



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS**

Graciele da Silva Campelo Borges

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE**

**ANTIOXIDANTE *IN VITRO* DE FRUTOS DE JUSSARA (*Euterpe edulis*)**

Florianópolis

2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS**

Graciele da Silva Campelo Borges

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE**  
**ANTIOXIDANTE *IN VITRO* DE FRUTOS DE JUSSARA (*Euterpe edulis*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos.

**Orientadora:** Dra. Roseane Fett

Florianópolis

2010

## DEDICATÓRIA

*À minha querida mãe, Gilza, por todo amor,  
carinho, compreensão, fé e incentivo, meu grande  
exemplo de vida.*

## AGRADECIMENTOS

As palavras são poucas para expressar minha gratidão às pessoas que acreditaram e contribuíram para a realização dessa conquista em minha vida, meu agradecimento, em especial:

Ao mestre Deus pelo dom da vida, força e proteção que venho recebendo ao longo dessa caminhada, permitindo o meu aperfeiçoamento constante, tanto profissional como espiritual.

A Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos pela estrutura física e profissional.

A professora Dra. Roseane Fett, minha orientadora, pela oportunidade em participar do seu grupo de pesquisa, com apoio, auxílio e confiança no meu trabalho sempre.

Aos meus colegas do Laboratório de Química de Alimentos por toda ajuda recebida.

A minha amiga Cristiane Copetti grande companheira durante a jornada do dia a dia, com grande auxílio na realização dos experimentos.

A Francilene Kunradi sempre ajudando e contribuindo com sua experiência na elaboração de artigos científicos.

Ao Ismael Rockenbach pela ajuda e atenção, com palavras de conforto nos momentos difíceis, com muita serenidade e paciência.

Ao Luciano Gonzaga pelos ensinamentos, idéias, contribuições e participação fundamental na pesquisa, com um incansável apoio.

As queridas “abelhinhas” Laura e Viviane (minha primeira aluna em estágio de docência) pela colaboração, amizade, e descontração na rotina do dia-dia.

Ao meu namorado, companheiro e amigo Marcelo Zanusso Costa pelo amor, carinho, incentivo, otimismo e confiança na minha capacidade profissional. Obrigado pela sua compreensão em todos os momentos e pela sua presença, apesar da distância.

Ao grande amigo Jairo Campelo, presença constante em minha vida com suas palavras sábias em todos os momentos ao longo dessa caminhada, acreditando e contribuindo sempre na minha formação.

Ao Paulo Roberto Campelo por todo o amor, carinho, apoio e compreensão.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa cedida.

A professora Dra. Marilde Bordignon Luiz pelo primeiro contato realizado com a Epagri para o fornecimento de dados e amostras de jussara, como também a sua colaboração, na defesa de projeto e banca de dissertação.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), e em especial, ao agrônomo Sr. Ademar Brancher pela conversa informal sobre os frutos de jussara (*Euterpe edulis*), essencial para o aprendizado, como também a doação de frutos e polpa de jussara para realização desse trabalho.

A Empresa Alicon, ao Andrey e Juliana pela atenção prestada, juntamente com a doação de polpas e frutos oriundos da região Norte do Estado de Santa Catarina.

A Universidade Federal de Pelotas, ao professor Rui Zambiasi pela concedimento do laboratório de cromatografia e o auxílio na identificação e quantificação de fitoquímicos nos frutos.

Ao professor Jorge Mancini pela colaboração na identificação do perfil de ácidos graxos.

*"O futuro não é um lugar onde estamos indo, mas um lugar que estamos criando. O caminho para ele não é encontrado, mas construído e o ato de fazê-lo muda tanto o realizador quanto o destino."*

*Antoine de Saint-Exupery*

BORGES, G. S. C. **Caracterização química e avaliação da atividade antioxidante *in vitro* de frutos de jussara (*Euterpe edulis*)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## RESUMO

Jussara é o fruto oriundo do palmitheiro *Euterpe edulis* Martius amplamente distribuído na Mata Atlântica. O Estado de Santa Catarina tem aproximadamente 30% do seu território coberto por essa espécie, da qual é explorado seu palmito com alto valor para a economia do Estado. Entretanto nos últimos anos a exploração inadequada da espécie vem causando sua extinção. Na floresta Amazônica duas espécies do mesmo gênero estão presentes a *Euterpe oleracea* e a *Euterpe precatoria*, das quais a exploração do palmito já não é fonte de renda aos agricultores, mas sim os frutos que são processados para produção do açaí, produto com alto valor no mercado internacional e com grande exportação em função de seu potencial antioxidante e benefícios à saúde. O presente trabalho teve como propósito analisar as características químicas de frutos de jussara (*Euterpe edulis*) cultivados em diferentes regiões do Estado de Santa Catarina, na safra de 2009, comparar o conteúdo de fenólicos totais e atividade antioxidante entre as regiões estudadas. Adicionalmente, identificaram-se alguns compostos fenólicos e o perfil de ácidos graxos nos frutos. As amostras estudadas, num total de nove regiões, apresentaram diferença estatística entre si com relação aos parâmetros físicoquímicos estudados como pH, acidez, matéria seca, proteínas, lipídios, cinzas, e também em relação aos fenólicos totais, flavanóis totais, antocianinas monoméricas totais e atividade antioxidante medida pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP, os quais apresentaram os maiores conteúdos na região de Urussanga, essa com média altitude e período de colheita no mês de janeiro. Foi observado uma relação positiva entre o conteúdo de compostos fenólicos e antocianinas monoméricas com a atividade antioxidante total dos frutos. Alguns ácidos fenólicos, catequina, epicatequina e quercetina foram compostos identificados nos frutos de jussara (*Euterpe edulis*) os quais contribuem para atividade antioxidante. A fração lipídica dos frutos é composta de ácidos graxos poliinsaturados, o ácido oléico está presente majoritariamente. Os resultados deste trabalho demonstram as diferenças na composição química dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*) cultivado em diferentes regiões do Estado de Santa Catarina, influenciado pelas condições edafoclimáticas. Ressalta-se assim a importante composição dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*) e seu potencial antioxidante com benefícios a saúde, assim sendo uma importante fonte de renda para a economia do Estado de Santa Catarina através da produção de açaí.

**Palavras-chave:** açaí, atividade antioxidante, compostos fenólicos, *Euterpe edulis*, jussara.

## ABSTRACT

Jussara is a fruit of the palm *Euterpe edulis* Martius widely distributed in the Atlantic Forest. The state of Santa Catarina has about 30% of its territory covered by this species, which is operated his palm with high value for the state's economy. However in recent years the inadequate exploitation of the species is causing their extinction. Amazonian forests two species of the genus are present and *Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*, including the exploitation of palm is no source of income for farmers, but the fruits that are processed for production of açai, a product with high market value internationally and with great export potential because of its antioxidant and health benefits. This study to analyze the chemical characteristics of fruits of jussara (*Euterpe edulis*) cultivated in different regions of the state of Santa Catarina, in the harvest of 2009, compare the contents of total phenolics and antioxidant activity between the regions studied. Additionally, we identified some phenolic compounds and fatty acid profile of the fruit. The studied samples, a total of nine regions showed statistical difference among them with respect to the physicochemical parameters studied such as pH, acidity, dry matter, protein, lipids, ash, and also in relation to total phenolics, flavanols, anthocyanins monomer total and antioxidant activity measured by ABTS, DPPH and FRAP, which showed the highest contents in the region of Urussanga, the mean altitude and sampling period in January. We observed a positive relationship between phenolic compounds and anthocyanin monomer with the total antioxidant activity of fruit. Some phenolic acids, catechin, epicatechin and quercetin were identified compounds in the fruits of jussara (*Euterpe edulis*) which contribute to antioxidant activity. The lipid fraction of the fruit is composed of unsaturated fatty acids, oleic acid is present mostly. These results demonstrate the differences in chemical composition jussara (*Euterpe edulis*) cultivated in different regions of the state of Santa Catarina, influenced by climate conditions. Stands out as the major composition of the fruits of jussara (*Euterpe edulis*) and their potential antioxidant benefits with health, well being an important source of income for the economy of the State of Santa Catarina through the production of açai.

