fruta *in natura* (fresca). Sucos e polpas são produzidos pelo Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Venezuela, Costa Rica, entre outros (SÃO JOSÉ *et al.*, 2000).

O maracujazeiro é uma planta dicotiledonea da família Passifloraceae se destacando o gênero *Passiflora* com 3 espécies importantes economicamente: *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg - o maracujá amarelo ou azedo ou

peroba -, *P. edulis* Sims - a maracujá roxo e o *P. alata* Ait - o maracujá doce (SÃO JOSÉ *et. al.*, 2000).

1.2 - CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

1.2.1 - *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.

A espécie *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* foi descrita em 1818 por Simmonds. O epíteto específico *edulis* vem do latim que significa comestível. É a espécie de maracujá mais cultivada por todo o mundo (WONDRACEK, 2009).



Figura 1 - Fruto da *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*

Esta espécie é encontrada em vários países das Américas e África tais como Paraguai, Argentina, Brasil, Colômbia, Venezuela, Peru, Equador, Guatemala, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Porto Rico, Martinica, Trindade, Havaí e Bermudas. No Brasil, por oferecer condições ambientais ideais, esta espécie é encontrada em praticamente todo o território: Alagoas Amapá, Amazonas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Esta espécie se adapta bem em ambientes com grande incidência solar e solos úmidos e bem drenados. São encontradas geralmente em margens de florestas, nas capoeiras e capoeirões. Floresce e frutifica praticamente todo ano (WONDRACEK, 2009).

Os frutos possuem formatos globosos ou ovóides com grandes variações no comprimento e largura. A cor da casca geralmente é amarelo,

amarelo-esverdeado. A coloração da polpa é amarelo escuro. As sementes são ovais com 0,5-0,6 cm de comprimento por 0,3-0,4 cm de comprimento, sendo muito duras (WONDRACEK, 2009).

1.2.2 - *Passiflora cincinnata* Mast.

A espécie *Passiflora cincinnata* foi descrita em 1868 por Masters. O epíteto específico *cincinnata* vem do latim e significa que tem por natureza cabelo anelado, encrespado devido à corona de filamentos da flor, cujos filamentos se enrolam quando a flor está completamente aberta (WONDRACEK, 2009).

Diversos nomes identificam esta espécie nas diferentes regiões do Brasil sendo que em Santa Catarina, Mato Grosso, Minas Gerais e Pernambuco é conhecida como maracujá do Cerrado, maracujá-mochila no Alagoas e Paraíba, maracujá-do-mato em São Paulo, Paraíba, Alagoas e Pernambuco, maracujá-de-vaqueiro, maracujá-de-casca-verde, maracujá-tubarão e maracujá-brabo (WONDRACEK, 2009).



Figura 2 - Fruto da *Passiflora cincinnata*

Esta espécie é encontrada em alguns países da América do Sul sendo eles: Paraguai, Argentina, Brasil, Bolívia e Venezuela. No Brasil está distribuída em São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Piauí, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Alagoas e Bahia. É uma espécie encontrada em ambientes com grande incidência solar. É muito comum na borda da mata e capoeiras,

inclusive na borda de cultivos. Floresce e frutifica de outubro a maio (WONDRACEK, 2009).

Seu aspecto morfológico possui grande variação apresentando frutos grandes e pequenos, o colorido da flor, cor e gosto do suco também apresentam variações. A casca do fruto permanece verde, após o amadurecimento. Os frutos possuem formatos ovóides ou oblongos com 5-6 cm de comprimento por 3-4 cm de comprimento. A polpa geralmente apresenta coloração creme, as sementes são ovais com 0,5-0,6 cm de comprimento por 0,4 cm de largura, foveoladas. (WONDRACEK, 2009).

1.2.3 - *Passiflora setacea* DC

A espécie *Passiflora setacea* foi descrita em 1828 por DC. O epíteto específico *setacea* vem do latim porque as plantas dessa espécie apresentam estípulas setáceas (em forma de seta). No Brasil vários nomes populares identificam esta espécie nas diferentes regiões do território nacional tais como maracujá-do-sono, maracujá-do-Cerrado, maracujá-de-boi, maracujá-nativo, maracujá-da-caatinga, maracujá-de-cobra no sul da Bahia e semi-árido mineiro e maracujá-sururuca na Bahia e Rio de Janeiro (WONDRACEK, 2009).



Figura 3 - fruto da *Passiflora setacea*

No Brasil esta espécie é encontrada em alguns estados sendo eles: Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Minas Gerais e Mato Grosso. A exemplo das outras espécies anteriormente descritas, esta espécie também é encontrada

em ambientes com grande incidência solar. É bastante comum nas florestas primárias bem como em capoeiras, capoeirões e restinga litorânea. Floresce e frutifica de setembro a maio (WONDRACEK, 2009).

Os frutos possuem formatos ovóides e globosos com cerca de 5 cm de comprimento por 4 cm de diâmetro, o suco tem característica doce-acidulado, se assemelhando ao maracujá-amarelo, os frutos quando maduros caem da planta determinando o ponto ótimo de coleta. A casca dos frutos apresenta coloração verde-clara com listras verde-escuro em sentido longitudinal e a polpa possui coloração variada sendo amarelo-claro ou creme. As sementes são obovadas levemente reticuladas com aproximadamente 0,5 cm de diâmetro por 0,3 cm de comprimento (WONDRACEK, 2009).

1.3 - IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO MARACUJÁ

O Brasil Já foi o maior produtor mundial de maracujá, porém o país perdeu o posto devido à concorrência de outros países que apresentam melhores condições de competitividade no mercado internacional. Os altos custos da produção, além das perdas causadas por pragas e doenças do maracujazeiro e os baixos preços praticados nos mercados internacionais impostos pelos países concorrentes tornaram a alta produtividade visando o mercado externo menos atraente forçando uma redução gradativa da produção fazendo com que o Brasil deixasse de ser o maior produtor de maracujá do mundo.

Segundo Oliveira Júnior (2008), as espécies mais conhecidas e de maior aplicação comercial no Brasil são o maracujá-amarelo (*P. edulis* f. *flavicarpa* Degener) e o maracujá-roxo (*P. edulis* Sims). O maracujazeiro está entre as principais espécies frutíferas cultivadas no país. A maior demanda para o fruto do maracujazeiro é para o mercado interno, que consome a maior parte da produção nacional. Esta mudança de perspectiva do mercado deve-se a menor exigência dos padrões de qualidade do fruto se comparado aos padrões exigidos pelo mercado externo além dos melhores preços praticados que torna os benefícios ao produtor compensatórios em relação aos custos. Essa constatação vem motivando um aumento gradativo da produtividade e conseqüente aumento do valor da produção, porém a quantidade produzida de

maracujá ainda é menor em relação aos anos de 1999, 2000, 2001, 2002 quando o Brasil ainda era o maior produtor de maracujá do mundo, entretanto o valor da produção é maior se comparado a esse período.

Em 1999 o Brasil apresentava uma produção de 2.661,763 toneladas de fruto, e um valor de produção de 171,804 mil reais, em 2000 ocorreu um pequeno aumento na quantidade produzida com 2.762,808 toneladas e um valor de produção de 194,537 mil reais, neste período o *P. edulis* f. *flavicarpa* correspondia à cerca de 95% dos plantios e o maracujá doce (*Passiflora alata* Dryander) apenas 05%. O estado da Bahia era o principal produtor com uma quantidade produzida de 77 mil toneladas, em 7,8 mil hectares mantendo esse posto atualmente, aumentando inclusive sua produção em relação aos outros estados produtores se comparado aos anos anteriores. Neste mesmo período o estado de São Paulo ocupava a segunda colocação com uma produção de 58 mil toneladas em 3,7 mil hectares, seguida de Sergipe, com 33 mil toneladas, em 3,9 mil hectares, e Minas Gerais, com 25 mil toneladas, em 2,8 mil hectares.

Nos anos seguintes ocorreu uma decadência significativa da quantidade produzida com uma grande mudança no panorama geográfico da produção de maracujá nos estados do território nacional. Observando dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística) a partir do ano de 2004, constata-se uma menor produção em relação aos anos de 1999 e 2000, porém, com um maior valor de produção, entre os anos de 2004 a 2009 ocorreu um aumento gradativo da quantidade de maracujá produzido e valor da produção, esse fato deve-se a grande capacidade de absorção do mercado interno proporcionado pela estabilidade da economia, o que possibilita o planejamento a longos prazos tornando o preço da fruta, bem como de seus derivados, como o suco concentrado, mais competitivo e a produção mais rentável.

Atualmente a região nordeste é a maior produtora de maracujá do território nacional com uma produção predominante de *P. edulis* f. *flavicarpa*, sendo o estado da Bahia o maior produtor, seguido dos estados do Ceará, Sergipe, Minas Gerais e São Paulo, o valor referente às quantidades

produzidas e valor da produção dos anos de 2004 a 2009 estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 - Produção de maracujá no Brasil, Nordeste e nos estados do Ceará, Sergipe, São Paulo e Minas Gerais				
	BRASIL		NORDESTE	
ANO	Quantidade produzida (Toneladas)	Valor da produção (mil reais)	Quantidade produzida (Toneladas)	Valor da produção (mil reais)
2004	491,619	234,660	110,023	209,401
2005	479,813	309,939	161,023	244,343
2006	615,196	367,879	228,245	377,136
2007	664,286	396,009	233,467	421,437
2008	684,376	438,588	303,518	465,925
2009	713,515	668,720	492,398	523,822
	CEARÁ		SERGIPE	
ANO	Quantidade produzida (Toneladas)	Valor da produção (mil reais)	Quantidade produzida (Toneladas)	Valor da produção (mil reais)
2004	28,856	22,292	40,056	15,928
2005	40,261	32,885	41,526	30,284
2006	101,035	78,241	41,919	22,278
2007	116,026	84,242	44,782	20,271
2008	112,804	105,958	44,133	28,377
2009	129,001	130,377	44,486	45,623
	MINAS GERAIS		SÃO PAULO	
ANO	Quantidade produzida (Toneladas)	Valor da produção (mil reais)	Quantidade produzida (Toneladas)	Valor da produção (mil reais)
2004	45,477	21,899	46,917	25,610

2005	44,025	26,554	40,989	26,603
2006	42,767	27,906	23,458	20,788
2007	38,987	29,996	25,675	19,761
2008	38,657	42,728	20,544	18,501
2009	35,108	40,724	22,432	32,876

Fonte: IBGE, pesquisa realizada em maio 2011

A Bahia é atualmente o maior estado produtor de maracujá do Brasil e tem consolidado o seu posto em relação aos outros estados nos últimos anos como pode ser observado na tabela 2. A expansão da produtividade no estado da Bahia deve-se ao aumento das propriedades de agricultura familiar que cultivam esta passiflorácea e são exploradas em áreas que ocupam aproximadamente até 5 hectares a exemplo do que se observa em Livramento de Nossa Senhora, Juazeiro, Jequié, livramento de Brumado que possuem as maiores produções do estado cultivadas em um conjunto de várias pequenas propriedades, além de outras localidades que possuem produções menos expressivas, porém, contribuindo significativamente para o crescimento da produção de maracujá na Bahia. Em outros estados o cultivo se dá em grandes e médias propriedades.

Tabela 2 - Produção de maracujá na Bahia e nos municípios de Juazeiro, Jequié, Livramento de Brumado, Livramento de Nossa Senhora

	BAHIA	
ANO	Quantidade produzida (Toneladas)	Valor da produção (mil reais)
2004	114,627	58,228
2005	139,910	83,614
2006	207,962	109,534
2007	229,876	107,034
2008	275,445	138,978

2009	317,475		287,779	
	JUAZEIRO		JEQUIÉ	
ANO	Quantidade produzida (Toneladas)	Valor da produção (mil reais)	Quantidade produzida (Toneladas)	Valor da produção (mil reais)
2004	2,164	1,141	28,828	16,379
2005	8,100	4,860	30,893	23,563
2006	12,949	9,301	34,679	20,598
2007	16,989	12,951	35,782	13,397
2008	20,546	17,602	36,936	16,696
2009	27,265	24,602	42,583	38,325
	LIVRAMENTO DE BRUMADO		LIVRAMENTO DE NOSSA SENHORA	
ANO	Quantidade produzida (Toneladas)	Valor da produção (mil reais)	Quantidade produzida (Toneladas)	Valor da produção (mil reais)
2004	28,477	12,953	13,034	5,865
2005	37,943	18,587	19,500	9,750
2006	71,087	32,137	31,500	15,120
2007	82,395	34,460	45,000	20,250
2008	121,000	51,100	45,000	20,700
2009	136,000	122,400	60,000	54,000

Fonte: IBGE, pesquisa realizada em maio 2011

As espécies de maracujá silvestres do cerrado são encontradas em boa parte do estado da Bahia e em vários outros estados do nordeste e centro-oeste que apresentam condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento. Essas espécies ocorrem principalmente em áreas naturais próximas a pequenas propriedades onde as produções de *Passiflora setacea* são obtidas exclusivamente por coleta e são comercializadas, sobretudo em centrais de abastecimento e feiras livres do estado, a exemplo de outras

localidades das regiões nordeste e centro-oeste onde as espécies silvestres também se desenvolvem. Já as produções da outra espécie de maracujá silvestre estudada, a *Passiflora cincinnata*, é obtida por coleta e pequenas plantações de propriedades de agricultura familiar, conseqüentemente as quantidades de produção obtidas não são suficientes para atender à demanda do mercado consumidor, sendo necessário o desenvolvimento e expansão do plantio das espécies *P. setacea* e *P. cincinnata* para atender a uma demanda do consumo do suco de fruta *in natura* e suco concentrado.

O aumento da demanda pelo consumo do fruto do maracujazeiro bem como do suco concentrado no mercado interno e a conseqüente expansão da produção e o aumento do valor da produção demonstrada nos anos entre 2004 a 2009, sinaliza como indicativo do potencial para exploração econômica agroindustrial das espécies silvestres estudadas no presente trabalho.

1.4 - POTENCIAL DE EXPLORAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DE ESPÉCIES SILVESTRES DE MARACUJÁ

A grande biodiversidade de espécies silvestres do Brasil apresenta um grande potencial a ser utilizado na indústria em diversas áreas tais como indústria farmacêutica e alimentícia. As diferentes espécies da família Passiflorácea cultivada se adaptam de forma diferenciada as diversas condições ambientais de cultivo, também apresentam respostas diferentes aos choques mecânicos proporcionados pelas diferentes formas de transportes adotados, objetivando a comercialização. A *Passiflora cincinnata* Mast, pode ser encontrada em abundância nos estados de Goiás, Minas Gerais e Bahia. Atualmente é comercializado na região Nordeste na entressafra do *P. edulis* f. *flavicarpa*, proporcionando uma opção de renda para os pequenos agricultores, devido a sua disponibilidade, por ser uma espécie nativa da região, se adaptando bem as severas condições climáticas e ambientais assim como os métodos de cultivo utilizados (OLIVEIRA JÚNIOR, 2008).

Segundo Oliveira Júnior (2008), a região Sudoeste da Bahia, mais especificamente o município de Vitória da Conquista, apresenta grande potencial para o estudo e desenvolvimento da espécie *P. cincinnata*, uma vez que se trata de uma espécie nativa desta região e pode ser fonte de renda para

os pequenos agricultores locais. Sendo assim a uma demanda pelo desenvolvimento de estudos para determinação de suas características, bem como de suas sementes, produção de mudas e utilização como porta-enxerto. Estes estudos fornecerão informações preliminares e essenciais para o desenvolvimento de programas de manejo e melhoramento genético, necessários para melhoria da produtividade, qualidade dos frutos, sanidade dos pomares e o desenvolvimento de variedades novas e uniformidade das características sensoriais que são importantes para a qualidade da fruta e suco *in natura* e do suco concentrado.

Wondracek (2009) relata que as espécies silvestres de maracujá têm grande potencial para o consumo *in natura*, para a produção de suco concentrado e utilização como alimento funcional. As características de alto rendimento assim como a presença de compostos fitoquímicos, tem motivado um grande interesse no desenvolvimento de pesquisas nas áreas de melhoramento genético, além da exploração diversificada de espécies do gênero *Passiflora*, uma vez que as características fitoquímicas observadas são interessantes para indústria de alimentos que busca cada vez mais desenvolver alimentos com substâncias bioativas para atender a exigência do consumidor, tais características também são interessantes à indústria farmacêutica.

As espécies *P. cincinnata* e *P. setacea* possui em sua composição química varias substâncias com características bioativas como compostos fenólicos, antocianinas e carotenóides, porém há poucos estudos sobre estes fitoquímicos nas espécies estudadas neste trabalho, sendo que a maioria dos estudos sobre a composição dos fitoquímicos, sendo o principal deles os carotenóides por se apresentarem em quantidades apreciáveis, são realizados na principal espécie explorada comercialmente, o *P. edulis* f. *flavicarpa*, sendo então necessários mais estudos para determinação do teor e do perfil destes compostos. A caracterização de espécies silvestres e comerciais de maracujazeiro quanto à composição de compostos com características bioativas presentes e sua concentração assim como as propriedades tecnológicas necessárias ao processamento são importantes para valorizar e possibilitar usos inovadores ou adaptáveis para essas espécies, proporcionando a diversificação

de sistemas produtivos e de todo agronegócio relacionado à produção das frutas das espécies de maracujazeiro estudadas neste trabalho (WONDRACEK, 2009).