**Keywords:** açai, antioxidant activity, phenolic compounds, *Euterpe edulis*, jussara.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1	Distribuição das espécies <i>Euterpe edulis</i> , <i>Euterpe precatória</i> , <i>Euterpe oleracea</i> no Brasil	19
Figura 2	O palmito <i>Euterpe edulis</i> Mart	21
Figura 3	Frutificação de jussara ( <i>Euterpe edulis</i> )	22
Figura 4	Processamento de jussara ( <i>Euterpe edulis</i> ) em despoldadeira vertical; frutos dentro do cilindro de aço inoxidável (A); adição de água durante o despoldamento (B); saída do açaí por orifício no fundo da despoldadeira (C)	25
Figura 5	Síntese de compostos fenólicos via-fenilalanina	29
Figura 6	Estrutura química das antocianinas	31

### CAPÍTULO 2

Figura 1	Superfície de resposta para extrato flavanólico efeito do tempo e relação sólido-líquido no conteúdo de flavanóis totais	51
Figura 2	Superfície de resposta para extrato flavanólico efeito do tempo e da relação sólido-líquido no conteúdo de fenólicos totais	52
Figura 3	Superfície de resposta para extrato flavanólico efeito do tempo e da relação sólido-líquido na capacidade da atividade antioxidante total	53
Figura 4	Superfície de resposta para extrato antocianico e efeito do tempo e relação sólido-líquido no conteúdo de antocianinas monoméricas totais	56
Figura 5	Superfície de resposta para extrato antocianico e efeito do tempo relação sólido-líquido no conteúdo de fenólicos totais	57
Figura 6	Superfície de resposta para extrato antocianico e efeito do tempo relação sólido-líquido na capacidade da atividade antioxidante total	58

### CAPÍTULO 3

Figura 1	Análise de componentes principais da composição fitoquímica e atividade antioxidante de frutos de jussara (A), frutos de nove regiões de cultivo de jussara no plano definido pelos dois primeiros componentes principais PC1 e PC2 (B)	82
----------	---	----

### CAPÍTULO 4

Figura 1	Cromatograma típico da separação de ácidos fenólicos e flavanóis em jussara ( <i>Euterpe edulis</i> ) via CLAE	99
Figura 2	Relação entre (A) fenólicos totais e atividade antioxidante nos frutos jussara e entre (B) antocianinas monoméricas totais e a atividade antioxidante nos frutos jussara	104

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1	Composição centesimal de polpa de açai ( <i>Euterpe oleracea</i> ) e jussara ( <i>Euterpe edulis</i> )	27
Tabela 2	Composição mineral da polpa de açai ( <i>Euterpe oleracea</i> ) e jussara ( <i>Euterpe edulis</i> )	28

### CAPÍTULO 2

Tabela 1	Flavanóis totais (FVT) e antocianinas monoméricas totais (AMT) em extratos de polpa de jussara ( <i>Euterpe edulis</i> ) obtidos a partir de diferentes solventes	48
Tabela 2	Resultados experimentais das condições de extração com design experimental 3 <sup>2</sup> , variáveis independentes codificadas e não codificadas (T, Slr), variáveis dependentes fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT) e atividade antioxidante total (AAT)	50
Tabela 3	Resultados experimentais das condições de extração com design experimental 3 <sup>2</sup> , variáveis independentes codificadas e não codificadas (T, Slr), variáveis dependentes fenólicos totais (FT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante total (AAT)	55
Tabela 4	Análise de variância (ANOVA) e coeficientes de regressão da equação polinomial de segunda ordem para fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante total (AAT) em extratos rico flavanóis e extratos rico em antocianinas de polpa <i>E. edulis</i>	59

### CAPÍTULO 3

Tabela 1	Condições edafoclimáticas das regiões de cultivo de jussara ( <i>Euterpe edulis</i> ) no Estado de Santa Catarina	67
Tabela 2	Composição química dos frutos de jussara ( <i>Euterpe edulis</i> )	73
Tabela 3	Conteúdo de fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante de jussara cultivada em diferentes regiões de Santa Catarina	76
Tabela 4	Coefficiente de correlação de Pearson para fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante medida pela técnica do ABTS e FRAP, em frutos de jussara ( <i>Euterpe edulis</i> )	80

**CAPÍTULO 4**

Tabela 1	Condições edafoclimáticas das regiões de cultivo de jussara ( <i>Euterpe edulis</i> ) no Estado de Santa Catarina	91
Tabela 2	Fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais de frutos de jussara cultivados em diferentes regiões	97
Tabela 3	Compostos fenólicos identificados em jussara ( <i>Euterpe edulis</i> ) provenientes de diferentes origens geográficas	101
Tabela 4	Atividade antioxidante total de jussara ( <i>Euterpe edulis</i> ) cultivado em diferentes regiões	103
Tabela 5	Perfil de ácidos graxos (%) da fração lipídica de frutos de jussara ( <i>Euterpe edulis</i> ) cultivados em Santa Catarina	107

**LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>ABTS</b>	2,2'- azino-bis (3-etilbenzoatiazolin) 6-ácido sulfônico
<b>AMT</b>	Antocianinas Monoméricas Totais
<b>AAT</b>	Atividade Antioxidante Total
<b>BPF</b>	Base Peso Fresco
<b>BPS</b>	Base Peso Seco
<b>DMACA</b>	p-dimetilaminocinamaldeído
<b>DPPH</b>	2,2- difenil-1-picridilhidrazila
<b>EAG</b>	Equivamente a Ácido Gálico
<b>ECA</b>	Equivalente a Catequina
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>EPAGRI</b>	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural
<b>FRAP</b>	<i>Ferric Reducing Antioxidant Potential</i> (Potencial Antioxidante Redutor Férrico)
<b>FT</b>	Fenólicos Totais
<b>FVT</b>	Flavanóis Totais
<b>SST</b>	Sólidos Solúveis Totais
<b>PSD</b>	Polpa Seca Desengordurada
<b>MSR</b>	Metodologia superfície resposta