2 - COMPOSTOS FITOQUÍMICOS

A identificação de compostos fitoquímicos em espécies vegetais têm sido potencialmente explorada nos últimos anos, devido à crescente popularidade dos medicamentos fitoterápicos e a mudança de perspectiva dos consumidores que buscam cada vez mais alimentos com características bioativas que proporcionem mais saúde e bem estar (DINIZ; ASTARITA; SANTAREM, 2007). Estas fitomoléculas possuem características químicas diversas e algumas vezes se apresentam com alto grau de complexidade geralmente não interferindo nas funções vitais das espécies vegetais, ao contrário do que ocorre no metabolismo primário, onde seus constituintes químicos fazem parte da atividade celular de praticamente todos os seres vivos. No metabolismo secundário os compostos fitoquímicos são encontrados apenas em alguns grupos de vegetais (LEMOS, 2008).

As frutas possuem em sua composição, diferentes fitoquímicos, e muitos deles apresentam capacidade antioxidativa. De acordo com Speirs, Brady (1991), o amadurecimento de frutas envolve uma série de complexas reações bioquímicas, como a hidrólise do amido, a produção de carotenóides, de antocianinas e de compostos fenólicos, além da formação de vários compostos voláteis (JACQUES, 2009).

Os compostos fenólicos são outro importante grupo de compostos fitoquímicos muito pesquisados por vários cientistas atualmente. Diversos estudos determinam que a atividade antioxidante de várias espécies vegetais é proporcionada principalmente pela presença dessas substâncias, estas características são observadas devido à propriedade de oxido-redução, dessa forma essas substâncias possibilitam o desempenho de um importante papel na absorção e neutralização de radicais livres (LEMOS, 2008).

2.1 - Carotenóides

Os pigmentos naturais classificados como carotenóides são substâncias fitoquímicas encontradas em diversos alimentos de origem vegetal tais como: frutas, legumes, verduras e raízes, possuem uma coloração característica que varia do amarelo ao vermelho e também podem ser encontrados em alguns animais e alguns microrganismos. Os carotenóides têm despertado o interesse da indústria alimentícia e farmacêutica e por conseqüência tem motivado diversas pesquisas devido a sua função como precursor da produção de vitamina A, além de possuir atividade antioxidante prevenindo diversas doenças degenerativas, sendo assim os carotenóides desempenham um importante papel nas características nutricionais dos alimentos. Como os alimentos de origem vegetal ricos em carotenóides constituem as principais fontes de vitamina A, estes adquirem uma relevante importância nas dietas alimentares.

No organismo humano a vitamina A é essencialmente importante por que participa das reações que promovem a diferenciação celular, a visão, o crescimento ósseo, a reprodução e a integração do sistema imunológico, sendo que sua deficiência resulta em anemia (LAYRISSE, 2000).

Devido sua capacidade antioxidativa os carotenóides também exercem outras ações bioativas que não estão relacionadas com a atividade provitamínica A, tais como, diminuição do risco de doenças degenerativas, prevenção da formação de catarata, redução da degeneração muscular relacionada ao envelhecimento e redução do risco de doenças coronárias. A ingestão de carotenóides, incluindo suplementos, é concebida como fator protetor contra uma larga variedade de cânceres humanos, como do cólon e reto, da próstata, do esôfago, do estômago e da cavidade oral (OLSON, 1999). Nas espécies vegetais os carotenóides exercem uma função importante como pigmento acessório na fotossíntese, agindo como coletor de energia e protegendo outras substâncias constituintes do vegetal contra fotoxidação (SILVA; MERCADANTE, 2002).

Vários estudos mostram uma relação inversa entre as concentrações sanguíneas ou ingestão dietética de carotenos (principalmente β -caroteno) e o risco de doença cardiovascular (SOUZA *et al.*, 2004).

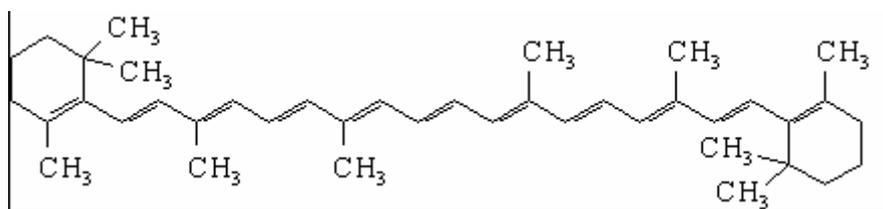


Figura 4 - estrutura do β -caroteno

Silva, Mercadante (2002) quantificaram o teor de carotenóides no *P. edulis* f. *flavicarpa* por cromatografia líquida de alta eficiência obtendo um resultado para os seguintes carotenóides: β -criptoxantina, prolicopeno, cis-caroteno, caroteno, β -caroteno e 13- cis β -caroteno, sendo que o β -caroteno corresponde a 74% do total de carotenóides presentes no *P. edulis* f. *flavicarpa*.

O perfil dos carotenóides determinados pelo trabalho citado contendo o β -caroteno, que é o mais importante carotenóide, correspondendo ao maior percentual, aponta para importância da determinação de seu perfil e seu teor não só na espécie *P. edulis* f. *flavicarpa*, mas também nas espécies de maracujá silvestre com potencial para exploração tais como *P. setacea* e *P. cincinnata* estudadas no presente trabalho. A determinação do teor desse composto fitoquímico demonstra o alto valor biológico da polpa das frutas das espécies estudadas devido os carotenóides exercerem ação protetora celular prevenindo contra diversas doenças crônicas, ser precursora da vitamina A, contribuir beneficemente contra o envelhecimento precoce além de possuírem alto poder antioxidante.

2.2 - Compostos fenólicos

O grupo formado pelos compostos fenólicos corresponde a várias moléculas que se distinguem entre si, em função da sua estrutura química esses compostos se dividem em duas classes, flavonóides e não-flavonóides, subdividindo-se em função do padrão de substituição e das estruturas químicas de cada grupo (CRUZ, 2008).

Os flavonóides são representados pela seguinte estrutura química: C6-C3-C6 (Fig. 2) (JACQUES, 2009).

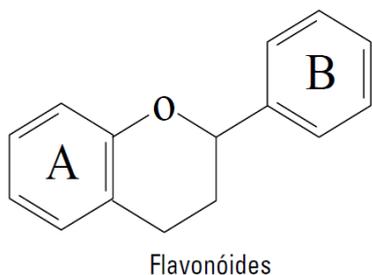


Figura 5 - Estrutura básica dos flavonóides.

Fazem parte dos compostos não flavonóides os seguintes grupos:

a) os compostos derivados da estrutura química C6-C1- além dos compostos hidroxibenzóicos, como os ácidos p-hidroxibenzóico, gálico e elágico (Fig. 6) (JACQUES, 2009).

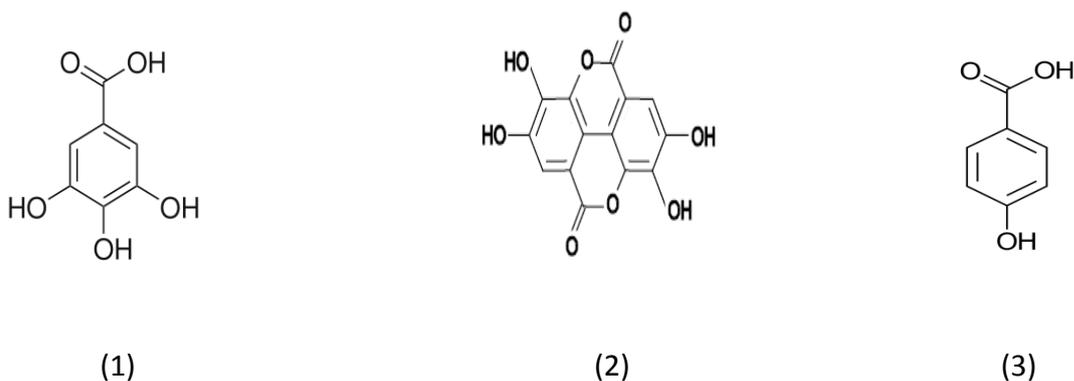


Figura 6 - Estrutura química do ácido gálico (1), ácido elágico (2) e ácido hidróxibenzóico (3).

b) fazem parte desse grupo também os derivados da estrutura química C6-C3 - compostos hidroxicinâmicos, como os ácidos caféico e p-cumárico (fig.7) (JACQUES, 2009).

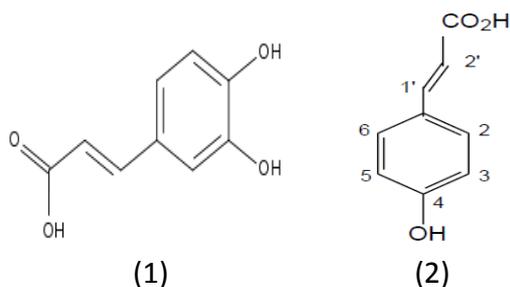


Figura 7 - Estrutura química do ácido caféico (1) e do ácido p-cumárico (2)

c) Fazem parte ainda os derivados da estrutura química C6-C2-C6 - que são específicas do trans- e do cis- resveratrol (Fig.8) (JACQUES, 2009).

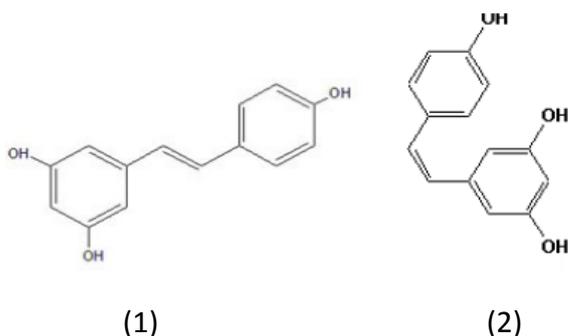


Figura 8 - Estrutura química do trans resveratrol (1) e do cis-resveratrol (2)

Os compostos fenólicos caracterizam-se por serem metabólitos secundários com importantes funções fisiológicas e morfológicas, com ampla distribuição nas espécies do reino vegetal. Atualmente são conhecidas mais de 8.000 destas fitomoléculas, compondo um grande grupo de compostos com ação bioativa no organismo humano, as moléculas fenólicas se encontram tanto em estruturas simples como em estruturas poliméricas (LEMOS, 2008), desempenhando, no organismo humano, diversas funções de prevenção a doenças degenerativas.

A presença dos flavonóides, bem como sua distribuição nas espécies vegetais, depende de fatores como ordem, família e variedade do vegetal. Esses compostos são constituídos a partir da combinação de derivados sintetizados da fenilalanina (via metabólica do ácido chiquímico) e ácido acético. Sua distribuição nas espécies vegetais depende do grau de incidência da luz solar, principalmente dos raios ultravioleta, pois a formação dos flavonóides é acelerada pela luz (JACQUES, 2009).

Os flavonóides são os principais compostos responsáveis por diversas características sensoriais importantes em alimentos tais como adstringência, amargor e aroma, essas substâncias também proporcionam uma estabilidade oxidativa dos produtos derivados de vegetais. Os compostos fenólicos já foram associados negativamente à qualidade de alimentos vegetais devido à

característica antinutricional apresentada sendo que o principal exemplo refere-se à formação dos taninos, pois estes complexam proteínas, conseqüentemente diminui o valor nutricional, podendo inibir a atividade de enzimas como tripsina e lipases. Porém diversos cientistas em estudos recentes têm demonstrado seus efeitos plurifarmacológicos (bactericida, antiviral, antialérgico, antitrombótico, antiinflamatório, anticarcinogênico, hepatoprotetor, vasodilatador), estas características estão despertando um grande interesse principalmente por prevalecer na maioria das dietas, já que são compostos que estão presentes em todos os vegetais (CRUZ, 2008). A determinação do seu perfil assim como do teor presente nos alimentos derivados de vegetais, ganha importante destaque na pesquisa científica devido a sua bioatividade.

Dentre os vegetais consumidos como alimentos, as frutas, principalmente as que apresentam a coloração vermelha e/ou azul, se destacam por serem as mais importantes fontes de compostos fenólicos em dietas alimentares. Estas cores se devem a presença das antocianinas, que são compostos fenólicos pertencentes à classe dos flavonóides. Esses compostos apresentam diversos efeitos biológicos importantes tais como, ação antioxidante, antimicrobiana, antiinflamatória e vasodilatadora. As antocianinas também apresentam diversas funções defensivas nas plantas contra ação negativa causada pelo meio ambiente (luz, temperatura e umidade), também atuam no organismo do vegetal contribuindo para a síntese e diferenças genéticas, de nutrientes e de hormônios (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKY, 2004).

A enzima fenilalanina amônia-liase se apresenta como chave na regulação da via metabólica de fenilpropanóides, conforme ilustra a Figura 9, essa enzima converte a L-fenilalanina em ácido *trans*-cinâmico ocorrendo o início da biossíntese dos compostos fenólicos. As características genéticas da espécie vegetal irão determinar quais classes e subclasses desses compostos fenólicos serão sintetizadas (CRUZ, 2008).

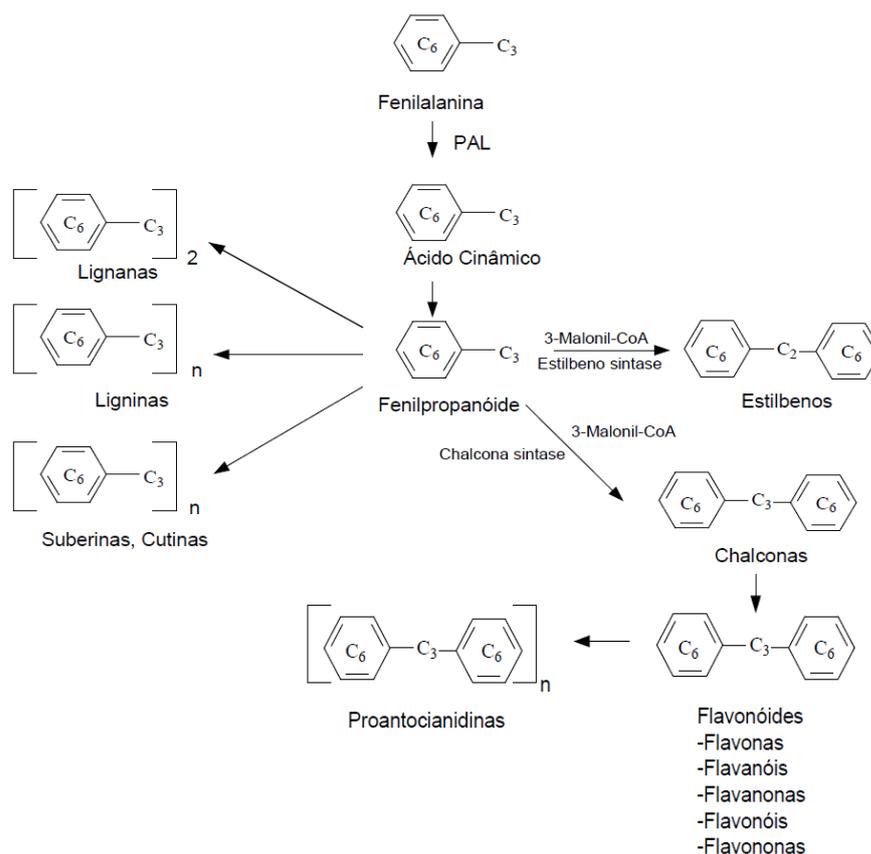


Figura 9 - Metabolismo dos compostos fenólicos em plantas

Fonte - (CRUZ, 2008)

A estrutura heterogênea dos compostos fenólicos proporcionou outra classificação, baseada na cadeia carbônica principal que constitui o composto polifenólico, demonstrado na Tabela 3 (LEMOS, 2008).

Tabela 3 - Classificação dos Compostos Fenólicos de acordo com a Cadeia Principal. Fonte - (LEMOS, 2008).

ESTRUTURA	CLASSE
C ₆	Fenóis
C ₆ -C ₁	Ácidos Hidrobenzóicos
C ₆ -C ₂	Ácidos hidroxicinâmicos, cumarinas e cromanas
C ₆ -C ₃	Acetofenonas e ácidos fenilacéticos
C ₆ -C ₄	Naftoquinonas
C ₆ -C ₁ -C ₆	Benzofenonas e Xantonas
C ₆ -C ₂ -C ₆	Estilbenos e antraquinonas
C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonóides: flavonóis, antocianinas, chalconas, flavonóis, flavonas e isoflavonas
(C ₆ -C ₃ -C ₆) ₂	Biflavonóides
(C ₆ -C ₁) _n	Taninos hidrolisáveis
(C ₆ -C ₃ -C ₆) _n	Taninos condensados ou proantocianidinas

C₆ – Anel benzênico

As moléculas também podem ser classificadas de acordo à massa molar: baixa, média e alta, segundo Escarpa, Gonzalez (2001). Esta classificação dos compostos polifenólicos é demonstrada na Tabela 4 (LEMOS, 2008).

Tabela 4 - Classificação dos Compostos Fenólicos de acordo com a Massa Molar. Fonte - (LEMOS, 2008).

MASSA MOLAR	CADEIA PRINCIPAL	CLASSE
Baixa	C ₆ -C ₁	Ácidos hidroxibenzóicos
	C ₆ -C ₃	Ácidos hidróxicinâminos
Média	C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonóides
	(C ₆ -C ₁) _n	Taninos hidrolisáveis
Alta	(C ₆ -C ₃ -C ₆) _n	Taninos condensados

As antocianinas são classificadas como flavonóides por possuir, como estrutura básica, o núcleo flavano, estas substâncias são caracterizadas por serem hidrossolúveis além de proporcionar a coloração vermelha, azul, violeta e rosa em frutas, hortaliças e flores. 20 tipos de antocianinas já foram identificados, mas, apenas 6 são encontradas em grandes proporções nas espécies vegetais: pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina e malvidina. As demais antocianinas são relativamente raras e são normalmente encontradas apenas em algumas flores e folhas (FENNEMA, 1993), conseqüentemente não contribuem significativamente para os efeitos bioativos provocados por estas substâncias no organismo humano por não estarem presentes na maioria dos alimentos de origem vegetal.