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	15
<b>CAPÍTULO 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	18
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
1.1 As palmeiras do gênero <i>Euterpe Martius</i>	19
1.1.1 <i>Euterpe oleracea</i> Martius	20
1.1.2 <i>Euterpe precatoria</i> Martius	20
1.1.3 <i>Euterpe edulis</i> Martius	21
1.2 A produção dos frutos de jussara ( <i>Euterpe edulis</i> )	23
1.3 Processamento de frutos jussara ( <i>Euterpe edulis</i> )	24
1.4 O Açaí	26
1.5 Composição centesimal do açaí	27
1.6 Compostos bioativos do açaí	29
1.7 Fração lipídica do açaí	35
<b>CAPÍTULO 2 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE FLAVANÓIS E ANTOCIANINAS DE POLPA DE JUSSARA (<i>Euterpe edulis</i>) USANDO SUPERFÍCIE DE RESPOSTA</b>	37
Resumo	38
Abstract	39
1 Introdução	40
2 Material e Métodos	42
2.1 Material	42
2.2 Reagentes	42
2.3 Seleção de solvente para a extração de flavanóis totais (FVT)	42
2.4 Seleção de solvente para a extração de antocianinas monoméricas totais (AMT)	43
2.5 Delineamento experimental	43
2.6 Conteúdo de flavanóis totais (FVT)	44
2.7 Conteúdo de antocianinas monoméricas totais (AMT)	44
2.8 Conteúdo de fenólicos totais (FT)	45
2.9 Atividade antioxidante total (AAT)	45
2.10 Análise Estatística	46
3 Resultados e Discussão	47
3.1 Seleção de solvente para extração de flavanóis (FVT)	47
3.2 Seleção de solventes para extração de antocianinas monoméricas totais (AMT)	49
3.3 Análise de superfície de resposta	50
3.3.1 Extratos flavanólicos	50
3.3.2 Extratos antociânicos	54
3.4 Validação das condições otimizadas	58
3.5 Análise de correlação	58
4 Conclusão	61

### **CAPÍTULO 3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE JUSSARA (*Euterpe edulis*)** 62

Resumo	63
Abstract	64
1 Introdução	65
2 Material e Métodos	67
2.1 Amostragem	67
2.2 Reagentes	68
2.3 Métodos	68
2.3.1 Análises químicas	68
2.3.2 Preparo dos extratos	69
2.3.3 Determinação de fenólicos totais (FT)	69
2.3.4 Determinação de flavanóis totais (FVT)	70
2.3.5 Determinação de antocianinas monoméricas totais (AMT)	70
2.3.6 Determinação da atividade antioxidante in vitro	70
2.3.6.1 Método ABTS	70
2.3.6.2 Método FRAP	71
2.3.7 Análise Estatística	71
3 Resultados e Discussões	72
3.1 Análises químicas	72
3.2 Quantificação de fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT) e antocianinas monoméricas totais (AMT)	75
3.3 Atividade antioxidante	79
3.4 Análise de componentes principais	81
4 Conclusão	85

### **CAPÍTULO 4 COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS FRUTOS DE JUSSARA (*Euterpe edulis*) CULTIVADOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA** 86

Resumo	87
Abstract	88
1 Introdução	89
2 Material e Métodos	91
2.1 Amostragem	91
2.2 Reagentes	91
2.3 Métodos	92
2.3.1 Preparo do material	92
2.3.2 Determinação de umidade	92
2.3.3 Determinação do conteúdo de fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais	92
2.3.4 Extração dos compostos fenólicos	93
2.3.5 Caracterização dos compostos fenólicos por CLAE	93
2.3.6 Avaliação da atividade antioxidante pelo método DPPH	94
2.3.7 Perfil de ácidos graxos	95

	14
2.3.8 Análise Estatística	95
3 Resultados e Discussão	96
3.1 Compostos fenólicos, flavanóis totais, antocianinas monoméricas totais	96
3.2 Caracterização de compostos fenólicos	99
3.3 Atividade Antioxidante	102
3.4 Perfil de ácidos graxos	106
4 Conclusão	109
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>110</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>120</b>

## INTRODUÇÃO

O gênero *Euterpe* pertencente à família *Arecaceae* encontra-se distribuído na América Central e na América do Sul (HENDERSON, 2000).

No Brasil três espécies pertencentes a este gênero apresentam elevado valor econômico. O açázero característico das espécies *Euterpe oleracea* Martius e *Euterpe precatoria* Martius, sendo distribuído na região Norte nos Estados do Pará, Amapá, Amazônia, Acre, Rondônia e Roraima, conhecido pela exploração de seus frutos denominados açáí.

O açáí é uma bebida obtida a partir da polpa dos frutos de palmeiras do gênero *Euterpe* Martius, definida como uma emulsão, o qual se caracteriza pelo elevado teor de lipídios e pigmentos antociânicos, esses responsáveis pela sua coloração roxa a negra (ROGEZ, 2000).

O consumo do açáí é de origem indígena, difundido na região Norte do Brasil no estuário Amazônico, a partir dos frutos das espécies *Euterpe oleracea* e *Euterpe precatoria* (ROGEZ, 2000; PACHECO-PALENCIA et al., 2009). Atualmente o açáí é o segundo produto mais consumido nos Estados do estuário Amazônico (Pará e Amapá), ultrapassando fronteiras da Amazônia e sendo exportado e comercializado para diversos países como Estados Unidos, Japão, e do continente Europeu (ROGEZ, 2000; ROGEZ; POMPEU, 2009).

A justificativa para a exportação é o apelo de propriedades funcionais devido à sua composição, a tendência de saúde, bem estar, sabor exótico, assim o açáí é utilizado como alimento ou mesmo como ingrediente alimentício (LICHTENTHALER et al., 2005; SCHAUSS et al., 2006b; PACHECO-PALENCIA et al., 2009).

Particular atenção vem sendo dado ao açáí devido seus potenciais benefícios à saúde, associado às suas propriedades antioxidantes atribuídas à composição fenólica (SCHAUSS et al., 2006b; PACHECO-PALENCIA et al. 2008a; PACHECO-PALENCIA et al., 2009). O açáí tem um alto conteúdo de antocianinas (majoritariamente cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-rutinosídeo) e de fenólicos (ROGEZ, 2000; GALLORI et al., 2004; SCHAUSS et al., 2006a; RUFINO et al., 2009). Esses compostos são responsáveis pela alta atividade antioxidante em relação a outras frutas avaliada através da capacidade de seqüestro do radical livres (LICHTENTHALER et al., 2005;

SCHAUSS et al., 2006b). As propriedades funcionais do açaí em humanos, recentemente são sugeridas *in vitro* (DEL POZO INSFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004; TALCOTT et al., 2008) e atividade antiproliferativa de células cancerígenas (HOGAN et al., 2010).

O fruto jussara (*Euterpe edulis*) é arredondado, de cor violáceo-púrpura, quase negro quando maduro, com polpa fina que recobre uma semente dura (IADEROZA et al., 1992; SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004; BRITO et al., 2007). Oriundo das palmeiras (*Euterpe edulis*), a espécie é encontrada na Mata Atlântica, desde o sul da Bahia até o Norte do Rio Grande do Sul, em altitudes de até 600 m (IADEROZA et al., 1992; EMBRAPA, 1998; EPAGRI, 1998; HENDERSON, 2000).

No Estado de Santa Catarina ocupa uma área de 3.000.000 hectares representando 30 % do território catarinense (EPAGRI, 1998), sendo popularmente conhecida como palmitreiro jussara, jiçara, ou ripa. Caracteriza-se por produzir um palmito de excelente qualidade, com alto valor econômico e de grande consumo (IADEROZA et al., 1992; MAC FADEN, 2005; MARTINS-CORDER et al., 2006).

O palmito extraído da espécie *E. edulis* representou uma fonte de renda para o Estado de Santa Catarina durante muitos anos, entretanto, o corte indiscriminado das palmeiras vem sendo preocupação ultimamente, devido à extinção da espécie (MAC FADEN, 2005; SILVA, 2005; MARTINS-CORDER, et al. 2006; SCHULTZ, 2008; SCHIRMAN, 2009).

Apesar de sua ampla distribuição no Brasil, o fruto jussara (*Euterpe edulis*) é muito menos processado para o consumo do que o açaí produzido dos frutos das espécie *E. oleracea* e *E. precatoria* (BRITO et al., 2007; PACHECO-PALENCIA et al., 2009).

Não há relatos sobre estudo da composição e da extração de compostos fenólicos de frutos de jussara igualmente como existem diversos para os frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) (IADEROZA et al., 1992; BOBBIO et al., 2000; GALLORI et al., 2004; LICHTENTHALER et al., 2005; POMPEU; ROGEZ, 2009).

O reconhecimento da espécie *E. edulis* como frutífera de expressão econômica é fato recente, porém já nos estados do sul e sudeste do Brasil, e na Bahia, o açaí pode ser obtido a partir dos frutos de jussara (SILVA, BARRETO, SERÔDIO, 2004; MAC FADDEN, 2005; SILVA; 2005; SCHULTZ, 2008; SCHIRMAN, 2009).

Neste contexto, e ressaltando a relevância econômica e ecológica da extração dos frutos de jussara (*E. edulis*) para comercialização na forma de açaí explica-se a

importância desse trabalho que tem como objetivos caracterizar a composição química dos frutos cultivados no Estado de Santa Catarina, avaliar a atividade antioxidante *in vitro* através de três diferentes métodos, além de otimizar a extração de compostos fenólicos da polpa de jussara.

O presente trabalho está apresentado na forma de capítulos com os seguintes enfoques:

#### Capítulo 1: Revisão Bibliográfica

Este capítulo apresenta uma breve revisão sobre a espécie *Euterpe edulis* foco deste estudo, como também das outras espécies *Euterpe oleracea* e *Euterpe precatoria*. Ademais uma revisão sobre a composição e estudos recentes sobre o produto oriundo das espécies acima citadas, o açai.

Capítulo 2: Otimização do processo de extração de flavanóis e antocianinas de polpa de jussara (*Euterpe edulis*) usando superfície de resposta.

Este capítulo apresenta a otimização da extração de antocianinas e flavanóis da polpa de jussara (*Euterpe edulis*), a partir de diferentes solventes, avaliando a influência das variáveis de extração através da metodologia de superfície de resposta.

Capítulo 3: Caracterização química e avaliação da atividade antioxidante de jussara (*Euterpe edulis*).

Este capítulo consta a caracterização química e avaliação da atividade antioxidante de frutos de jussara (*Euterpe edulis*) cultivado em nove regiões do Estado de Santa Catarina demonstrando a similaridade de frutos através da análise de componentes principais.

Capítulo 4: Compostos bioativos e atividade antioxidante dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*) cultivados no Estado de Santa Catarina.

O último capítulo deste trabalho contempla a quantificação e a identificação de compostos fenólicos, perfil de ácidos graxos dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*), cultivados no Estado de Santa Catarina, com a relação da atividade antioxidante *in vitro*.

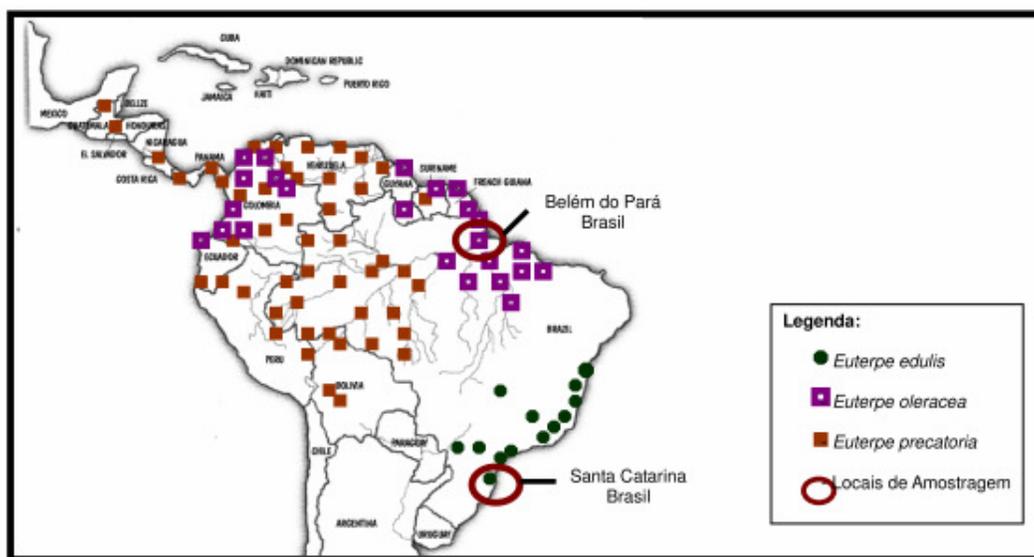
## **CAPÍTULO 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

## 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 As palmeiras do gênero *Euterpe Martius*

O gênero *Euterpe* está amplamente distribuído na América Central e do Sul, ocupando florestas de terras baixas e montanhas úmidas. No Brasil, cinco espécies foram constatadas: *Euterpe edulis* Martius (palmitheiro), *Euterpe catinga* Wallace (açazinho), *Euterpe oleraceae* Martius (açazeiro), *Euterpe longibracteata* Barbis Rodrigues (açai da terra firme), *Euterpe precatoria* Martius (açazeiro) (HENDERSON, 2000; LORENZI, 2006).

A espécie *Euterpe edulis* encontra-se na Mata Atlântica e se distribui do Norte do Brasil até o Sul, a maioria é encontrada em região litorânea, já as espécies *Euterpe oleracea*, *Euterpe precatoria* são encontradas na Floresta Amazônica, conforme ilustrado na Figura 1 (REITZ et al., 1978; HENDERSON, 2000; LORENZI, 2006; SCHIRMANN, 2009). As três espécies formam cachos de frutos sésseis, arredondados, drupáceos, de cor violáceo-púrpura, quase negra. Cada fruto, portanto, possui um caroço e uma fina camada de polpa constituída pelo epicarpo e a parte externa do mesocarpo. A parte interna do mesocarpo é fibrosa e está soldada ao endocarpo lenhoso (REITZ et al., 1978; ROGEZ, 2000; SCHIRMANN, 2009).



**Figura 1** Distribuição das espécies *Euterpe edulis*, *Euterpe precatoria*, *Euterpe oleracea* no Brasil.

Fonte: SCHIRMANN (2009).

### 1.1.1 *Euterpe oleracea* Martius

As palmeiras *Euterpe oleracea* Martius, popularmente conhecidas como o açazeiro, apresentam mais de 25 estipes por touceira, de 3 a 20 m de altura, ocorrendo no Panamá, norte do Equador e Colômbia, Trinidad, Venezuela, Guianas e Brasil (HENDERSON, 2000; LORENZI, 2006). No Brasil, o açazeiro é particularmente frequente na região do estuário amazônico, nos Estados do Pará, Maranhão e Amapá, em ecossistemas de várzea, sob influência das marés e inundações, ou seja, em solos bastante úmidos (ROGEZ, 2000; LORENZI, 2006; SCHULTZ, 2008).

Conforme Cavalcanti (1991), essas palmeiras formam novos estipes na base da touceira a cada ano, assim sua regeneração, teoricamente, é infinita. Cada estipe pode produzir de 3 a 8 cachos de frutos por ano dependendo da fertilidade e umidade do solo e da intensidade luminosa. A época de amadurecimento dos frutos ocorre de julho a dezembro (REITZ et al., 1978; ROGEZ, 2000; PACHECO-PALENCIA et al., 2009).