Vários fatores como luz, temperatura, condição nutricional, hormônios, danos mecânicos e ataque de patógenos interferem na biossíntese e acúmulo das antocianinas. O fator mais importante na biossíntese destes compostos é a luz por fotoativar indiretamente as enzimas, catalisadora das reações, através do sistema fitocromo. As características genéticas das espécies vegetais definem as substituições nos carbonos 3 e 5 do anel B definindo as agliconas,

ou antocianidinas, sendo que seis se apresentam como as antocianinas de principal interesse em alimentos (Figura 10).

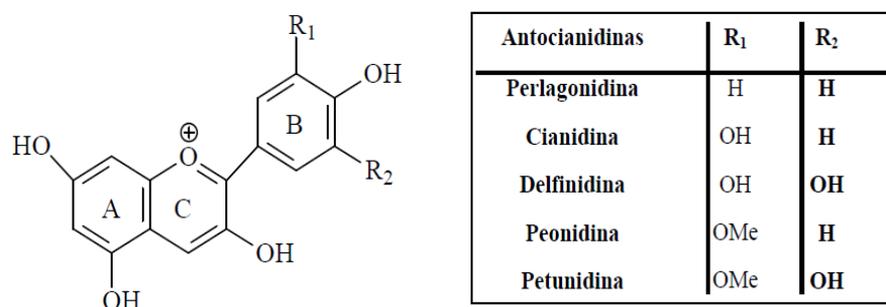


Figura 10 - Principais antocianidinas em alimentos

Fonte - (CRUZ, 2008).

Nas espécies vegetais as antocianinas se apresentam principalmente na forma de mono ou di-glicosídeos, e em menor proporção na forma de agliconas, sendo que as glicosilações ocorrem com mais frequência nos carbonos 3 e 5, porém raramente ocorrem como triglicosídeos nas posições 7, 3, 4 e/ou 5 (CRUZ, 2008).

As antocianinas são substâncias que apresentam um alto poder antioxidante, esta característica é proporcionada pela deficiência de elétrons do núcleo flavílio e à presença de hidroxilas livres, outras estruturas químicas na molécula também contribuem de forma menos significativa para este efeito, a atividade antioxidante pode variar quanto à intensidade em função da antocianina, acilações e copigmentações (SOBRATTEE *et al.*, 2005; WADA *et al.*, 2007), portanto seu potencial antioxidante é dependente das diferenças na estrutura química. Com a variação da posição além dos diferentes grupos químicos nos anéis aromáticos das antocianinas, a capacidade dos radicais de incorporar elétrons desemparelhados de moléculas em sua nuvem eletrônica também varia. O potencial antioxidante das antocianinas depende da quantidade e posição dos grupos hidroxilas além de sua conjugação, também a presença de elétrons doadores no anel da estrutura, interfere no potencial antioxidante devido à capacidade que o grupo aromático possui de suportar a ausência de elétrons perdidos (VOLP *et al.*, 2008).

No organismo humano suas células e tecidos estão constantemente suscetíveis as ações agressivas provocadas pelos radicais livres e espécies reativas do oxigênio, os quais são produzidos durante o metabolismo normal do oxigênio ou são induzidos por danos exógenos (VOLP *et al.*, 2008).

Enzimas como cicloxigenases, lipoxigenases, relacionadas a processos inflamatórios e também enzimas do sistema das citocromoxidases sofrem indução ou inibição pela atividade de vários flavonóides. Os compostos polifenólicos inibem os processos de inflamação vascular que contribuem para o aparecimento de doenças cardiovasculares, sua ação antioxidante está relacionada à efetiva proteção contra estas doenças (VOLP *et al.*, 2008).

Os compostos fenólicos, principalmente as antocianinas, também possuem atividade bioativa anticarcinogênica. Diversas experiências foram realizadas para determinar a divisão da carcinogênese sendo que os resultados mostraram que estes ocorrem em três estágios: iniciação, promoção e progressão. O primeiro estágio, a iniciação, tem como principal característica a alteração do material genético, podendo ou não resultar em mutação. O segundo estágio, a promoção, caracteriza-se por converter a célula iniciada em pré-maligna, é um processo longo e reversível. A célula pré-maligna convertida à célula maligna ocorre devido ao dano adicional ao cromossomo, com aumento da autonomia, a célula divide-se de forma descontrolada. A atividade dos flavonóides, em especial as antocianinas, pode estar relacionada à sua ação antioxidante nessas diversas fases, ao aumento da resposta imune ou ainda à modulação da expressão do gene supressor tumoral. Entretanto, ainda não estão estabelecidos onde os flavonóides podem agir nos estágios da carcinogênese (VOLP *et al.*, 2008).

Kuskoski *et al.* (2006) determinaram os polifenóis totais pelo método de Folin-Ciocalteu ($20,0 \pm 2,6$ mg 100g⁻¹) e a quantidade de antocianinas, pelo método da diferença de pH; porém não foram encontradas antocianinas na polpa do fruto de *P. edulis* f. *flavicarpa* (ZERAİK *et al.*, 2010), a coloração da polpa de maracujá tendendo ao amarelo é um indicativo do seu baixo teor, entretanto, vários estudos realizados, utilizando métodos mais eficientes mostram presença significativa de antocianinas na polpa de maracujá. O

estudo do teor desta fitomolécula torna-se importante devido sua ação bioativa no organismo humano.

Em 1997, Kidoy *et al.* estudaram os pigmentos antociânicos do fruto de *P. edulis* (variedade não especificada) e de *P. suberosa* por cromatografia líquida de alta eficiência analisados em EM (Espectômetro de Massa) e RMN (Ressonância Magnética Nuclear) demonstrando a presença de cianidina 3-glicosídeo (97%) e cianidina 3-(6'- malonilglicosídeo) (2%) e pelargonidina 3-glucosídeo (1%) em *P. edulis* (variedade não especificada) (ZERAIK *et al.*, 2010).

Costa *et al.* (2008), verificou a existência de variabilidade genética dentro das coleções de *P. setacea* para os teores de compostos fenólicos. Os valores médios encontrados na polpa (tempo 0) estiveram na faixa de 50,64 a 77,62 mg/100g. Os valores foram elevados quando comparados aos do maracujá azedos *P. edulis* ($20,0 \pm 2,6$ mg/100g), Cupuaçu ($20,5 \pm 3,0$ mg/100g) e abacaxi ($21,7 \pm 4,5$ mg/100g), mas foram inferiores aos encontrados nas polpas de uva, amora, morango e açaí (faixa de 117,1 a 133 mg/100g), acerola e manga (faixa de 545 a 580 mg/100g) (KUSKOSKI *et al.*, 2006).

As pesquisas mencionadas apresentaram quantidades apreciáveis de antocianinas presente na polpa da *P. edulis* f. *flavicarpa* e *P. setacea*, utilizando métodos mais eficientes de quantificação em relação ao primeiro trabalho citado, demonstrando a importância dos estudos que determinem a presença e quantidade desta fitomolécula nas espécies *P. setacea* e *P. cincinnata* estudadas no presente trabalho. Sua reconhecida bioatividade torna esta fruta assim como os produtos derivados como o suco concentrado, mais atrativo ao consumidor que busca cada vez mais alimentos que além de nutrir proporcionam saúde e bem estar melhorando a qualidade de vida, podendo culminar com o aumento do consumo da fruta e suco *in natura* e da polpa concentrada.

2.3 - Degradação e biodisponibilidade

Os compostos fenólicos, antocianinas e carotenóides presentes na polpa de diversas frutas são muito suscetíveis a degradação, vários fatores podem provocar sua total destruição, inatividade total ou alterações que causam a diminuição da sua bioatividade. Durante o processamento a polpa de fruta é submetida a tratamentos térmicos e a depender de suas características químicas faz-se necessário a adição de substâncias adicionais tais como ácidos orgânicos que aumentam a acidez da polpa. O aumento inadequado da temperatura assim como uma acidez elevada poderá ocasionar a degradação dos compostos fenólicos, antocianinas e carotenóides presentes na polpa diminuindo seu valor biológico. Outros fatores tais como luz e presença de oxigênio também contribuem para degradação.

Para os carotenóides as principais mudanças que ocorrem na sua estrutura são a isomerização das duplas-ligações e a oxidação. Os fatores causadores dessas alterações são: temperatura, luz, presença de oxigênio e pH ácido que é o principal fator responsável pela isomerização das duplas ligações, ou seja, esta reação ocorre quando o carotenóide altera sua configuração “all trans” passando a apresentar duplas ligações de configuração “cis”, causando perda da intensidade de cor. Outro efeito provocado por uma dupla-ligação cis provoca a perda da atividade de pró-vitamina A, relacionada ao alfa, beta e gama carotenos (GIORI, 2010).

A preservação das características dos carotenóides também é influenciada pela limitação do oxigênio, uma vez que, mesmo em pequenas quantidades o oxigênio dissolvido pode reagir com os carotenóides formando epóxidos, que são os primeiros intermediários de uma reação que culminará na degradação. Os estágios iniciais da degradação são catalisadas pela ação da luz envolvendo a epoxidação e clivagem com formação de apocarotenóides, as fragmentações subsequentes resultam em compostos de baixa massa molecular que dão origem a sabores desagradáveis (GIORI, 2010).

A temperatura é outro fator de degradação, a maioria dos carotenóides é termolábil, principalmente as xantofilas. A propensão em sofrer isomerização e oxidação é característica dos carotenóides altamente insaturados. Esta reação

é promovida pela ação do calor, luz solar direta ou luz ultravioleta, ácidos e adsorvantes com superfície ativa, que culminam na isomerização de trans carotenóides, que são suas conformações usuais, para cis-carotenóides, podendo causar, com maior disponibilidade de energia, a destruição desses pigmentos. As degradações oxidativas são as principais causas de grande perda de carotenóides (GIORI, 2010), afetando o valor nutritivo da polpa.

Os compostos fenólicos e antocianinas também são afetados por diversos agentes que provocam sua degradação ou tornam inadequados para as características tecnológicas ótimas devido a alterações indesejáveis que podem ocorrer, principalmente nas antocianinas, devido ação destes agentes. Diversos fatores interferem na estabilidade das antocianinas, portanto, é primordial definir as condições adequadas de processamento da polpa de maracujá, de forma que os compostos fenólicos e antocianinas apresentem o mínimo de alterações em suas características. A estabilidade da cor de antocianinas é dependente da estrutura e da concentração dos pigmentos, além de fatores como o pH, a temperatura e a presença de oxigênio (LOPES *et al.*, 2007), parâmetros inadequados tornam estas fitomoléculas indisponíveis ou causam sua destruição.

A acidez é um dos fatores de degradação das antocianinas, entretanto sua estabilidade é maior sob condições ácidas, podendo ocorrer degradação por vários mecanismos em acidez muito elevada, iniciando com perda da cor, seguida do surgimento de coloração amarelada e formação de produtos insolúveis. A sensibilidade ao pH é o principal fator limitante no processamento e utilização das antocianinas, afetando a cor e a estabilidade química (LOPES *et al.*, 2007).

Alguns compostos atuam como copigmento das antocianinas sendo eles: aminoácidos, ácidos orgânicos, flavonóides, alcalóides, a presença de flavonóides não antociânicos podem agir como protetores contra a degradação. Outro fator importante para a estabilidade das antocianinas é a temperatura porque à medida que se submete a polpa de fruta, que contem antocianinas, a temperaturas superiores à ambiente (25°C), a sua degradação é maior, o

aumento do pH, torna a degradação pelo aumento da temperatura ainda mais acentuada (LOPES *et al.*, 2007).

A interação com cátions de alumínio, ferro e outros metais com as antocianinas formam produtos insolúveis. A presença de oxigênio na polpa de frutas também proporcionam uma degradação significativa das antocianinas, mesmo protegido da incidência de luz e em todos os valores de pH. Esta degradação é proporcionada pelo mecanismo de oxidação direta ou indireta dos constituintes da polpa que reagem com as moléculas de antocianinas, esta reação da origem a Precipitados e ao desenvolvimento de turbidez em sucos de frutas, estas características inadequadas podem ser resultado da oxidação direta da base carbinol de antocianinas afetando sua biodisponibilidade (LOPES *et al.*, 2007).

O correto dimensionamento dos equipamentos térmicos com aferição adequada da energia na forma de calor necessária ao incremento das temperaturas necessárias ao processo térmico através da determinação de suas propriedades termofísicas das polpas dos frutos das espécies *P. setacea* e *P. cincinnata* é de extrema importância para evitar a perda significativa dos compostos fitoquímicos devido à degradação térmica.

A determinação de suas características químicas, como a acidez titulável também é necessário, uma vez que níveis de acidez próximos ao encontrado na espécie de referência *P. edulis* f. *flavicarpa* descarta a necessidade de adição de ácidos orgânicos para proporcionar a acidez adequada ao processamento, evitando assim a degradação por acidez elevada dos compostos fitoquímicos. A degradação torna os compostos fenólicos, antocianinas e carotenóides indisponíveis ou favorecem desenvolvimento de sabores estranhos, precipitados ou turbidez da polpa tornando o produto inadequado ao consumo, mesmo com a não ocorrência das alterações tecnológicas a degradação dos fitoquímicos diminui o valor biológico da polpa por que torna estas substâncias indisponíveis ao organismo ou inativos não exercendo as ações benéficas contra prevenção de doenças esperada para cada composto.

Segundo Lemos (2008) a ingestão dietética de polifenóis sugerida é de 1g dia^{-1} , este valor corresponderá a aproximadamente 10 vezes a ingestão de vitamina C, e 100 vezes a ingestão de vitamina E e carotenóides. As mais importantes fontes dos compostos fitoquímicos determinados no presente trabalho são frutas, chás, café, vinho tinto, especiarias, cereais, chocolate, dentre outras.

Mesmo determinando a presença dos fitoquímicos na polpa das espécies *P. setacea* e *P. cincinnata*, assim como em qualquer alimento, sua ação no organismo humano será dependente da quantidade presente na polpa das frutas das espécies estudadas e da sua biodisponibilidade, quantidades biodisponíveis menores que as recomendadas não proporcionarão ação bioativa.

3 - PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS

As propriedades termofísicas de uma substância são determinadas pela quantidade de energia na forma de calor transferida de um meio para outro em diferentes condições de tempo de transferência e temperatura entre os meios. Baseado em experiência, sabe-se que tal transferência de energia é induzida apenas como resultado de uma diferença de temperatura entre o sistema e sua vizinhança, e ocorre somente na direção decrescente da temperatura. Este meio de transferir energia é chamado de transferência de energia através de calor (MORAN; SHAPIRO, 2002). O calor é uma das duas formas disponíveis para transferência de energia de um sistema a outro através de uma fronteira, o outro meio é o trabalho. O calor descreve a energia transferida entre sistemas que não se pode ser associada à execução de um trabalho mecânico. A modelagem de processos de transferência de energia na forma de calor considera três formas de transmissão: condução, radiação e convecção.

A radiação térmica é definida como a emissão de energia pela matéria como resultado das mudanças na configuração eletrônica dos átomos ou moléculas que constitui o meio, a energia é transportada por ondas eletromagnéticas e não necessitam de meio físico para se propagar (MORAN; SHAPIRO, 2002).

A convecção é definida pela transferência de energia na forma de calor entre uma superfície sólida a uma temperatura inicial e um gás ou líquido adjacente em movimento que proporcionará uma temperatura final (MORAN; SHAPIRO, 2002).

Para as determinações termofísicas das polpas dos frutos das espécies *P. cincinnata*, *P. setacea* e *P. edulis* f. *flavicarpa* a principal forma de transferência de energia na forma de calor considerada é a condução, que é caracterizada pela transferência de energia das partículas mais energéticas de uma substância para as partículas adjacentes que são menos energéticas, devido a interações entre as moléculas (MORAN; SHAPIRO, 2002). Esta definição tem especial importância por que proporcionará os parâmetros para modelagem dos processos térmicos realizados por caldeiras para produzir a energia na forma de calor necessária ao sistema, para concentradores, pasteurizadores, esterilizadores e resfriadores que irão realizar efetivamente o processamento térmico da polpa das frutas.

As frutas tropicais típicas da região Nordeste do Brasil proporcionam um grande potencial, ainda pouco explorado pela agroindústria brasileira. O consumo se restringe à região de produção, sendo que uma pequena quantidade se destina aos mercados consumidores de maior poder aquisitivo das regiões Sul e Sudeste, a grande maioria dessas frutas, não consta na pauta de exportações brasileiras. Este fato vem como consequência da alta perecibilidade das frutas que são comercializadas em sua maioria, exclusivamente de forma *in natura*. Outros fatores que contribuem para baixa exploração comercial são: a sazonalidade, a baixa produtividade no campo e a consequente falta de produtos processados tais como a polpa *in natura* congelada e polpa concentrada, o que diminuiria a perecibilidade e aumentaria sua acessibilidade e valor de consumo possibilitando a inserção em outros mercados consumidores. Essas limitações proporcionam um desperdício da aptidão produtiva natural e da capacidade de exploração agroindustrial de espécies vegetais frutíferas nordestinas, a exemplo da *P. setacea* e *P. cincinnata*, que se adaptam bem as condições climáticas e ambientais do nordeste brasileiro cujo clima quente, alta incidência solar e temperatura

ambiente quase constante ao longo do ano, favorecem a produção das culturas nativas (LIMA; QUEIROZ; FIGUEIRÊDO, 2003).

Para exploração agroindustrial, da polpa *in natura* e polpa concentrada das espécies *P. setacea* e *P. cincinnata* no que se refere ao processamento, são necessários a determinação das suas características químicas que influenciarão parâmetros de processamento e principalmente suas propriedades termofísicas que serão essenciais para modelagem dos processos envolvendo energia na forma de calor, com a finalidade de se obter um produto com parâmetros sensoriais e nutricionais adequados, além de evitar a degradação de compostos fitoquímicos da polpa devido a parâmetros térmicos inadequados.