As palmeiras *E. oleracea* são utilizadas de diversas formas: como planta ornamental, na produção de celulose, em construções rústicas, na produção de açai a partir dos frutos despulpados, para o beneficiamento de palmito (ROGEZ, 2000; SCHIRMANN, 2009).

### 1.1.2 *Euterpe precatoria* Martius

Segundo Henderson (2000), a espécie *Euterpe precatoria* é uma palmeira monocaule, ou seja, de estipe único, de 3 a 20 m de altura, ocorre com maior frequência na Amazônia Oriental (Acre, Amazonas, Pará e Rondônia), em florestas de terra baixa ao longo de rios, nas áreas de inundações periódicas, abaixo de 350 m de altitude. É uma espécie produtora de frutos esféricos, com polpa negra (1 a 1,8 cm de diâmetro) com período de colheita de dezembro a agosto, os quais são utilizados no beneficiamento do açai (HENDERSON, 2000; ROGEZ, 2000; LORENZI et al., 2006; PACHECO-PALENCIA et al., 2009).

### 1.1.3 *Euterpe edulis* Martius

O palmitheiro (*Euterpe edulis*), conforme Figura 2 pertence à família *Palmae* (*Arecaceae*) encontrada na floresta ombrófila denso sendo ao longo da costa litorânea seu principal habitat (HENDERSON, 2000). É uma palmeira monocaule de 5 a 12 m de altura, caule de 10 a 15 cm de diâmetro, com um cone de raízes visíveis na base, folhas em número de 8 a 15 contemporâneas; pinas 65 a 72 pares, distribuídas uniformemente e dispostas em um mesmo plano, produz cachos de frutos drupáceos, esféricos quando maduros de cor negra vinosa com mesocarpo fino e fibro-carnoso (MAC FADEN, 2005; LORENZI et al., 2006) estes com propriedades sensoriais e nutritivas similares aos frutos de açaí (*Euterpe oleracea*, *Euterpe precatoria*) (SILVA, 2005).



**Figura 2** O palmitheiro *Euterpe edulis* Mart.  
Fonte: MAC FADEN (2005).

Esta espécie está distribuída geograficamente na Mata Atlântica desde o Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas, Pernambuco, Sergipe, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, norte do Rio Grande do Sul, nordeste da Argentina e sudeste do Paraguai, em florestas tropicais entre o nível do mar e até 1000 m de altitude (HENDERSON, 2000; CALLEGARI, 2003; MAC FADEN, 2005; SILVA, 2005).

Popularmente conhecida como palmitreiro jussara, jiçara, ou ripa, o palmitreiro caracteriza-se por produzir um palmito de excelente qualidade, com valor econômico elevado e amplamente consumido na alimentação humana (MAC FADEN, 2005; MARTINS-CORDER, et al. 2006), porém é uma planta que não rebrota e seu corte causa a morte (MARTINS-CORDER et al., 2006). Este palmitreiro é de extrema importância ecológica na cadeia alimentar do ecossistema florestal, pois apresenta altos níveis de interação com os animais e desempenha papel significativo na nutrição da fauna da Mata Atlântica através de seus frutos (REIS et al., 1996; MARTINS-CORDER et al., 2006).

Em virtude do intenso extrativismo do palmito a regeneração natural está comprometida, pois o corte de todos os indivíduos das populações nativas de palmitreiro, incluindo as plantas que produzem sementes, ainda é a prática mais comum no Brasil (MAC FADEN, 2005; MARTINS-CORDER et al., 2006; SCHULTZ, 2008).

Os frutos produzidos pelo palmitreiro (*Euterpe edulis*) denominados jussara, ilustrados na Figura 3, vêm sendo utilizados para produção do açaí, como uma alternativa aos agricultores nos estados do Sul (MAC FADDEN, 2005; SCHULTZ, 2008) sendo uma forma de conciliar a proteção ambiental e o rendimento econômico de modo racional e equilibrado, uma atividade de utilização de produto florestal não madeireiro, o qual contribui para a conservação do bioma ameaçado. Assim, a palmeira neste sistema não é cortada para a colheita, como ocorre com a produção de palmito (MAC FADEN, 2005; SILVA, 2005; SCHULTZ, 2008).



**Figura 3** Frutificação de jussara (*Euterpe edulis*).

Fonte: SILVA (2005).

O uso dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*) para beneficiamento de polpa e produção de açaí ainda está sendo fomentado, mas já tem grande aceitação no sul e sudeste do Brasil, como Santa Catarina, Paraná e São Paulo (SILVA; BARRETTO; SERÔDIO, 2004; MAC FADEN, 2005; SCHULTZ, 2008). A obtenção do açaí a partir de frutos de jussara (*Euterpe edulis*) é uma atividade nova na região Sul da Bahia, está sendo bastante aceita pela população baiana que a considera mais doce do que os frutos açaí (*Euterpe oleracea*) segundo trabalho de Silva, Barreto e Serôdio (2004). Entretanto, ainda não existem dados sobre a produção e beneficiamento de frutos de jussara (*Euterpe edulis*).

### **1.2 A produção dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*)**

No Estado de Santa Catarina a espécie *Euterpe edulis* ocorre em aproximadamente três milhões de hectares, desde o nível do mar até 600 metros de altitude, com topografia complexa resultando em diferentes altitudes, inclinações, composição de solo e condições climáticas (EMBRAPA, 1998, EPAGRI, 1998).

As palmeiras (*Euterpe edulis*) formam cachos com milhares de frutos que medem de 20 a 40 milímetros de diâmetro pesando, em média, 1 g e os cachos podem atingir 5 Kg, sendo a média de 3 Kg (HENDERSON, 2000; MAC FADEN, 2005).

O início da fase reprodutiva é determinado por uma série de fatores os quais estão relacionados principalmente ao meio ambiente em que as plantas se encontram (MANTOVANI; MORELLATO, 2000; SILVA, 2005).

As palmeiras que recebem grandes quantidades de luz, plantadas por mudas atingem a fase reprodutiva entre o sétimo e o décimo ano. Porém, dentro das florestas nativas não existem dados sobre a idade reprodutiva das palmeiras (MANTOVANI; MORELLATO, 2000; MAC FADEN, 2005).

O período de amadurecimento dos frutos é influenciado pela altitude. De acordo com Silva (2005), as palmeiras localizadas a 650 m de altitude no município de Blumenau apresentaram floração entre os meses de abril e junho e maturação dos frutos de dezembro a fevereiro. Já na região litorânea, o período de amadurecimento ocorre de abril a novembro, enquanto as palmeiras isoladas na mata o amadurecimento ocorre entre abril e junho (SILVA, 2005).

O estudo realizado na floresta ombrófila densa localizada no município de São Pedro de Alcântara-SC, as palmeiras apresentam período de oferta de frutos (seis meses), com o pico de oferta nos meses de agosto-outubro. O palmitreiro apresenta floração de novembro a fevereiro, com frutos imaturos durante o ano inteiro e frutos maduros de maio a novembro (MAC FADEN, 2005; MANTOVANI e MORELLATO, 2000).

O ponto de colheita dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*) é determinado igualmente aos frutos de açaí (*Euterpe oleracea*). O ponto final de maturação dos frutos é identificado pela coloração dos frutos de violácea a negro vinosa, isso ocorre devido à síntese de compostos antociânicos (MANTOVANI; MORELLATO, 2000; ROGEZ, 2000; MAC FADEN, 2005; MERTENS-TALCOTT et al., 2008; SCHULTZ, 2008).

### **1.3 Processamento de frutos jussara (*Euterpe edulis*)**

Os frutos de jussara (*Euterpe edulis*), igualmente aos frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) não são comercializados para consumo *in natura* em função de terem apenas uma pequena proporção de polpa a qual perfaz em torno de 15 % do peso dos frutos (ROGEZ, 2000; ALEXANDRE; CUNHA; HUBINGER, 2004; SILVA; BARRETTO; SERÔDIO, 2004; SCHULTZ, 2008). O processamento dos frutos é de origem indígena, atualmente com algumas modificações e implantações de tecnologias visando uma melhor conservação da polpa (SILVA; BARRETTO; SERÔDIO, 2004; MAC FADEN, 2005; SCHUTZ, 2008).

A produção tradicional do açaí de origem indígena consiste no despulpamento manual dos frutos de palmeiras do gênero *Euterpe*. Neste processamento, os frutos são embebidos em água morna (40 °C) e em seguida amassados sobre uma primeira peneira de fibras naturais. Neste procedimento ocorre a separação da polpa, caroço e cascas. A água é progressivamente adicionada a fim de separar definitivamente os caroços e as cascas. A mistura da polpa e água é novamente amassada durante 10 a 15 minutos para formar uma emulsão a qual é filtrada por uma peneira e, obtendo-se assim o açaí (ROGEZ, 2000; MAC FADEN, 2005).

A polpa de jussara produzido dos frutos de *Euterpe edulis* no Estado de Santa Catarina é proveniente de uma agroindústria localizada na cidade de Garuva, Norte do Estado, sendo submetido a um processamento mecânico de despulpamento seguido de

pasteurização (SCHULTZ, 2008).

A primeira etapa do processamento refere-se à seleção dos frutos para o processamento. Estes devem estar bem maduros com coloração negra, frutos vermelhos e verdes são separados (CALLEGARI, 2003; MAC FADEN, 2005; SCHULTZ, 2008).

Após a seleção dos frutos estes são lavados em água potável e corrente e em seguida são embebidos em água por um determinado tempo para o amolecimento do mesocarpo (ROGEZ, 2000; CALLEGARI, 2003; MAC FADEN, 2005; SCHULTZ, 2008). A temperatura e o tempo de imersão variam de acordo com a Empresa que processa o fruto (ROGEZ, 2000).

A etapa seguinte é o despulpamento mecânico utilizando uma despulpadeira elétrica vertical composta de uma peneira de furos menores que 0,6 milímetros (mm) no fundo, conforme Figura 4. Primeiramente, os frutos são batidos e depois é adicionada água progressivamente. Uma emulsão é formada e o açaí desce por gravidade através da peneira e pode então ser coletado, restando na peneira a casca e a semente (ROGEZ, 2000; CALLEGARI, 2003; MAC FADEN, 2005; SCHULTZ, 2008).



**Figura 4** Processamento de jussara (*Euterpe edulis*) em despulpadeira vertical; frutos dentro do cilindro de aço inoxidável (A); adição de água durante o despulpamento (B); saída do açaí por orifício no fundo da despulpadeira (C).

Fonte: SCHULTZ (2008)

A quantidade de água adicionada na extração da polpa determina o tipo de açaí que é produzido. O açaí é altamente perecível, sendo que seu tempo máximo de conservação sem pasteurização, sob refrigeração, é de 12 horas, sendo esta alta perecibilidade devido a ação de enzimas, são responsáveis pela alteração de cor e sabor (ALEXANDRE; CUNHA; HUBINGER, 2004).

A conservação da polpa de açaí é realizada através do método de congelamento em câmara fria, um processo oneroso, em termos de investimento, manutenção de equipamentos, estocagem e transporte. O processamento seguido de pasteurização da polpa de açaí é utilizado com intuito de aumentar a vida de prateleira e garantir a

segurança no consumo do produto (ALEXANDRE; CUNHA; HUBINGER, 2004; SCHULTZ, 2008).

#### **1.4 O Açaí**

No Brasil o açaí constituía uma parte importante da alimentação indígena antes da chegada dos europeus. O hábito de consumir este alimento manteve-se entre os povos indígenas atingindo as populações rurais do norte do Brasil e implantou-se nas cidades, atualmente fazendo parte da alimentação do povo do Norte do Brasil (ROGEZ, 2000; CANTO, 2001).

De acordo com a legislação brasileira o termo açaí é atribuído ao produto extraído da parte comestível dos frutos de açazeiro (*Euterpe oleracea*) após amolecimento através de processos tecnológicos adequados. O açaí é classificado em grosso, médio e fino, de acordo com o teor de sólidos totais em 14 %, de 11 a 14 %, de 11 a 8 %, respectivamente (BRASIL, 2000).

A polpa de açaí é a polpa extraída do açaí, sem adição de água, por meios mecânicos sem filtração, podendo ser submetido ao processo físico de conservação (BRASIL, 2000).

Segundo Rogez (2000), açaí é uma emulsão obtida do processamento dos frutos das palmeiras do gênero *Euterpe* Martius, nativas do Brasil, da família Arecaceae que se caracteriza pelo elevado teor de lipídios e pigmentos antociânicos. A emulsão constitui-se basicamente de água (cerca de 80 a 90%) mais a parte comestível dos frutos das palmeiras.

Na literatura não existem diferenças para o termo açaí ou polpa de açaí ambos são produtos oriundos do beneficiamento dos frutos das palmeiras (*Euterpe oleracea*) ou (*Euterpe precatoria*) com importante valor econômico para o Brasil, devido a grande exportação da polpa de açaí para consumo alimentar e o uso como ingrediente alimentício (DEL-POZO INSFRAN; TALCOTT; BRENES; 2004; GALLORI et al., 2004; LICHTENTHALER et al., 2005; SCHAUSS et al. 2006a; SCHAUSS et al. 2006b; PACHECO-PALENCIA et al., 2008a, PACHECO-PALENCIA et al., 2008b; TALCOTT et al., 2008; PACHECO-PALENCIA et al., 2009).

#### **1.5 Composição centesimal do açaí**

De acordo com o regulamento técnico de padrão, identidade e qualidade para polpa de açaí e açaí, esses são produtos oriundos de frutos de palmeira (*Euterpe oleraceae*). A quantidade mínima de lipídios, proteínas e carboidratos de 20 %, 5 % e 51 % respectivamente, variando de acordo com a quantidade de sólidos totais presentes (BRASIL, 2000).

Segundo Rogez (2000), a polpa de açaí tem um alto valor nutricional e energético contendo aproximadamente 40 a 50 % de lipídios e 10 % de proteínas. No estudo realizado por Alexandre, Cunha e Hubinger (2004) são confirmados os dados citados por Rogez (2000), demonstrando que os lipídios são componentes majoritários na polpa de açaí, sendo assim o açaí é uma emulsão de óleo em água.

Em um estudo de caracterização química, Schauss et al. (2006a) identificaram e quantificaram os açúcares presentes na polpa de açaí. Os principais açúcares encontrados foram glicose, frutose, maltose. A quantidade de carboidratos totais estimado pelos autores são de 52,2 g/100 g base peso seco (BPS) sendo 44,2 g/100 g BPS fibras alimentares.

Em estudo realizado por Silva, Barretto e Serôdio (2004) foi comparada a polpa de açaí (*Euterpe oleracea*) com a polpa de jussara (*Euterpe edulis*) produzida no sul da Bahia, diferenças significativas foram observadas na Tabela 1 e Tabela 2.