Segundo Kurozawa *et al.*, (2008), o conhecimento das propriedades térmicas e como ocorre a influência da temperatura na variação destas propriedades durante o processamento em função da temperatura são de importância fundamental nos processos de transferência de energia na forma de calor. Estas informações são necessárias para realização do projeto adequado de equipamentos de processamento de alimentos, especialmente trocadores de calor (DE MOURA *et al.*, 1998).

Em vários estudos realizados, os valores medidos e calculados de propriedades termofísicas de alimentos já foram publicadas por diversos autores. Porém, existe pouca informação disponível relatando as propriedades térmicas de frutas tropicais e inexistem informações sobre as propriedades termofísicas para as espécies *P. setacea* e *P. cincinnata*. Diversos modelos têm sido desenvolvidos para descrever as propriedades térmicas de uma substância em condições pré-determinadas, entretanto sua aplicação é limitada a parâmetros específicos não atingindo uma ampla gama de alimentos. A abordagem mais eficiente é fundamentada na composição química, temperatura e características físicas. A maioria dos modelos estruturais utilizados não considera as interações entre os componentes que constituem os alimentos, embora estas interações possam ter relevante importância na modelagem do processamento térmico (HAMDAMI; MONTEAU; BAIL, 2004).

Polpas de frutas utilizadas como matéria-prima no processamento realizado na indústria alimentícia, assim como outras matérias primas que darão origem a produtos alimentícios, geralmente submete-se a processos de aquecimento com a finalidade de eliminar microrganismos deterioradores e patogênicos, inativar enzimas naturais e resfriamento com finalidade de retardar processos metabólicos e microbiológicos em condições de estocagem. Esses processos são modelados nos projetos de dimensionamento e instalação de equipamentos aquecedores, resfriadores, evaporadores, separadores e embaladores dos produtos. Para obtenção do máximo de eficiência possível é necessário a correta determinação das propriedades termofísicas das matérias-primas, com o objetivo de se calcular cargas térmicas, dispêndios energéticos, dimensionamento das estruturas de suporte (ARAÚJO, QUIEROZ, FIGUÊIREDO, 2003).

A utilização de todos os recursos necessários ao processamento demanda gastos expressivos com energia, com sistemas e instalações, os quais poderão ser otimizados pelo correto dimensionamento levando em consideração as cargas energéticas requeridas pelo material que por sua vez dependem das suas características termofísicas. Lima, Queiroz, Figueiredo (2003), em seu estudo das propriedades termofísicas da polpa de umbu afirmam que os conhecimentos necessários para manipulação, transporte e estocagem de polpas de frutas envolvem propriedades físicas relacionadas ao material que são importantes para o correto dimensionamento dos equipamentos destinados a estas operações. No caso de polpas de frutas, são usados processos de aquecimento em pasteurização, concentração, etc., e a utilização de baixas temperaturas é um procedimento largamente utilizado para a preservação da qualidade desses produtos.

Na modelagem de processos envolvendo energia na forma de calor, a utilização das equações necessárias aos cálculos e ao dimensionamento de todo o sistema é condicionado à determinação e disponibilização dos dados referente às características intrínsecas dos materiais envolvidos no processamento, principalmente as propriedades termofísicas. Estimativas de dispêndios e trocas energéticas podem ser calculadas a partir da determinação dos valores de massa específica, difusividade térmica, calor específico e

condutividade térmica das matérias-primas e materiais envolvidos no processo (ARAÚJO, QUIEROZ, FIGUÊIREDO, 2003).

3.1 - Difusividade térmica

A difusividade térmica é definida como a relação entre a condutividade térmica e o calor específico do produto multiplicado por sua massa específica; esta relação nos fornece a informação sobre como a temperatura pode variar quando um material é submetido a uma situação de aquecimento ou resfriamento. A descrição da razão entre a capacidade em transferir energia na forma de calor e a capacidade de armazenar energia térmica, em condições onde a transferência de energia na forma de calor ocorre em regime transiente ou estacionário, torna a difusividade térmica a mais utilizada das propriedades para modelagem dos processos térmicos (ARAÚJO, QUIEROZ, FIGUÊIREDO, 2003).

Vários estudos proporcionam o desenvolvimento de métodos para determinar por estimativa as propriedades térmicas de diversos alimentos através da aplicação da equação de condução de energia na forma de calor, estes métodos podem ser classificados em duas grandes categorias: métodos de transferência de estado estacionário e transiente de energia na forma de calor. O método de estado transiente é utilizado para a determinação da condutividade térmica e difusividade térmica simultaneamente e emprega uma sonda como fonte de energia na forma de calor para realização das determinações. Devido ao seu curto tempo de resposta, a simplicidade, baixo custo e por se adequar de forma eficiente a amostras experimentais de tamanhos reduzidos, essa metodologia vem sendo aplicada para determinação da difusividade e condutividade térmica em muitos alimentos (KUROZAWA *et al.*, 2008). Entretanto para determinação da difusividade térmica realizados nas polpas dos frutos das espécies *P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. setacea*, *P. cincinnata*, foi utilizada a metodologia de transferência de estado estacionário.

A metodologia para determinação de energia na forma de calor em regime estacionário contrapõe-se à metodologia para determinação em regime transiente. Embora o regime transiente apresente muitas vantagens, devido ao curto período de resposta do experimento e na precisão da determinação, os

detalhes e os custos construtivos de equipamento experimental para o regime transiente são maiores e mais dispendiosos em relação a um equipamento experimental em regime estacionário. A complexidade e custos para construção de equipamento para medir as propriedades térmicas, tais como difusividade e condutividade térmicas, deve-se a variação das amostras experimentais segundo sua natureza, variedade, teor de umidade e temperatura (PARK; ALONSO; NUNES, 1999).

Segundo Freire (1981), os métodos de estado em regime estacionário podem ser divididos em: método das placas paralelas, método do cilindro concêntrico e método da esfera concêntrica. A solução de equações de transferência de calor em coordenadas retangulares, cilíndricas e esféricas, respectivamente, é requerida para aplicação das metodologias de regime de estado estacionário. Neste método, a temperatura é mantida de forma constante em cada superfície da amostra experimental e o material utilizado para transferência de energia na forma de calor. A razão constante de fluxo de energia na forma de calor, obtida após o equilíbrio entre os dois materiais, é medida para uma dada área seccional perpendicular ao fluxo e um gradiente de temperatura. Devido a sua simplicidade, este foi um dos primeiros métodos a serem utilizados para materiais biológicos (PARK; ALONSO; NUNES, 1999), esta metodologia apresenta a vantagem de proporcionar uma grande flexibilidade para determinações termofísicas em alimentos que apresentam grande variação das suas características físicas e químicas.

3.2 - Calor específico

O calor específico é definido como a quantidade de energia necessária para alterar temperatura em 1 grau de uma unidade de massa cujo valor é significativamente afetado pela quantidade e estado físico da água presente no material, sendo, portanto, fundamental para se determinar a quantidade de energia a ser adicionada ou removida nos processos de aquecimento e resfriamento (ARAÚJO, QUIEROZ, FIGUÊIREDO, 2003).

$$C_p = \left(\frac{\partial h}{\partial t} \right)_p$$

A determinação de propriedades termofísicas básicas como o calor específico é muito importante para prever o comportamento reológico da polpa do fruto que será submetida ao processamento térmico, por que permite determinar a carga térmica correta nas unidades de processamento, segundo Kasahara *et al.* (1986) o calor específico se altera durante o congelamento com a alteração do estado da água presente no produto e com os quantitativos dos sólidos solúveis totais existentes nas polpas das frutas. A maioria dos métodos utilizados para determinação do calor específico baseia-se no equilíbrio térmico estabelecido entre um primeiro material, que se pretende determinar o calor específico, e um segundo material de calor específico conhecido. O método mais simples utilizado para determinação do calor específico em materiais biológicos é o método das misturas (MATA; DUARTE, 2003).

3.3 - Massa específica

A massa específica de uma substância, normalmente é definida como a razão entre a massa e o volume dessa substância. Sendo assim seria correto afirmar que a massa específica proporciona uma medida do grau de concentração de massa em volume, onde o valor determinado é expresso em quilogramas por metro cúbico (kg/m³). Entretanto a concentração de sólidos totais em um fluido como a polpa de frutas, a concentração de massa em todos os pontos de seu volume é muito variável, interferindo na determinação de suas propriedades termofísicas, fazendo-se necessário a realização da homogeneização para correta determinação da massa específica em todo o volume da polpa. Quando as substâncias podem ser tratadas como meios contínuos, é possível falar de suas propriedades termodinâmicas intensivas em um ponto. Assim, em qualquer instante, a massa específica em um ponto é definida por:

$$\rho = \lim_{v \rightarrow v'} \left(\frac{m}{v} \right)$$

Onde v' é o menor volume no qual existe um valor definido para essa razão. Ele é o menor volume para o qual a matéria pode ser considerada um meio contínuo e é normalmente pequeno para ser considerado um ponto (MORAN; SHAPIRO, 2002).

A massa específica, ou massa local por unidade de volume, é uma propriedade intensiva que pode variar de ponto para ponto dentro de um sistema. Dessa forma, a massa associada a um certo volume V é, em princípio determinada por integração

$$m = \int_V \rho \, dv$$

e não simplesmente como o produto da massa específica e o volume (MORAN; SHAPIRO, 2002).

A determinação da massa específica é importante, pois interfere diretamente no fluxo de energia na forma de calor que se propaga através do atrito entre as partículas que constituem o fluido ou através de troca mútua de energia entre os átomos e moléculas. A propagação da energia na forma de calor sempre ocorre na direção de uma região de temperatura mais elevada para uma região de temperatura menos elevada, até que se alcance o equilíbrio.

Um baixo valor de massa específica implica dizer que à baixa concentração de sólidos solúveis por unidade de volume na polpa de frutas, as moléculas estando mais afastadas umas das outras dispersas na solução proporcionam menores colisões dificultando a difusão da energia na forma de calor na polpa. Sendo assim será necessário um maior fornecimento de energia para proporcionar uma absorção adequada pelas moléculas culminando com o aumento da temperatura, como conseqüência ocorre um maior e mais veloz movimento aleatório dos átomos formadores das moléculas com maior difusão da energia na forma de calor, provocando diminuição da massa específica e aumento de pressão.

A massa específica influenciará, assim como as outras propriedades estudadas no presente trabalho a modelagem de equipamentos como caldeiras, pasteurizadores, esterilizadores, evaporadores, dentre outros, além de fornecer informações para estabelecimento de parâmetros de processamento térmico tais como aumento ou diminuição da pressão de vapor que fornecerá a energia calorífica necessária ao processo.

4 - OBJETIVOS

4.1 - Objetivos gerais

Avaliar o potencial para o processamento da polpa de duas espécies silvestres de maracujá sendo elas *Passiflora setacea* e *Passiflora cincinnata*, determinando o rendimento de polpa dos frutos, características químicas e fitoquímicas, características termofísicas tendo como referência as mesmas determinações feitas para a espécie *P. edulis* f. *flavicarpa*.

4.2 - Objetivos específicos

- Determinar o rendimento de polpa, Sólidos solúveis Totais e acidez titulável das espécies *Passiflora setacea* e *Passiflora cincinnata* em comparação com a espécie *P. edulis* f. *flavicarpa*.
- Determinar o teor dos compostos fitoquímicos: carotenóides totais, antocianinas totais, compostos fenólicos.
- Determinar as propriedades termofísicas: difusividade térmica, calor específico e massa específica.

5 - MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido nos Laboratórios da Biofábrica UESB, Campus de Vitória da Conquista, no Laboratório de Engenharia de Processos e no Laboratório Núcleo de Estudos em Ciências de Alimentos UESB, campus de Itapetinga.

Foram utilizadas frutas das espécies de maracujá *Passiflora setacea*, *Passiflora cincinnata*, e *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. As frutas de *P. cincinnata* e *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* foram adquiridos na Central de Abastecimento de Vitória da Conquista. Já as frutas *P. setacea* foram coletadas em área de vegetação classificada como mata-de-cipó nas proximidades do campus da UESB em Vitória da Conquista, município localizado no Sudoeste do Estado da Bahia, a 14°53' latitude sul e 40°48' longitude oeste, à altitude média de 870 m.

A temperatura média anual é de aproximadamente 21°C e a precipitação média anual está em torno de 700 a 1200 mm.ano⁻¹.

5.1 - Preparo da matéria prima

As frutas foram transportadas para o Laboratório da Biofábrica, onde foram selecionadas de acordo com o grau de sanidade visual (ausência de danos mecânicos e manchas fúngicas) e tamanho. Em seguida foram lavadas superficialmente com água e detergente neutro, separadas em 10 recipientes, cada recipiente contendo 20 frutos para as respectivas análises, para a espécie *P. setacea* foram 9 recipientes contendo 20 frutos devido a escassez no local onde foram coletadas.

Para extração da polpa, utilizou-se um liquidificador onde as sementes foram separadas da polpa, após separação manual das cascas. Em seguida foram pesadas a polpa, as sementes e as cascas. A polpa foi medida utilizando uma proveta graduada, sendo que uma quantidade foi separada para imediata análise de sólidos solúveis totais e acidez titulável, em seguida a polpa foi embalada em sacos de polietileno de alta densidade, em volumes de 200 mL e armazenadas sob refrigeração à temperatura de - 20° C durante 15 dias até a realização das análises e termofísicas e em um total de 30 dias até a realização das análises fitoquímicas.

5.2 - Determinações físico-químicas, fitoquímicas e termofísicas

Todas as determinações do teor de carotenóides, antocianinas e compostos fenólicos bem como as determinações termofísicas foram realizadas em triplicata a partir das amostras de polpas congeladas das espécies de maracujá estudadas. Para as polpas extraídas foram realizadas as análises físico – químicas em 10 repetições em duplicata para cada amostra.

5.2.1 - Determinações físico-químicas

Para as determinações físico - químicas (Acidez Titulável Total, Sólidos solúveis Totais e de rendimento de polpa), os frutos obtidos foram selecionados e dispostos em 10 recipientes contendo 20 frutos cada, sendo que para os frutos da espécie *P. setacea* foram 9 recipientes contendo 20 frutos.

- **Rendimento de polpa:** Foram pesados os frutos, logo após realizou-se a extração da polpa que foi medida em proveta com as sementes sendo separadas da polpa com auxílio de uma peneira, posteriormente estas foram pesadas, já a polpa foi novamente medida em proveta sem sementes. Após o despulpamento do fruto procedeu-se com as análises de Acidez Titulável e Sólidos Solúveis.

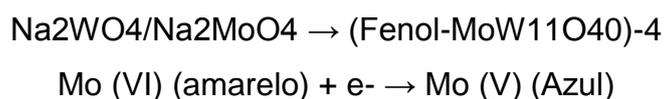
- **Acidez titulável:** Utilizou-se 2 mL de polpa recém extraída, por titulação com NaOH 0,1N e fenolfitaleína a 1%, expressa em % de ácido cítrico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

- **Sólidos solúveis:** Para esta determinação realizou-se a leitura em refratômetro digital modelo R² mini, (marca Reichert), a 20°C, expressos em °Brix, uma pequena quantidade da polpa recém extraída foi disposta na leitora do equipamento para proceder à leitura do ° Brix.

5.2.2 - Determinação de compostos fenólicos totais

A determinação de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com o método descrito por Badiale-Furlong *et al.* (2003). Dessa forma pesou - se 35 gramas de amostra de polpa congelada de cada uma das espécies de maracujá estudadas previamente triturada e diluiu-se em 25 mL de metanol. A amostra foi homogeneizada a cada 5 minutos durante 1 hora a temperatura ambiente. Filtrou-se com algodão, transferindo o homogeneizado para balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com metanol. Para clarificar o extrato aquoso, adicionou-se 5 mL de solução de hidróxido de bário 0,1M e 5 mL de solução de sulfato de zinco a 5%, ficando em repouso por 20 minutos para então realizar uma centrifugação. Para realizar a quantificação dos fenóis totais, utilizou-se 2 mL do extrato clarificado, ao qual foi adicionado 4,5 mL de solução de carbonato de sódio a 2% em NaOH 0,1M. Deixou-se 10 minutos em banho-maria a 37 °C e então foi adicionado 1mL de reagente de Folin-Ciocalteu diluído (1:2, v/v) em água ultra pura. Após proceder com o reagente de Folin-Ciocalteu realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Marca Shimadzu Modelo UV Mini 1240), com comprimento de onda a 765 nm, Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico.100 g⁻¹ fruta fresca.

A obtenção do teor de compostos fenólicos totais em produtos naturais foi desenvolvida por Folin e Ciocalteu (1927). Este experimento foi fundamentado nas características óxido-redutoras dos compostos fenólicos e da sua capacidade em complexar-se com vários metais. Na reação os compostos fenólicos são oxidados a fenolatos em solução alcalina pelo reagente de Folin Ciocalteu. Faz parte da composição desse reagente uma mistura de ácidos fosfotungstíco ($H_3PW_{12}O_{40}$) e fosfomolibdídico ($H_3PMo_{12}O_{40}$) que sofrem redução formando uma mistura de óxidos azuis de tungstênio (W_8O_{23}) e de molibdênio (Mo_8O_{23}). A obtenção da coloração azul está relacionada com o potencial redox dos grupos fenólicos, possuindo uma absorção de comprimento de onda máximo a 773 nm, os polifenóis totais detectados são expressos como equivalente de ácido gálico ou catequina (LEMOS, 2008).