**Tabela 1** Composição centesimal de polpa de açaí (*Euterpe oleraceae*) e jussara (*Euterpe edulis*)

Amostra	Determinações				
	pH	Proteína*	Açúcares*	Lipídios*	Kcal/100g
Polpa açaí	4,8 <sup>a</sup>	7,76g <sup>a</sup>	1,02g <sup>b</sup>	13,9 <sup>b</sup>	152,93
Polpa jussara	4,7 <sup>a</sup>	6,72g <sup>b</sup>	1,20g <sup>a</sup>	13,78 <sup>a</sup>	155,74

\*Valores expressos em g/100 g BPS.

Fonte: Silva, Barretto e Serôdio (2004).

Os teores de açúcares totais e lipídios foram superiores na polpa da jussara, resultando em maior valor energético para esta polpa.

**Tabela 2-** Composição mineral da polpa de açaí (*Euterpe oleraceae*) e jussara (*Euterpe edulis*)

Amostra	Determinações							
	P*	K*	Ca*	Mg*	Fe**	Zi**	Cu**	Mn**
Polpa açaí	1,4	7,4	4,8	1,4	328,5	10,1	20,4	34,3
Polpa jussara	0,8	12,1	4,3	1,5	559,6	12,2	14,0	43,4

\*Valores expressos em g/Kg BPS.

\*\*Valores expressos em mg/100 g BPS.

Fonte: Silva, Barretto e Serôdio (2004).

Os resultados demonstraram que a jussara possui elementos minerais em quantidades próximas ou, para alguns elementos, superiores as do açaí, a exemplo do potássio (K), ferro (Fe) e zinco (Zn). O teor de K na jussara foi 65,7 % superior ao encontrado no açaí. O Fe e o Zn foram 70,3 % e 20,8 % maiores, respectivamente, do que no açaí. Os teores de fósforo (P) e cobre (Cu) foram significativamente maiores no açaí, e o cálcio (Ca), magnésio (Mg) e manganês (Mn) não apresentaram diferenças significativas (SILVA; BARETTO; SERÔDIO, 2004).

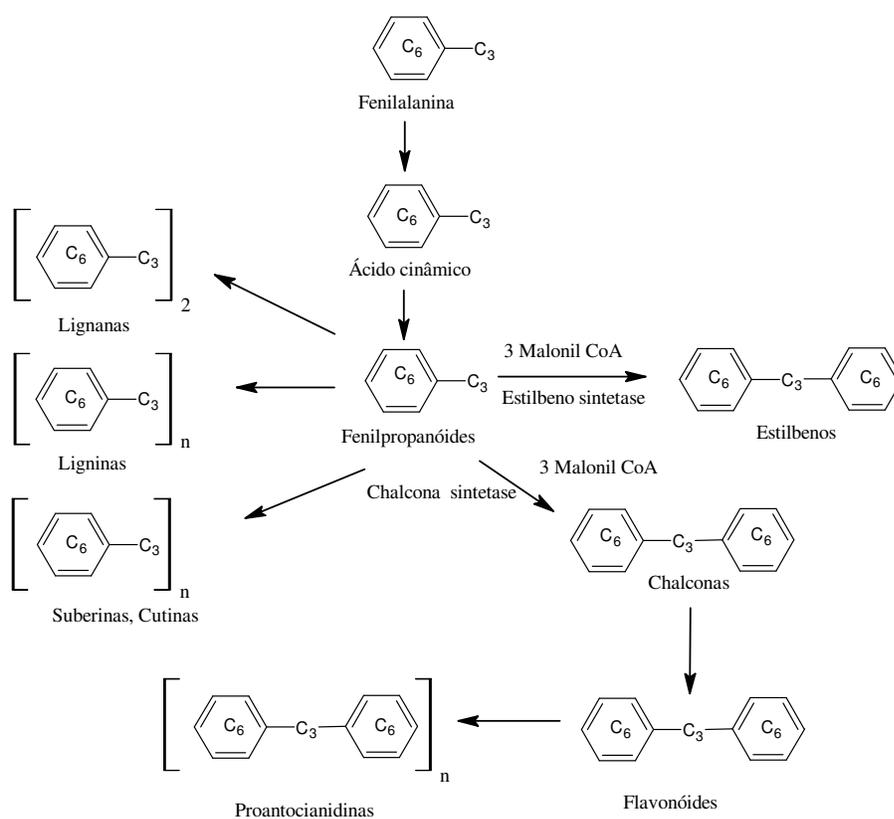
Na tabela de composição química apresentada por Franco (2005), o açaí consta com a composição de 11,8 mg Fe/100 g polpa, valor relativamente alto quando comparado a outros alimentos considerados fontes de ferro, a exemplo do jenipapo (3,4 mg/100 g), beterraba (2,5 mg/100 g), brócolis (2,6 mg/100 g), entre outros. O ferro no açaí encontra-se na forma de compostos insolúveis, como a sua absorção só ocorre na forma solúvel, ionizável e ultrafiltrável, o açaí não pode ser considerado fonte de ferro (SILVA; BARETTO; SERÔDIO, 2004).

Schauss e colaboradores (2006a) relataram os aminoácidos que constituem a polpa de açaí (*Euterpe oleracea*), num total de 7,59 % de matéria seca, dos quais são: 0,83 % ácido aspártico, 0,31 % treonina, 0,32 % serina, 0,80 % ácido glutâmico, 0,39 % glicina, 0,46 % alanina, 0,51 % valina, 0,12 % metionina, 0,38 % isoleucina, 0,65 % leucina, 0,29 % tirosina, 0,43 % fenilalanina, 0,66 % lisina, 0,17 % histidina, 0,42 % arginina, 0,53 % prolina, 0,18 % cistina, 0,13 % triptofano e hidroxiprolina em quantidades menores que 0,01 %.

Além das propriedades nutricionais e valor calórico do açaí diversos estudos têm apresentado importantes compostos benéficos a saúde como os ácidos fenólicos, flavanóis e antocianinas, pigmentos que dão a coloração avermelhada a negra do açaí.

## 1.6 Compostos bioativos do açaí

Compostos fenólicos são considerados metabólitos secundários porque são sintetizados a partir das vias do acetato e do chiquimato (SELLAPPAN; AKOH; KREMER, 2002) por plantas durante o desenvolvimento normal, e em resposta a condições de estresse tais como infecções, ferimentos, radiação ultravioleta (UV), entre outras. Nas plantas, os compostos fenólicos são moléculas de defesa produzidas como se fosse o organismo humano produzindo enzimas antioxidantes (BIANCHI; ANTUNES, 1999). Assim, constituem um grupo diversificado de fitoquímicos derivados da fenilalanina e tirosina conforme mostra a Figura 5 (NACZK; SHAHIDI, 2004).