5.2.3 - Determinação de antocianinas totais

A determinação de antocianinas totais foi realizada segundo o método descrito por Lees, Francis (1972). No presente estudo, pesou-se um grama de amostra da polpa congelada de cada uma das espécies de maracujá estudadas, deixou-se em repouso por 1 hora em um béquer com 25 mL de etanol a 95% acidificado com ácido clorídrico a 1,5N até pH 1,0, homogeneizando-se a amostra a cada 5 minutos. Após o repouso da amostra em etanol acidificado, o resíduo foi filtrado completando-se o volume com etanol em balão volumétrico de 50 mL. A leitura foi realizada em espectrofotômetro da Marca Shimadzu (Modelo UV Mini 1240) com o comprimento de onda a 520 nm, usando etanol como branco.

O cálculo da concentração total de antocianinas foi baseado na Lei de Beer (eq.1), e os resultados foram expressos em mg de cianidina 3-glicosídeo por 100 gramas de fruta fresca.

$$A = \epsilon \cdot C \cdot l \quad (\text{eq.1})$$

Onde: A= absorvância

ϵ = Coeficiente de absorção molar

C= concentração mol/L

l = caminho óptico em cm

5.2.4 - Determinação de carotenóides totais

A determinação de carotenóides totais foi realizada segundo o método descrito por Rodriguez-Amaya (1999). Foi pesado 5 g das amostras de polpa congelada das espécies de maracujá estudadas e 2 g de celite. Adicionou-se 20 mL de acetona gelada, agitando-se o conteúdo por 10 minutos. O material foi filtrado em funil de buchner com papel de filtro, lavando a amostra com acetona até que o extrato ficasse incolor. O filtrado foi transferido para um funil de separação, onde acrescentou 30 mL de éter de petróleo e 100 mL de água destilada. A seguir descartou-se a fase inferior e repetiu-se o procedimento por 4 vezes para ocorrer a remoção total da acetona.

Transferiu-se o extrato superior para um balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com éter de petróleo. A leitura foi realizada em espectrofotômetro da Marca Shimadzu (Modelo UV Mini 1240) com comprimento de onda a 450 nm, usando éter de petróleo como branco.

O conteúdo de carotenóides foi determinado pela equação 2.

$$C = \text{ABS} \times 50 \text{ mL} \times 106 / 2.500 \times 100 \times \text{g amostra} \quad (\text{eq.2})$$

Onde, C= concentração da amostra e ABS= absorvância.

Os resultados foram expressos em mg de β -caroteno.100g-1 fruta fresca.

5.3 - Determinações termofísicas

5.3.1 - Difusividade térmica

Para determinação experimental da difusividade térmica, em triplicata, utilizou-se a metodologia proposta por Dickerson (1965). O aparato utilizado consistiu em um cilindro metálico medindo 0,049 m de diâmetro interno, 0,23 m de comprimento e vedado nas extremidades por meio de rolhas de nylon. O cilindro foi provido de dois medidores de temperatura, um soldado à superfície externa e o outro inserido através do centro de uma das rolhas, de modo a aferir a temperatura no centro radial e em posição equidistante das extremidades. O cilindro era preenchido com as amostras, adicionadas de 1% de gelatinizante (ágar) para evitar a convecção natural, e o aparato era imerso em banho termostático, ajustado para aquecimento até a temperatura de 75 °C. As temperaturas na superfície e no centro do cilindro eram registradas em intervalos de 1 min. Para os cálculos de difusividade térmica utilizou-se a equação 3.

$$\alpha = \frac{AR^2c}{4(T_s - T_c)} \text{ Eq.(3)}$$

Então:

α - Difusividade térmica (m²/s)

A - Taxa de aquecimento do banho (°C/min)

R_c - Raio do cilindro (m)

T_s - Temperatura na superfície do cilindro de raio R (°C)

T_c - Temperatura no centro do cilindro (°C)

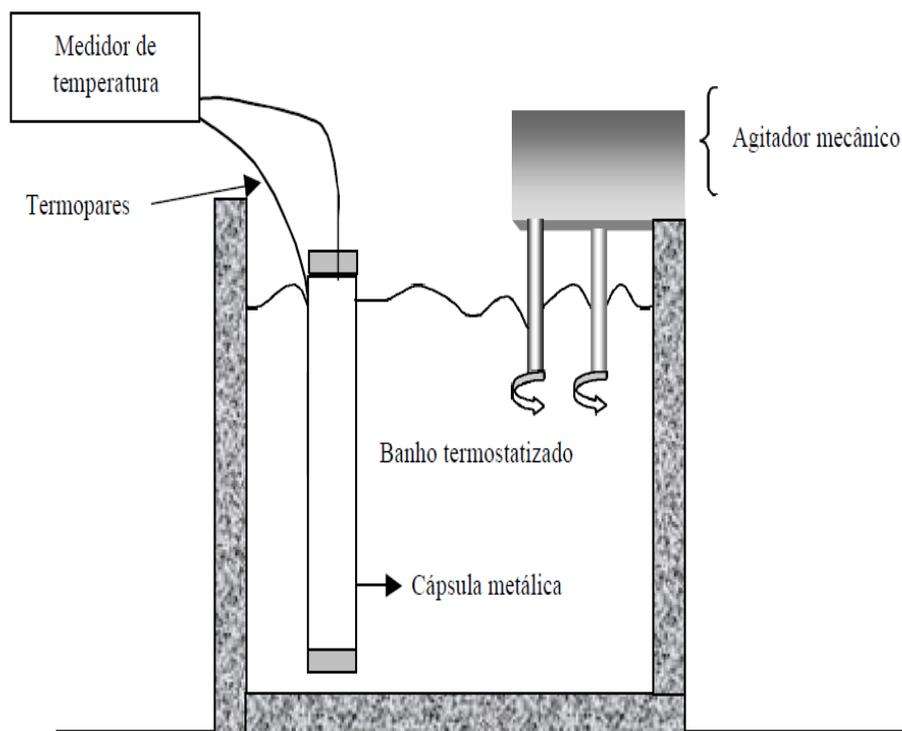


FIGURA 11 – Esquema do aparato utilizado para a determinação da difusividade térmica. Fonte: (ARAÚJO, QUIEROZ, FIGUÊIREDO, 2003).

5.3.2 - Calor específico

Determinou-se o calor específico das polpas dos frutos das espécies de maracujá: *P. setacea*, *P. cincinnata*, *P. edulis* f. *flavicarpa* em triplicata, utilizando-se um calorímetro de mistura, que consiste em uma garrafa térmica (frasco Dewar), com capacidade para 1.000 mL, envolvida em camada de isolante térmico, inserida em uma carcaça de madeira. A garrafa era fechada com rolha de borracha, dotada de furo por onde era introduzida a haste de um termopar a fim de se acompanhar a temperatura interna da polpa.

Para se obter o calor específico das amostras colocava-se, inicialmente, no calorímetro, uma massa de água (m_1) à temperatura ambiente (T_1). Em seguida, era adicionada uma massa de água resfriada (m_2) em temperatura a $15\text{ }^\circ\text{C}$ (T_2); agitava-se o calorímetro e se registrava a massa (m_3) de água e a temperatura (T_3) no equilíbrio; depois, acrescentava-se uma massa de amostra, previamente congelada, (m_p) de maracujá, aproximadamente 50 gramas, que antes da introdução no calorímetro foi aquecida até a temperatura de $50\text{ }^\circ\text{C}$, registrando como temperatura (T_4), colocando-se dentro do recipiente

próprio do equipamento; agitava-se o equipamento e se registrava a temperatura no equilíbrio (T5).

Para determinação do calor específico do produto, foi usada a equação 4 descrita por Silva *et al*, 2002.:

$$m_p C_p (T_4 - T_5) = C_1 m_3 (T_5 - T_3) + C_{cal} (T_5 - T_3) \text{ eq. (4)}$$

Sendo:

m_p – Massa de polpa de maracujá (g)

C_p – Calor específico de polpa de maracujá (cal/g°C)

C_1 – Calor específico da água (cal/g°C)

m_3 – Soma das massas m_1 e m_2

T_4 – Temperatura inicial da polpa de maracujá (°C)

T_5 – Temperatura de equilíbrio (°C)

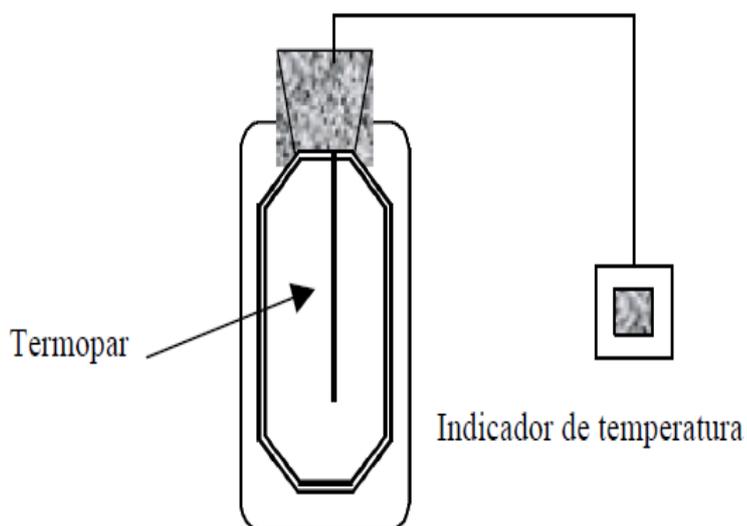


FIGURA 12 – esquema do calorímetro de mistura Fonte: (ARAÚJO, QUIEROZ, FIGUÊIREDO, 2003).

5.3.3 - Massa específica

A massa específica das três amostras de polpa dos frutos de maracujá foram obtidas por leitura direta em equipamento denominado Density Meter, (modelo 5000 M, marca Aton Paar) injetando aproximadamente 5 mL de cada

amostra de polpa dos frutos de maracujá sendo o resultado expresso em kg/m^3 .

5.4 - Planejamento experimental e análises estatísticas

O experimento foi realizado segundo o delineamento inteiramente casualizado, sendo que os tratamentos foram organizados de acordo com o esquema fatorial apenas para as propriedades termofísicas. Foram estudados 2 fatores: espécie e temperatura, sendo que a espécie foi analisada em 3 níveis e a temperatura em 6. Para a massa específica as amostras foram submetidas a análise em 5 temperaturas para cada uma das 3 espécies, mas para o cp não teve esquema fatorial pois o único fator analisado foi a espécie, já que o cp não foi avaliado em diferentes temperaturas.

Todas as análises estatísticas termofísicas, físico-químicas e fitoquímicas necessárias foram realizadas no pacote estatístico Statistical Analysis System® versão 9.0, procedimentos GLM e REG (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Foi utilizado o teste F para as Análises de Variância (ANOVA) a 5% de probabilidade sendo que as médias foram analisadas pelo teste de Tukey. Foram obtidos modelos, por meio de regressões lineares que representam a variação de cada propriedade termofísica em função das variáveis mais significativas. Os modelos foram avaliados e os respectivos gráficos construídos utilizando o software SigmaPlot® 11.0.

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 - Determinações físico-químicas

6.1.1 - Acidez Titulável; Sólidos Solúveis Totais

O teor de sólidos solúveis totais, expressos em graus Brix variou de 12,54 a 16,6. No presente trabalho foram observados valores de sólidos solúveis totais entre 12,2 a 12,7 °Brix para a espécie *P. cincinnata*, Para a *P. setacea* os valores encontrados estavam entre 18,7 a 16,3 °Brix apresentando, portanto maiores teores de sólidos solúveis totais em comparação a *P. cincinnata* e a espécie de referência *P. edulis* f. *flavicarpa* que apresentou valores entre 13,5 a 13,85 °Brix, as diferenças nos teores observados nas

espécies de maracujá estudadas, se deve provavelmente à variabilidade genética dentro da espécie, estado de maturação dos frutos, condições edafo-climáticas em que se encontravam produzindo, estado de maturação dos frutos.

Fortaleza *et al.*, (2005), encontraram valores maiores para *P. edulis* f. *flavicarpa* submetido adubação com potássio em três níveis diferentes, entre 14,2 e 15,0 °Brix. Para esta característica na mesma espécie de maracujá, Ruggiero *et al.*, (1996) encontraram teor de sólidos solúveis totais entre 13 a 18 °Brix.

Para análise de acidez titulável, foi observado que a espécie *P. setacea* apresentou valor médio de 2,9% de acidez, enquanto *P. cincinnata* 3,88%, *P. edulis* f. *flavicarpa* apresentou 5,06% de acidez, comparando aos valores de acidez titulável encontrados por Veras *et al.*, (1998), as três espécies de maracujá estudadas estão dentro do intervalo encontrado em genótipos de *P. edulis* f. *flavicarpa*, com acidez natural variando entre 2,65 e 5,18%.

A relação média de SST/AT para as variedades estudadas foram 3,23 para *P. cincinnata*, 5,72 para *P. setacea*, 2,64 para *P. edulis* f. *flavicarpa*. Melo (1999) verificou em estudos realizados com *P. edulis* f. *flavicarpa* que a relação SST/ATT ideal para o maracujá-amarelo está entre 2,26 a 2,83, sendo assim as duas espécies de maracujá silvestre estudadas apresentaram relação SST/AT acima do valor descrito como ideal.

Na indústria de processamento de polpa de frutas, há preferência por frutos que apresentem alto rendimento em suco e com maior teor de sólidos solúveis totais. Altos teores de acidez total no suco é uma característica importante para o processamento, pois a acidez elevada diminuiria a adição de acidificantes no suco (NASCIMENTO, 1996), essa vantagem evitaria a possibilidade de alteração significativa nas características sensoriais e a degradação de compostos nutricionais e com ação bioativa no organismo humano como o que se observa nos compostos fitoquímicos presentes na polpa das espécies de maracujá estudadas em equilíbrio com sua acidez natural. Quando ocorre o desequilíbrio pelo acréscimo de ácidos orgânicos no processamento da polpa, o aumento da acidez pode provocar à degradação de

carotenóides e antocianinas devido à acidez elevada. Os carotenóides sofrem isomerização das duplas ligações causando a perda da intensidade de cor, as antocianinas são estáveis em meio ácido se comparado aos carotenóides, entretanto pode ocorrer degradação com perda acentuada da cor, seguida do surgimento de coloração amarelada e formação de produtos insolúveis indesejáveis, afetando as características sensoriais do produto final.

Tabela 5 - Análise de variância para acidez titulável e sólidos solúveis totais das polpas dos frutos das três espécies de maracujazeiro. Vitória da Conquista, 2010.

Variável ATT									
FV	GL	SQ	QM	F	P	VARIED	ATT	Teste Tukey	
Espécie	2	22,38672	11,19336	111,31	<0,0001	PEF	5,07	a	
Resíduo	26	2,5022	0,096238			PCI	3,88	b	
Total	28	24,88892				PSE	2,90	c	

Variável SS									
FV	GL	SQ	QM	F	P	VARIED	SS	Teste Tukey	
Espécie	2	85,05347	42,52674	91,24	<0,0001	PSE	16,60	a	
Resíduo	26	12,11825	0,466087			PEF	13,42	b	
Total	28	97,17172				PCI	12,55	c	

PEF: *P. edulis* f. *flavicarpa*; PCI: *P. cincinnata*; PSE: *P. setacea*

As médias com letras diferentes indicam que estas diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey, sendo que a espécie *P. edulis* f. *flavicarpa* foi superior em relação às demais espécies, para variável acidez titulável. Para variável, sólidos solúveis totais, a espécie *P. setacea* foi estatisticamente superior em comparação com as demais espécies analisadas.

6.1.2 - Rendimento

Com relação ao rendimento médio de polpa, a espécie *P. setacea* apresentou 28,7% e a espécie *P. cincinnata* apresentou rendimento médio de 31,83% valor considerado superior quando comparado com o *P. edulis* f. *flavicarpa* que apresentou rendimento médio de 26,47%. De acordo com trabalhos realizados por Tittoto (1999), com *P. edulis*, foi observado que o rendimento de polpa variou entre 26,50 e 30,60%.

Ruggiero *et al*, (1996), encontraram um máximo rendimento em polpa de 36% em *P. edulis*. Silva, São José (1994), afirmam que este rendimento em

polpa varia de 30 a 40% em relação ao peso do fruto nas espécies de *P. edulis* e *P. eduli* f. *flavicarpa*, demonstrando que os valores encontrados com o *P. setacea* e *P. cincinnata* são superiores em relação aos valores descritos para *P. eduli* f. *flavicarpa*, podendo ser melhorado ainda mais esta característica através de seleções e de manejo adequado.

Com base nos valores encontrados apresentados, é possível afirmar que *P. cincinnata* e *P. setacea* possuem potencial para aceitação tanto no mercado de frutas *in natura* quanto para o processamento industrial de polpa, quando comparado ao *P. edulis* f. *flavicarpa*.

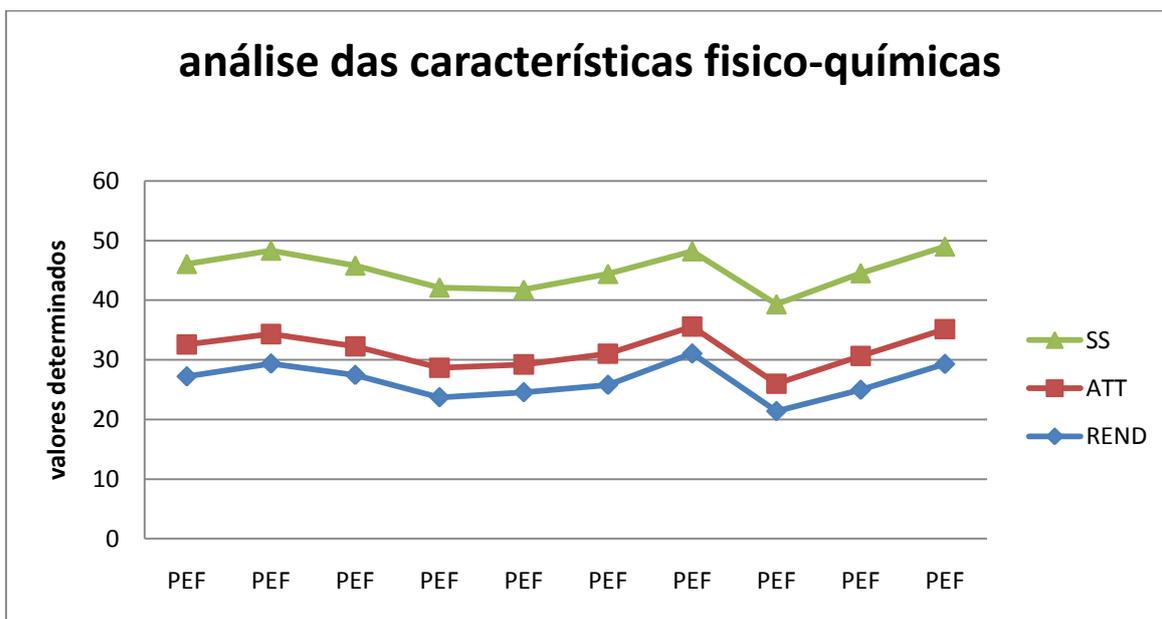
Tabela 6 - Análise de variância para o rendimento das polpas dos frutos das três espécies de maracujazeiro. Vitória da Conquista, 2010.

						Variável Rendimento		
FV	GL	SQ	QM	F	P	VARIED	REND	Teste Tukey
Espécie	2	144,5706	72,28529	9,04	0,001	PCI	31,83	a
Resíduo	26	207,877	7,995267			PSE	28,72	ab
Total	28	353,4475				PEF	26,48	b

PEF: *P. edulis* f. *flavicarpa*; PCI: *P. cincinnata*; PSE: *P. setacea*

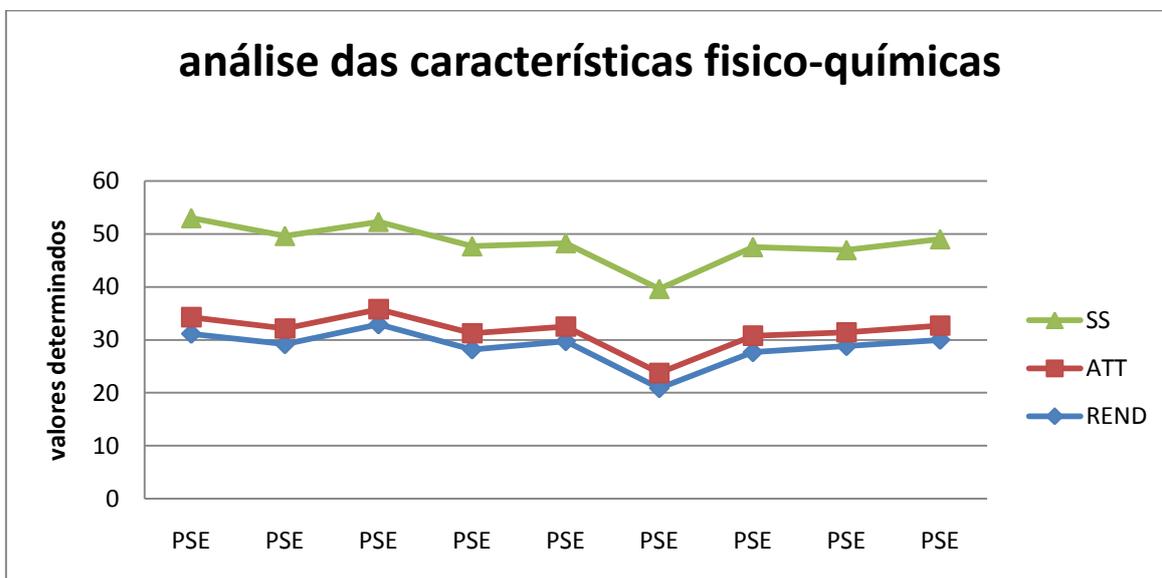
As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Figura 13 - Demonstrativo gráfico para acidez titulável (ATT), sólidos solúveis (SS), rendimento (REND) para *P. edulis* f. *flavicarpa*.



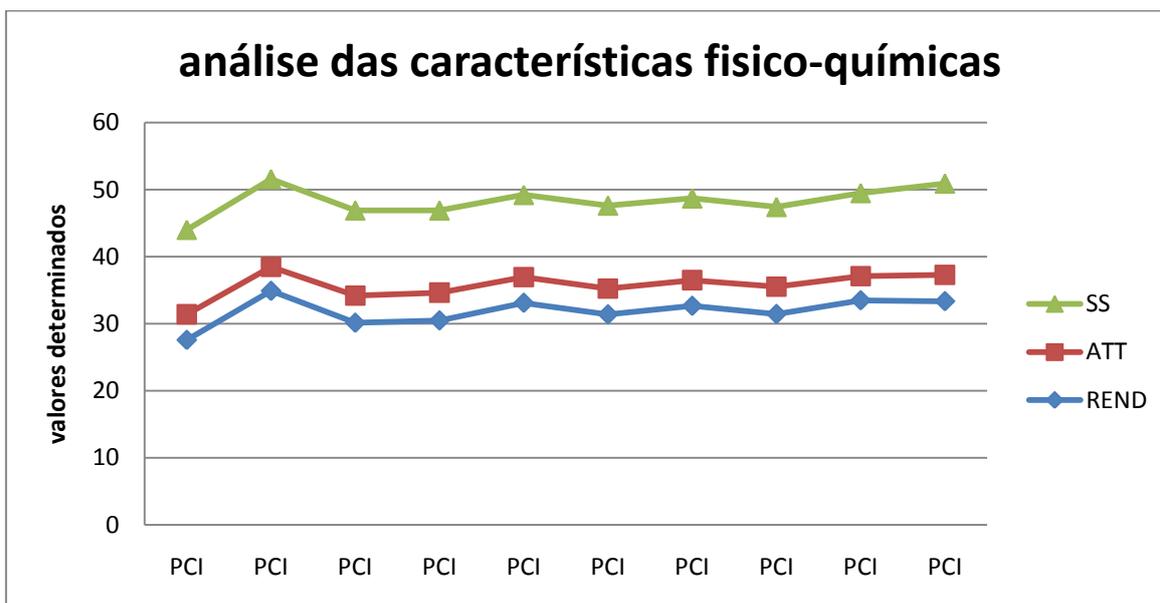
PEF: *P. edulis* f. *flavicarpa*

Figura 14 - Demonstrativo gráfico para acidez titulável (ATT), sólidos solúveis (SS), rendimento (REND) para *P. setacea*.



PSE: *P. setacea*

Figura 15 - Demonstrativo gráfico para acidez titulável (ATT), sólidos solúveis (SS), rendimento (REND) para *P. cincinnata*.



PCI: *P. cincinnata*

As determinações realizadas neste trabalho fornecem o indicativo do potencial para o processamento industrial das polpas dos frutos das espécies silvestres estudadas, já que as análises demonstraram um bom rendimento de polpa, além das características físico-químicas tais com acidez titulável total e sólidos solúveis totais, parâmetros importantes para qualidade do produto final e eficiência do processo, a pouca diferença dos resultados obtidos para as espécies silvestres em relação à espécie comercial *P. edulis* f. *flavicarpa*, proporciona a possibilidade de realização dos processos térmicos com a necessidade apenas de aferição de equipamentos sem mudanças ou adaptações na estrutura da produção industrial para concentração do suco, transporte e estocagem de polpas de frutas das espécies *P. setacea* e *P. cincinnata*.

6.2 - Determinações fitoquímicas

6.2.1 - Teor de carotenóides totais

Os conteúdos médios de carotenóides totais encontrados por 100 g⁻¹ na polpa congelada de *P. setacea* foi de 0,69 mg β-caroteno.100 g⁻¹, para *P. cincinnata* foi de 0,66 mg β-caroteno.100 g⁻¹, valores superiores ao da *P. edulis* f. *flavicarpa* que apresentou teor médio de 0,29 mg β-caroteno.100 g⁻¹.

Wondracek *et al*, (2009) determinou o perfil de carotenóides de maracujá silvestre das espécies *P. setacea* e *P. cincinnata* com cromatógrafo líquido de alta eficiência tendo encontrado 13 carotenóides nos acessos de maracujá sendo que o β-caroteno foi encontrado em todos eles, o *P. edulis* apresentou o maior teor seguido do *P. setacea* e *P. cincinnata*.

Os teores de carotenóides encontrados neste trabalho variaram entre 0,29 e 0,69 mg β-caroteno por 100g⁻¹, onde a espécie *P. setacea* *P. cincinnata* apresentaram maiores teores dessas fitomoléculas, a *P. edulis* f. *flavicarpa* apresentou o menor teor diferindo estatisticamente das espécies silvestres, conforme pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 - Análise de variância para teor de carotenóides totais das polpas dos frutos das três espécies de maracujazeiro. Vitória da Conquista, 2010.

Variável Carotenóides						VARIED	CARO	Teste Tukey
FV	GL	SQ	QM	F	P			
Espécie	2	0,301465	0,150732	2119,68	<0,0001	PCI	0,69	a
Resíduo	6	0,000427	7,11E-05			PSE	0,66	b
Total	8	0,301892				PEF	0,29	c

PEF: *P. edulis* f. *flavicarpa*; PCI: *P. cincinnata*; PSE: *P. setacea*

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). A polpa da espécie *P. cincinnata* foi superior as demais.

6.2.2 - Teor de antocianinas totais

As antocianinas são metabólitos secundários que integram o grupo dos flavonóides e são responsáveis pela coloração que varia de vermelho vivo à

violeta e de branco a amarelo claro, respectivamente (BOBBIO; BOBBIO, 1995).

O conteúdo de antocianinas totais encontrado nas polpas das espécies de maracujá estudadas variaram de $0,06 \times 10^{-3}$ a $0,098 \times 10^{-3}$ mg de cianidina-3-glicosídeo.100 g⁻¹, sendo que *P. setacea* apresentou o maior teor médio em relação as demais espécies, Cruz (2008), obteve para teor de antocianinas totais da polpa de açaí maduro do tipo fino, o teor de 80,4 mg de cianidina-3-glucosídeo/100g⁻¹ de polpa. Menezes 2005 relatou um teor de 78,8 mg/100g em açaí grosso, Kuskosky *et al.*, (2006) encontrou para a polpa de uva 30,9 mg/100g e para polpa de amora 41,8 mg/100g. Observa-se que os teores de antocianinas encontrados nas polpas das espécies de maracujá estudadas foram muito pequenos se comparados com aquelas observadas para o açaí, uva e amora. Estes compostos fitoquímicos são importantes para a prevenção de doenças degenerativas relacionadas às reações oxidativas.

As diferenças observadas quanto ao conteúdo de antocianinas totais entre as espécies de maracujá estudadas podem estar relacionadas com as variações genéticas entre as espécies, condições ambientais durante a colheita e também devido à ação enzimática na pós-colheita, principalmente devido a processos oxidativos das polifenoloxidasas, cujo principal substrato é a cianidina-3-glicosídeo (BEATTIE; CROZIER; DUTHIE, 2005; LIMA; GUERRA, 2003), o tempo transcorrido de 30 dias de armazenamento sob refrigeração de -20 °C pode ter contribuído para degradação das antocianinas presentes na polpa, também a ação do oxigênio e da luz podem ter contribuído para baixa concentração encontrada.

Tabela 8 - Análise de variância para teor de antocianinas totais das polpas dos frutos das três espécies de maracujazeiro. Vitória da Conquista, 2010.

Variável Antocianinas						VARIED	ANTO	Teste Tukey
FV	GL	SQ	QM	F	P			
Espécie	2	7,86E-10	3,93E-10	3,65	0,0917	PCI		
Resíduo	6	6,46E-10	1,08E-10			PSE	Não diferem	
Total	8	1,43E-09				PEF		

PEF: *P. edulis* f. *flavicarpa*; PCI: *P. cincinnata*; PSE: *P. setacea*

Não foram identificadas diferenças estatísticas nas polpas das espécies de maracujá estudadas.

6.2.3 - Teor de compostos fenólicos

Alimentos derivados de frutas, tais como as polpas, possui diversas substâncias fenólicas onde em sua maioria, apresentam propriedades bioativas, sendo que os flavonóides, ácidos fenólicos e polifenóis representam as principais classes integrantes do grupo dos compostos fenólicos. A metodologia utilizada neste trabalho para a determinação do teor de compostos fenólicos totais estima o valor biológico das polpas das espécies de maracujá silvestres estudadas ao quantificar todas as substâncias integrantes do grupo dos compostos fenólicos nas amostras experimentais.

Os teores de compostos fenólicos determinados nas espécies de maracujá estudadas variaram entre 190,25 a 210,85 mg de ác. gálico/100 g⁻¹ de polpa de fruta, a polpa das espécie *P. cincinnata* e *P. setacea* apresentaram valores superiores aos encontrados para *P. edulis* f. *flavicarpa*, não foram encontrados na literatura disponível estudos relacionados a quantificação de compostos fenólicos pelos métodos utilizados neste trabalho para as espécies de maracujá estudadas. Jacques (2009), encontrou para amora preta uma teor de compostos fenólicos de 1938,70 mg de ác. gálico/100g⁻¹, Cruz (2008) encontrou para o açaí maduro 343,7 mg de ác. gálico/100g⁻¹, Os valores encontrados para compostos fenólicos nas espécies silvestres foram inferiores aos teores de compostos fenólicos dos outros frutos estudados pelos autores mencionados neste trabalho. Muitos destes compostos apresentam uma gama de efeitos biológicos, incluindo ação antioxidante, antimicrobiana, antiinflamatória e vasodilatadora (JACQUES, 2009).

As formas relevantes e doses destes fitoquímicos capazes de propiciar efeitos benéficos à saúde humana ainda precisam ser estabelecidas (MENNEN *et al.*, 2005). Devido à complexidade e diversidade destas fitomoléculas, poucas informações estimadas estão disponíveis na literatura, indicando que a ingestão mínima de compostos fenólicos por humanos, para efeito bioativo, deverá ser de cerca de 1g/dia (SCALBERT; JOHNSON; SALTMARSH, 2005). Entretanto os pesquisadores atuais focam seus esforços no estudo dos

mecanismos de ação dos compostos fenólicos determinando sua ação antioxidante no organismo humano.

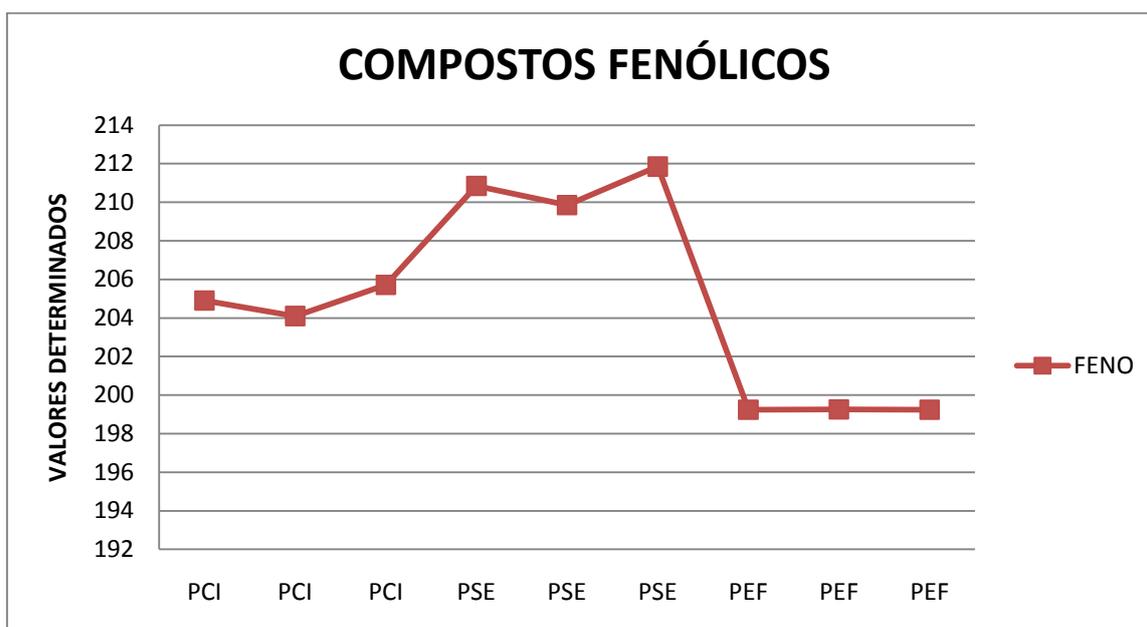
Tabela 9 - Análise de variância para teor de composto fenólicos totais das polpas dos frutos das três espécies de maracujazeiro. Vitória da Conquista, 2010.

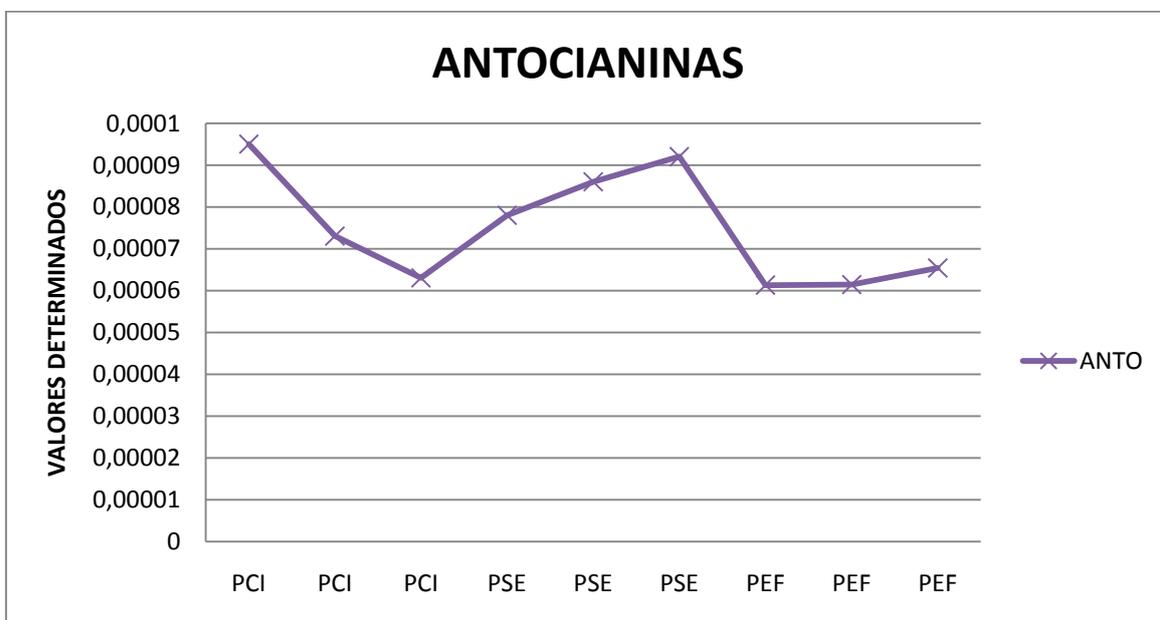
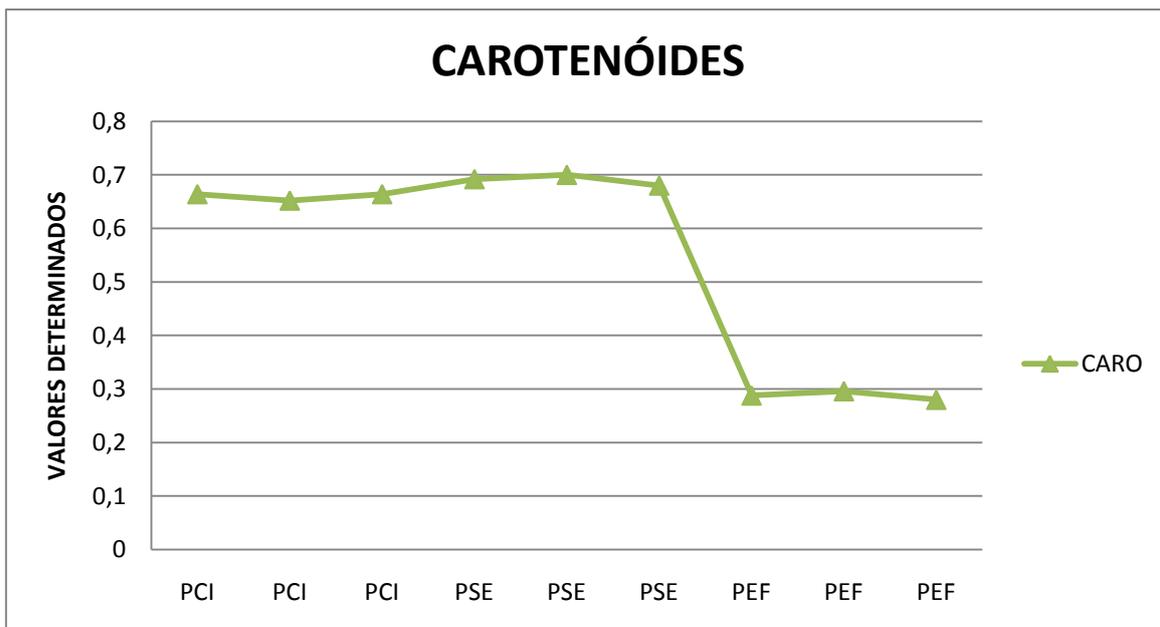
Variável Compostos Fenólicos						VARIED	FEN	Teste Tukey
FV	GL	SQ	QM	F	P			
Espécie	2	202,1151	101,0575	185,06	<0,0001	PCI	210,85	a
Resíduo	6	3,2764	0,546067			PSE	204,90	b
Total	8	205,3915				PEF	199,25	c

PEF: *P. edulis* f. *flavicarpa*; PCI: *P. cincinnata*; PSE: *P. setacea*

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A espécie *P. cincinnata* foi superior as demais.

Figura 16 - Demonstrativos gráficos para compostos fitoquímicos





PEF: *P. edulis* f. *flavicarpa*; PCI: *P. cincinnata*; PSE: *P. setacea*; FENO: compostos fenólicos; CARO: carotenóides; ANTO: antocianina.

Atualmente há uma tendência de maior preocupação com a saúde e prevenção de doenças a partir de uma boa alimentação, a produção de alimentos industrializados tem focado não apenas o apelo sensorial, mas também a melhoria da qualidade de vida dos consumidores através de uma alimentação saudável e que proporcione a prevenção de doenças através da disponibilização de compostos bioativos, por isso tem-se observado um aumento no consumo de frutas em todo o mundo, pois várias evidências científicas apontam efeitos benéficos à saúde, proporcionado por dietas ricas

em frutas, hortaliças e outros alimentos de origem vegetal, que apresentam em sua composição, vários compostos com capacidade antioxidante. A necessidade da obtenção de alimentos que proporcionem prevenção de doenças além de fonte de nutrientes importantes a boa alimentação, tornam as espécies silvestres de maracujá *P. setacea* e *P. cincinnata* atrativas para o mercado de sucos concentrados demonstrando a necessidade de estudos mais aprofundados sobre os parâmetros termofísicos, essenciais para o processo e correto dimensionamento de equipamentos, bem como a influência do processo sob os compostos fitoquímicos determinados.

6.3 - Determinações das propriedades termofísicas

6.3.1 - Difusividade Térmica

Os resultados experimentais de difusividade térmica das três espécies de maracujá (Tabela 10) foram submetidos à análise de variância. Verificou-se que a espécie e a temperatura têm efeitos significativos na difusividade da polpa de maracujá (Tabela 11).

Tabela 10 - Valores médios de difusividade térmicas das espécies de maracujá, Vitória da Conquista, 2010.

Temperatura	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	<i>P. cincinnata</i>	<i>P. setacea</i>
25	2,96323E-07	2,23102E-07	2,46233E-07
35	2,97651E-07	2,00792E-07	2,59605E-07
45	3,28176E-07	1,76133E-07	2,96978E-07
55	3,43572E-07	2,00792E-07	3,56053E-07
65	4,33152E-07	2,44868E-07	4,23685E-07
75	5,59865E-07	3,71837E-07	6,4965E-07

Tabela 11 - Análise de variância dos resultados experimentais de difusividade térmica.

FV	GL	SQ	QM	F	P
Temperatura	5	3,27E-13	6,54608E-14	51,05	<0,0001
Espécie	2	9,15E-14	4,57586E-14	35,69	<0,0001
Interação	10	3,14E-14	3,14366E-15	2,45	0,0718
Resíduo	12	1,54E-14	1,28225E-15		
Total	29	4,65645E-13			

As médias de difusividade de duas espécies não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey, apenas a espécie *P. cincinnata* (B) diferiu das

demais apresentando uma menor difusividade. Portanto, um único valor médio para cada temperatura pode representar as espécies *P. edulis* (A) e *P. setacea* (C). Uma única equação foi obtida a partir da análise de regressão de A e C, logo AC. A espécie B possui outra equação (Figura 17).

Com bases na significância dos parâmetros dos modelos testados na análise de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), escolheu-se o modelo que melhor se ajustasse aos dados experimentais (Equações 6 e 7).

$$(AC) \quad \alpha = (4,701696E-7) - (1,21237E-8)T + (1,8278E-10)T^2 \quad R^2=0,9818 \quad (6)$$

$$(B) \quad \alpha = (5,103609E-7) - (1,56651E-8)T + (1,82381E-10)T^2 \quad R^2=0,9695 \quad (7)$$

Onde: α é a difusividade térmica (m^2/s) e T é a temperatura($^{\circ}C$).

A difusividade térmica nos fornece informações sobre a eficiência com que a energia na forma de calor se propaga e é absorvida pelas moléculas da polpa, portanto um aumento de temperatura implica em uma baixa difusividade devido a uma menor eficiência na propagação e absorção da quantidade de energia na forma de calor que é afetada por fatores como massa específica e calor específico. Sendo assim é necessário o fornecimento de mais energia ao sistema para realização do processo térmico tendo como consequência o aumento da temperatura.

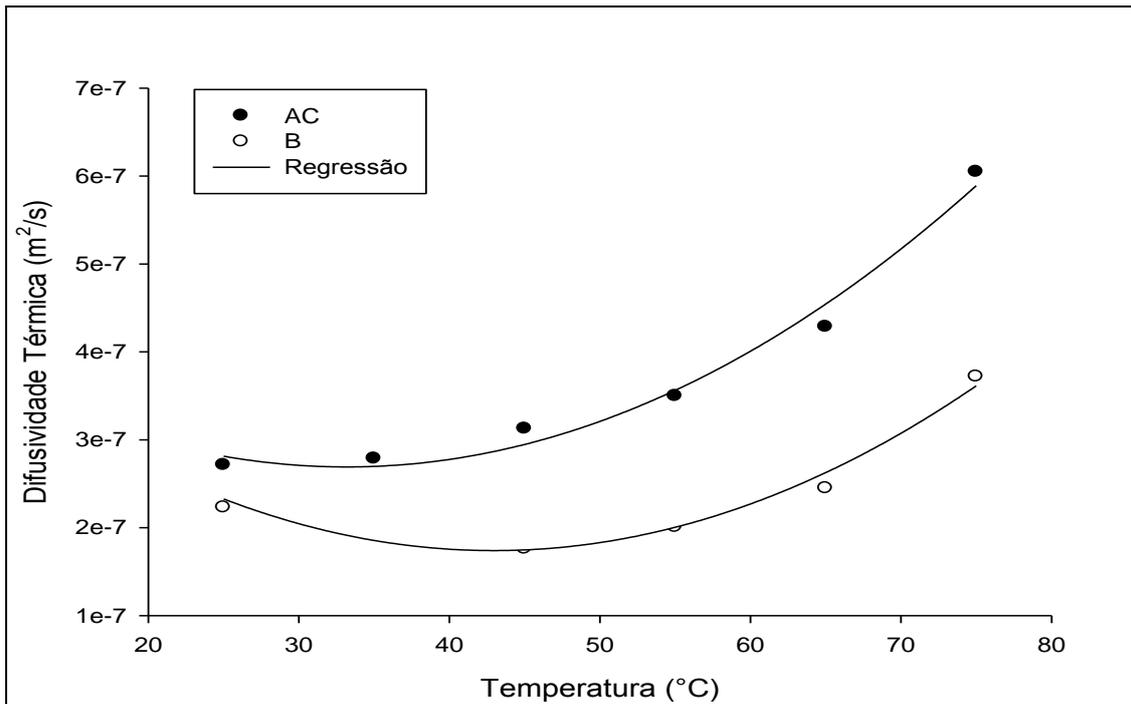


Figura 17 - Demonstrativo gráfico para difusividade térmica em função da temperatura para *P. edulis f. flavicarpa* (A) e *P. setacea* (C), *P. cincinnata* (B), Vitória da Conquista-BA, 2010.

Até a temperatura de 40°C, os valores obtidos para a difusividade térmica das polpas de maracujá, apresentaram diferença percentual menor do que 10 %, entretanto, acima dessa temperatura o aumento passou a ser maior, chegando a 30% entre 60 e 75°C. Isto ocorreu, possivelmente, devido às modificações nas interações intermoleculares da polpa e da degradação de compostos, tais como açúcares, ácidos graxos, fitoquímicos, causadas pelo aquecimento. Do ponto de vista prático para difusividade térmica, a maior temperatura proporciona maior absorção de energia pelas moléculas alterando sua constituição, essas informações são úteis para determinar temperaturas ótimas que podem ser utilizadas nos tratamentos térmicos minimizando perdas nutricionais ocorridas durante o processamento.

6.3.2 - Massa Específica

De acordo com as equações obtidas, a variação positiva em 1 °C da temperatura da polpa acarreta uma redução de 0,59387 kg.m⁻³ na massa específica das polpas das espécies *P. edulis f. flavicarpa* (A) e *P. cincinnata* (B). Para a espécie *P. setacea* (C) a redução é de 0,5549 kg.m⁻³.

A partir da Análise de Variância dos resultados experimentais de massa específica das três espécies de maracujá, verificou-se que a espécie e a temperatura têm efeitos significativos ($p < 0,05$) na massa específica (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12 - Resultados experimentais de massa específica para três espécies de maracujá, Vitória da Conquista-BA, 2010.

Temperatura	<i>P. edulis</i> f. <i>flavicarpa</i>	<i>P. cincinnata</i>	<i>P. setacea</i>
10	1060,518667	1061,717	1080,6125
20	1057,786667	1058,7195	1077,686
35	1052,184667	1051,4615	1071,505
50	1040,801667	1039,4945	1062,63
65	1029,642	1028,34	1049,67

Tabela 13 - Análise de variância dos resultados experimentais de massa específica.

FV	GL	SQ	QM	F	P
Temperatura	4	4766,582	1191,646	966,34	<0,0001
Espécie	2	2952,57	1476,285	1234,33	<0,0001
Interação	8	15,43357	1,929196	1,61	0,1834
Resíduo	20	23,92043	1,196022		
Total	34	7758,506			

As médias de massa específica medidas nas espécies diferiram entre si ($p < 0,05$). A espécie *P. setacea* (C) difere das demais, assim, um único valor médio para cada temperatura pode representar ambas as espécies *P. edulis* f. *flavicarpa* (A) e *P. cincinnata* (B). Uma única equação foi obtida a partir da análise de regressão de A e B, logo foi definida como AB. A espécie C possui outra equação (Figura 18).

Com bases na significância dos parâmetros dos modelos testados na análise de regressão com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), escolheu-se o modelo que melhor se ajustasse aos dados experimentais (Equações 7 e 8).

$$\begin{array}{lll} \text{(AB)} & \rho = 1069,44959 - 0,59397T & R^2=0,9723 \quad (7) \\ \text{(C)} & \rho = 1088,39715 - 0,55490T & R^2=0,9642 \quad (8) \end{array}$$

Onde: ρ é a massa específica (kg/m^3) e T é a temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

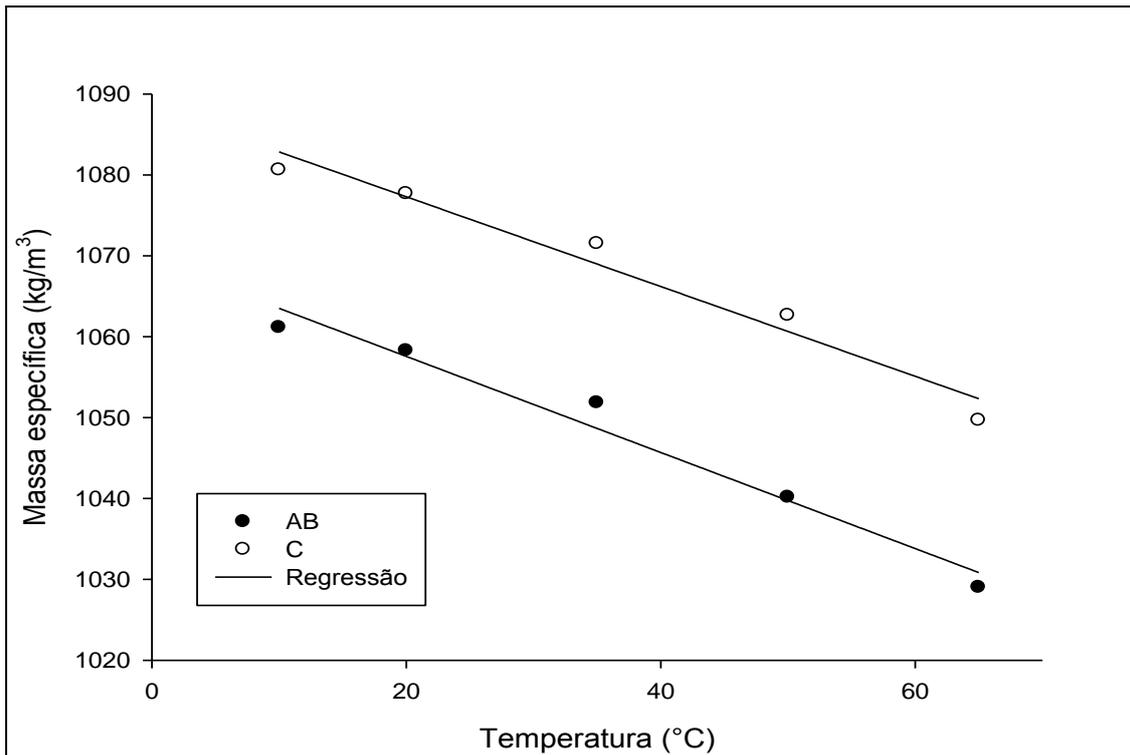


Figura 18 - Demonstrativo gráfico para massa específica em função da temperatura para *P. edulis* f. *flavicarpa* (A), *P. cincinnata* (B), *P. setacea* (C). Vit. da Conquista-BA 2010.

Observa-se que a massa específica possui comportamento linear decrescente. Isso ocorre porque ao fornecer energia para a amostra através do aquecimento, aumentam-se os movimentos aleatórios das moléculas que a compõem. Dessa forma, energia é transferida de molécula a molécula através das colisões, conseqüentemente, a temperatura aumenta. Como a massa da amostra permaneceu fixa e o afastamento molecular provocou um aumento de volume, o valor da massa específica diminuiu.

Os valores de massa específica obtidas experimentalmente fornecem informação que indica a necessidade de acréscimo da energia na forma de calor para fazer elevar a temperatura na polpa para realizar o processo térmico desejado, já que uma maior massa específica proporciona uma maior condução da energia entre as moléculas elevando mais rapidamente a temperatura diminuindo perda da energia por dissipação do calor, para uma menor massa específica devido ao maior afastamento das moléculas, é necessário uma maior quantidade de energia na forma de calor para proporcionar o aumento da temperatura até os níveis adequados ao processo o

que implicaria no aumento da carga térmica no sistema, sendo necessário a aferição dos equipamentos que irão produzir e fornecer a energia na forma de calor tais como a caldeira assim como os equipamentos que efetivamente irão processar a polpa da fruta.

6.3.3 - Calor Específico

Os resultados obtidos para o calor específico das três espécies de maracujá estão dispostos na Tabela 14.

Tabela 14 - Resultados experimentais de calor específico para três espécies de maracujá. Vitória da Conquista-BA, 2010.

Espécie	Calor Específico (kJ/kg.K)
<i>P. edulis f. flavicarpa</i>	3,212702
<i>P. cincinnata</i>	3,665331
<i>P. setacea</i>	3,095617
Média	3,32455

A partir dos resultados experimentais realizou-se a análise de variância (Tabela 15). Os valores de calor específico não diferem entre si ($p > 0,05$) em relação à espécie do maracujá, ou seja, a média de todas as espécies poderá ser usada para expressar o valor final de calor específico. Portanto, o valor médio do calor específico das três espécies de maracujá estudadas é 3,32455 kJ/kg.K.

Tabela 15 - Análise de variância dos resultados experimentais de calor específico.

FV	GL	SQ	QM	F	P
Espécie	2	0,347092	0,173546	4,82	0,3067
Repetição	1	0,009146	0,009146	0,25	0,7029
Resíduo	1	0,036033	0,036033		
Total	4	0,392272			

O calor específico é afetado de forma significativa pela quantidade de água presente na fruta bem como pelo estado físico desta água. A inexistência de diferenças estatísticas significativas no calor específico nas amostras de polpa das espécies de maracujá estudadas pode ser explicada pela

inexistência de diferenças significativas nos sólidos solúveis totais, observada nas polpas das espécies *P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. cincinnata* e *P. setacea*.

No caso de polpas de frutas, são usados processos de aquecimento em pasteurização, concentração, etc., e a utilização de baixas temperaturas é um procedimento largamente utilizado para a conservação desses produtos. A modelagem adequada dos processos que envolvam equipamentos térmicos, minimizando a degradação dos compostos fitoquímico determinados neste trabalho proporcionando uma maior valorização do produto, tornando estes mais atrativos ao consumidor que busca cada vez mais nos alimentos uma fonte de saúde e bem estar, é importante para obtenção de um produto final com alto valor biológico.

Não foram encontrados referências de outros autores que tivessem realizado experimentos e estudos semelhantes com as polpas de maracujá estudadas neste trabalho.

7 - CONCLUSÕES

1 – As espécies de maracujá silvestre *P. setacea* e *cincinnata* apresentaram valores de sólidos solúveis próximos ao *P. edulis* f. *flavicarpa*, sendo que para a *P. setacea* os valores foram superiores, esta característica influencia diretamente o rendimento do produto final e a eficiência do processamento.

2 - As espécies *P. setacea* e *P. cincinnata* apresentaram teor de acidez dentro da faixa ótima encontrada para o *P. edulis* f. *flavicarpa*, esta característica é importante para o processamento por influenciar diretamente nas características sensoriais da polpa, a acidez na faixa ótima evita a adição de acidulante e por consequência a possibilidade de degradação de compostos fitoquímicos por elevação da acidez.

3 - Com relação ao rendimento médio da polpa, as espécies *P. setacea* e *P. cincinnata* apresentaram um rendimento médio maior em relação ao observado para o *P. edulis* f. *flavicarpa*, o alto rendimento observado demonstra o potencial de processamento da polpa do fruto.

4 - A polpa do *P. setacea* apresentou o maior teor de carotenóides entre as espécies estudadas, seguida das polpas da *P. cincinnata* e *P. edulis* f. *flavicarpa*, a característica bioativa dos carotenóides encontrados nas três espécies de maracujá são importantes, pois tornam estas polpas atrativas aos consumidores que buscam cada vez mais alimentos que previnam doenças, sobretudo aquelas degenerativas causadas por reações oxidativas.

5 - Todas as espécies estudadas apresentaram um baixo teor de antocianinas. Esta característica é particularmente negativa, pois as antocianinas compõem o principal grupo constituinte dos compostos fenólicos e o mais importante em alimentos.

6 - Para os compostos fenólicos totais a espécie *P. cincinnata* apresentou o maior teor seguido da polpa das espécies *P. setacea* e *P. edulis* f. *flavicarpa*. A característica de bioatividade antioxidante conhecida destes compostos presentes nas polpas dos frutos das espécies estudadas mostra-se interessante devido ao seu potencial efeito na prevenção do estresse oxidativo, que é a principal causa de muitas doenças crônicas e degenerativas.

7 - As polpas das espécies de maracujá *P. setacea* e *P. edulis* f. *flavicarpa* não apresentaram diferenças significativas para a difusividade térmica, para espécie *P. cincinnata* foi determinada diferenças significativas demonstrando que serão necessários parâmetros específicos de temperatura para o processamento da polpa dessa espécie. Com relação à massa específica as polpas das espécies *P. cincinnata* e *P. edulis* f. *flavicarpa* não apresentaram diferenças significativas, porém, para a espécie *P. setacea* houve diferença o que influirá na necessidade de aferição de equipamentos térmicos, pois esta propriedade termofísica afetará diretamente a condução da energia na forma de calor no fluido. O calor específico não apresentou variação para as polpas das três espécies de maracujá *P. setacea*, *P. cincinnata*, *P. edulis* f. *flavicarpa*.

8 - BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, J. L.; QUIEROZ, A. J. M.; FIGUÊIREDO, R. M. F. **Propriedades termofísicas da polpa de cupuaçu com diferentes teores de sólidos**; Parte da dissertação do primeiro autor apresentada à Universidade Federal da Paraíba, Ciênc. agrotec., Lavras, v. 28, n. 1, p. 126-134, jan./fev., 2004.

BADIALE-FURLONG, E.; COLLA, E.; BORTOLATO, D. S.; BAISCH, A. L. M.; SOUZA, S. L. A. **Avaliação do potencial de compostos fenólicos em tecidos vegetais**, v.13, p.105-114, 2003.

BEATTIE, J.; CROZIER, A.; DUTHIE, G. G. Potential health benefits of berries. **Current Nutrition & Food Science**, v.1, p. 71-86, 2005.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Química do Processamento de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2001.

COSTA, A. M.; CAMPOS, A. V. S.; COHEN, K. O.; TUPINAMBÁ, D. D.; PAES, N. S.; SOUSA, H. N.; SANTOS, A. L. B.; SILVA, K. N.; FARIA, D. A.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G. **Características físico-químicas da polpa de *Passiflora setacea* recém processada e congelada**; Embrapa Cerrados, 2008, IX Simpósio Nacional Cerrado, II Simpósio Internacional Savanas Tropicais.

CRUZ, A. P. G. **Avaliação da microfiltração do açaí sobre sua composição e atividade antioxidante**; Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Bioquímica, Instituto de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro 2008.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. **Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos**. Visão Acadêmica, v.5, n.1, p.33-40, 2004.

DE MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M.; JARDIM, D. C. P.; SADAHIRA, M. S. **Thermophysical properties of tropical fruit juices**. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 1, n. 1-2, p. 70-76, 1998.

DICKERSON, R. W. **An Apparatus for the Measurement of Thermal Diffusivity of Foods**, 198 (880) Food Technology may 1965.

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

ESCARPA, A.; GONZALEZ, M. C. An overview of analytical chemistry of phenolic compounds in Foods. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 31, p. 57-139, 2001.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F.; PEIXOTO, J. R. **Germoplasma e Melhoramento Genético do Maracujazeiro - Desafios da Pesquisa.** In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. (Ed.) **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético.** Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 187-209, 2005.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos.** 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1993.

FORTALEZA, J. M.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V.; OLIVEIRA, A. T.; RANGEL, L. E. P. **Características físicas e químicas em nove genótipos de maracujá-azedo cultivado sob três níveis de adubação potássica.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal, v. 27, n. 1, abr. 2005.

FREIRE, E. S. **Thermal properties of dry cocoa beans.** In: **Cranfield Institute of Technology.** National College of Agricultural Engineering, 122p., 1981. (M. Sc. Thesis).

GIORI, F. P. **Adaptação de metodologia de digestão *in vitro* e determinação da Bioacessibilidade *in vitro* de β - caroteno em três variedades de batata-doce de polpa alaranjada.** 2010. 66p Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Ciência de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

HAMDAMI, N.; MONTEAU, J. Y.; BAIL, A. L. **Thermophysical properties evolution of French partly baked bread during freezing.** Food Research International, Amsterdam, v. 37,n. 7, p. 703-713, 2004.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia Estatística**, pesquisa realizada em 05/2011 <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&z=t&o=11>.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 533 p.

JACQUES, A. C. **Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv.TUPY**; Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul – Brasil Julho 2009.

JUNQUEIRA, K. P. **Características físico-químicas de frutos e variabilidade genética de *Passiflora*; nitida Kunth, por meio de RAPD**. 2006. 114 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2006.

KASAHARA, I. **Cinética de congelación y propiedades termofísicas en dos especies de frutales menores**. In: KASAHARA, I.; GARRIDO, F.; SIMPSON, R.; ALDUNATE, M. I.; CORNEJO, F. **Refrigeración y congelación de alimentos**. Santiago de Chile: Maval, 1986. cap. 4, p.81-109.

KUROZAWA, E. M.; PARK, K. J.; DUPAS, M.; MURR, F. E. X.; AZOUBEL, P. M. **Condutividade e difusividade térmica do mamão (*Carica papaya* L.) e do caju (*Anacardium occidentale* L.)**; Braz. J. Food Technol., v. 11, n. 1, p. 78-85, jan./mar. 2008.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; ORALES, M. T.; FETT, R. **Frutos tropicais silvestres e polpas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas**. Ciência Rural, v.36, n.4, p.1283-1287, 2006.

LAYRISSE, M. **New property of vitamin A and β -carotene on human iron absorption: effect on phytate and polyphenols as inhibitors of iron absorption**. Arch. Latinoam. Nutr., Guatemala, v. 50, p.243-248, 2000.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. **Standardization of pigment analysis in Cranberries**, Hortiscience, v.7, n.1, p.83-84, 1972.

LEMOS, A. R. **Caracterização Físico-Química, Bioquímica e Avaliação da Atividade Antioxidante em Genótipos de Urucueiros (*Bixa Orellana* L.)**. Itapetinga – BA: UESB, 2008. 65p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos – Engenharia de Processos de Alimentos).

LIMA, I. J. E.; Queiroz A. J. M.; Figueirêdo, R. M. F. **Propriedades termofísicas da polpa de umbu**; Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, n.1, p.31-42, 2003.

LIMA, V. L. A.; GUERRA, N. B. **Antocianinas: atividade antioxidante e biodisponibilidade**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.37, p. 121-128, 2003.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. **Antocianinas: uma breve descrição das características estruturais e estabilidade**, R. Bras. Agrociência, Pelotas, v.13, n.3, p. 291-297, jul-set, 2007.

MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M. **Calor específico da polpa de Cajá a temperatura criogênicas e diferentes concentrações de sólidos solúveis: Método das Misturas**, Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, n.1, p.1-7, 2003.

_____ ; ZANINI H. L. H. T.; **Calor específico da polpa de cajá (*Spondias lutea* L.) com diferentes concentrações de sólidos solúveis sob baixas temperaturas**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.2, p.488-498, maio/ago 2005.

MELETI, M. M. L. **Propagação de frutíferas tropicais** (coord.) – Guaíba Agropecuária, 2000, 239p.

MELO, K. T. **Comportamento de seis cultivares de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) em Vargem Bonita, no Distrito Federal**. 1999. 75f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

MENNEN, L. I.; WALKER, R.; BENNETAU-PELISSERO, C.; SCALBERT, A. **Risks and safety of polyphenol consumption**. Am J Clin Nutr, v. 81, p. 326S-329S, 2005.

MENEZES, E. M. S. **Efeito da alta pressão hidrostática em polpa de açaí pré-congelada (*Euterpe oleracdea*, Mart.)**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Instituto de tecnologia, p. 83, 2005.

MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N. **Princípios de Termodinâmica para Engenharia**, editora LTC – Livros Técnicos e Científicos, 4ª edição, Rio de Janeiro, 2002.

NASCIMENTO, T. B. **Qualidade do maracujá-amarelo produzido em diferentes épocas no sul de Minas Gerais**. 1996. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA JÚNIOR, M. X. **Caracterização dos frutos do maracujazeiro-do-mato (*Passiflora cincinnata* Mast.) e superação de dormência de sementes**; Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia 2008.

OLSON, J. A. **Carotenoids and Human Health.**; Arch. Latinoam. Nutr., Guatemala, v. 49, p.7-11, 1999.

PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T.; NUNES, A. S. **Determinação experimental da condutividade e difusividade térmica de grãos em regime permanente**, UNICAMP/Fac. Eng. Agrícola - depto. de Pré Processamento de Prod. Agropecuários 1999.

RAMOS, A. T.; CUNHA, M. A. L.; SABAA-SRUR, A. U. O.; PIRES, V. C. F.; CARDOSO, M. A. A.; DINIZ, M. F. M.; MEDEIROS, C. C. M. **Uso de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* na redução do colesterol**, *Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 17(4): 592-597, Out./Dez. 2007.

RODRIGUES-AMAYA, B. B.; **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington:ILST Press. 2001. 64p.

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, J. C.; DURIGAN, J. F.; BAUMGARTNER, J. G.; SILVA, J. R.; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M. E.; KAVATI, R.; PEREIRA, V. P. **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília : EMBRAPA-SPI, 1996. 64p. (FRUPEX. Publicações Técnicas, 19).

SÃO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; PIRES, M. M.; ANGEL, D. N.; SOUZA, I. V. B.; BOMFIM, M. P. **Maracujá – praticas de cultivo e comercialização**, Universidade Estadual do sudoeste da Bahia, Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Vitoria da Conquista – Ba 2000.

SCALBERT, A.; JOHNSON, I. T.; SALTMARSH, M.; **Polyphenols: antioxidants and beyond**. Am J Clin Nutr, v. 81, p. 215S-217S, 2005.

SILVA, A. C.; SÃO JOSÉ, A. R.; **Classificação botânica do maracujazeiro**. In: **Maracujá: produção e mercado**. SÃO JOSÉ, A. R. (ed.).Vitória da Conquista : UESB-DFZ, 1994. p.1-5.

SILVA, M.; MATA, M. E. R. M. C.; DUARTE, M. E. M.; PEDROZA, J. P.; NASCIMENTO, J. P. T. Resfriamento e propriedades termofísicas do cajá (*Spondias lutea* L.); **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 175-185, 2002.

SILVA, S. R.; MERCADANTEM, A. Z. **Composição de carotenóides de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*) in natura**; Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 22(3): 254-258, set.-dez. 2002.

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

SOUZA, L. S.; MOREIRE, A. P. B.; PINHEIRO-SANT'H, M.; ALENCAR, A. E. R. **Conteúdo de carotenos e provitamina A em frutas comercializadas em Viçosa**, Estado de Minas Gerais *Maringá*, v. 26, n. 4, p. 453-459, 2004.

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

TITTOTO, K. M. **Comportamento de seis cultivares de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims e *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) em Vargem Bonita**, no Distrito Federal. 1999. 101 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

VERAS, M. C. M.; PINTO, A. C. Q.; LIMA, M. M.; MENEZES, J. B. **Variação do teor de vitamina C dos maracujazeiros doce (*P. alata* dryand) e ácido (*P.edulis* f. *flavicarpa* Deg.) nas condições de Cerrado de Brasília, em diferentes épocas de produção e estádios de maturação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., Poços de Caldas. Anais... Poços de Caldas: SBF, 1998. p. 593.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; BARRA, K.; STRINGUETA, P. C. **Flavonóides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde artigo de revisão**; Revista Brasileira de Nutrição Clínica 2008;23(2):141-9.

WADA, M.; KIDO, H.; OHYAMA, K.; ICHIBANGASE, T.; KISHIKAWA, N.; OHBA, Y.; NAKASHIMA, M. N.; KURODA, N.; NAKASHIMA, K. **Chemiluminescent screening of quenching effects of natural colorants against reactive oxygen species: Evalutation of grape seed, monascus, gardênia and red radish extracts as multi-funcional food additivies**. Food Chemistry, v. 101, p. 980-986, 2007.

WONDRACEK, D. C. **Caracterização e diversidade genética de acessos de maracujá do cerrado com base no perfil de carotenóides**; dissertação de mestrado apresentada a Universidade de Brasília Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária 2009.

_____ ; FALEIRO, F. G.; COSTA, T. S. A. **Caracterização e diversidade genética de acessos de maracujá do cerrado com base no perfil de carotenóides**; EMBRAPA Cerrado; Recursos Genéticos e Biotecnologia, Parque Estação Biológica, 2008.

ZERAIK, M. L.; PEREIRA, C. A. M.; ZUIN, V. G.; YARIWAKE, J. H. **Maracujá: um alimento funcional?** Revista Brasileira de Farmacognosia 20(3): 459-471, Jun./Jul. 2010.