**Figura 5** Síntese de compostos fenólicos via-fenilalanina  
Fonte: Nazck e Shahidi (2004)

A estrutura química dos compostos fenólicos é formada pelo anel benzênico com grupo de hidroxilas associadas diretamente a estrutura cíclica. Assim, ocorrem ácidos ou fenóis simples constituídos por apenas um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupos hidroxila e/ou metoxila, conferindo propriedades

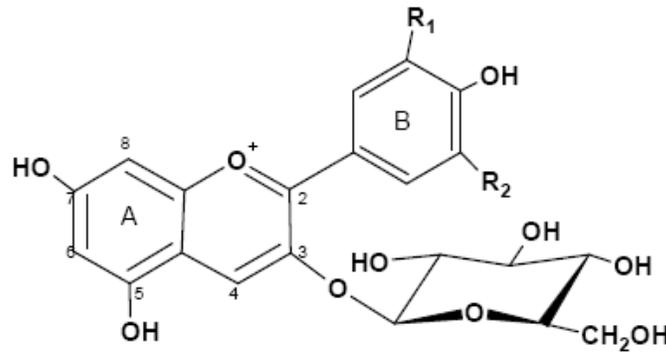
antioxidantes (SOARES, 2002; MAMEDE; PASTORE, 2004). Os flavonóides ou polifenóis apresentam-se nas formas glicosiladas ou aglicosilada, com a estrutura C3-C6-C3 onde o anel A é derivado do ciclo acetato malonato e o anel B é derivado da fenilalanina e, as substituições do anel heterocíclico oxigenado C resultam em classes de flavonóides, como flavonóis, flavonas, flavanonas, flavanóis (catequinas), isoflavonas, antocianinas e antocianidinas (BIANCHI; ANTUNES, 1999; SOARES, 2002; KARAKAYA, 2004).

A estrutura química dos flavonóides favorece sua ação antioxidante. Os hidrogênios dos grupos hidroxilas adjacentes (orto-difenóis), localizados em várias posições dos anéis A, B e C, as duplas ligações dos anéis benzênicos e a dupla ligação da função oxo ( $-C=O$ ) de algumas moléculas de flavonóides fornecem a esses compostos alta atividade antioxidante (RICE-EVANS et al., 1996; MAMEDE e PASTORE, 2004).

Outros compostos de natureza fenólica são os estilbenos, os taninos e as ligninas (BIANCHI; ANTUNES, 1999; SOARES, 2002).

Os principais compostos fenólicos da dieta humana são os ácidos fenólicos, os flavonóides e os taninos, os quais ocorrem nos alimentos em quantidades de 1 a 3 mg/Kg de alimento (KING; YOUNG, 1999).

As antocianinas são moléculas de natureza fenólica do grupo dos flavonóides, derivadas glicosiladas de 17 antocianidinas as quais são polihidroxi/polimetoxi do grupo flavílio (cátion 2-fenilbenzopirílio) que é formado de dois anéis aromáticos unidos por uma unidade de três carbonos e condensadas por oxigênio, conforme Figura 6. A molécula da antocianina é constituída por duas ou três partes: uma aglicona, um grupo de açúcares, e freqüentemente, um grupo de ácidos orgânicos (FRANCIS, 2000; SÁNCHEZ-MORENO, 2002; MALACRIDA; MOTTA, 2006) em muitos momentos os açúcares das antocianinas apresentam-se na forma acilada por ácidos fenólicos (FRANCIS, 2000).



**Figura 6** Estrutura química das antocianinas.  
Fonte: MALACRIDA e MOTTA (2006).

As antocianinas são pigmentos que se encontram largamente distribuídos na natureza e são responsáveis pela maioria das cores azul, violeta e todas as tonalidades de vermelho que aparecem em flores, frutos, algumas folhas, caules e raízes de plantas (FRANCIS, 2000; MALACRIDA e MOTTA, 2006).

Um aumento regular no desenvolvimento de substâncias corantes naturais e de fontes funcionais do alimento foi observado nos últimos anos, não somente devido às preferências do consumidor para pigmentos naturais, mas igualmente para seus benefícios relacionados à saúde e propriedades funcionais (DEL-POZO INSFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004). Assim, as antocianinas são fontes viáveis para substituição dos corantes sintéticos uma vez que são pigmentos hidrossolúveis, possuem coloração atrativa, permitindo assim a sua incorporação em diversos sistemas de alimentos (FRANCIS, 2000; DEL-POZO INSFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004).

Apesar de seu valor como corantes naturais de alimentos e como antioxidantes dietéticos, as antocianinas são pouco estáveis sendo sua degradação influenciada por diversos fatores como pH, temperatura, luz, oxigênio, degradação enzimática e interações entre os componentes tais como ácido ascórbico, íons metálicos, açúcares e copigmentos (FRANCIS, 2000).

Atualmente, o açaí está sendo valorizado como um alimento funcional devido às suas propriedades antioxidantes. Esta característica se deve ao fato do açaí ser um fruto fonte de compostos fenólicos e antocianinas (SCHAUSS et al., 2006a; PACHECO PALENCIA et al., 2008a; PACHECO PALENCIA et al., 2008b; ROSSO et al., 2008; PACHECO PALENCIA et al., 2009).

Os primeiros estudos citados na literatura para identificação de antocianinas em frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) Bobbio et al. (2000) que identificaram cianidina-3-arabinosídeo e cianidina-3-arabinosilarabinosídeo um total de 263 mg de antocianinas/100 g polpa de açaí.

Del Pozo-Insfran, Brenes e Talcott (2004) quantificaram as antocianinas presentes em polpa de açaí provenientes do Belém do Pará através de cromatografia líquida de alta eficiência concluindo assim a presença de 104 mg cianidina 3-glicosídeo/100g de polpa e 7,44 mg/100g de pelargonidina 3-glucosídeo. Gallori et al. (2004) confirmaram os estudos anteriores identificando as principais antocianinas: cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-rutinosídeo, como também foram identificados traços de pelargonidina e peonidina, sendo o total de antocianinas de 75 mg/100 g de polpa.

Os primeiros estudos relacionados a pigmentos em açaí descrevem teores de antocianinas de acordo com a época da safra. O açaí do período de baixa produção (janeiro a junho) apresentou 357 mg de antocianinas/100 g de polpa, já o açaí de alta produção 926 mg/100 g (julho a dezembro) (LICHTENTHÄLER et al., 2005).

Estudos mais recentes utilizando amostras de açaí liofilizado em sistema HPLC-PDA-MS/MS identificaram cinco antocianinas presentes: cianidina 3-rutinosídeo (193 mg/100 g BPS) e cianidina 3-glicosídeo (117 mg/100 g BPS) seguida de cianidina-3-sambubiosídeo e peonidina-3-rutinosídeo (40 mg/100 g BPS), peonidina-3-glucosídeo (20 mg/100 g BPS) sendo o conteúdo total de antocianinas de 319 mg/100 g de polpa liofilizada (SCHAUSS et al., 2006b).

Rosso et al. (2008) identificaram cianidina-3-rutinosídeo (86,8 mg/100 g), cianidina-3-glicosídeo (13,2 mg/100 g), apresentando um total de 293 mg antocianinas por 100 g polpa de açaí congelado proveniente do Estado do Pará.

Essa variação na quantificação das antocianinas é descrita por Rogez (2000) em seu detalhado estudo sobre a concentração de antocianinas, em que verificou o acúmulo de antocianinas nos frutos conforme aumenta o estágio de maturação. Definindo-se cinco estádios de maturação sendo eles: verde, vitrin, preto, tuíra e bem maduros. Durante a fase linear inicial cerca de 90 % dos pigmentos são acumulados, após têm-se uma fase de desaceleração do acúmulo até um valor máximo, e a última fase de decréscimo da concentração de antocianinas ao final da maturação. Lichtenthäler et al. (2005) demonstraram esta grande variação entre as amostras ao analisar polpas de diferentes épocas de colheita, percentual de sólidos solúveis, e

fornecedores, observando variações entre 13 e 456 mg/100 g de polpa de açaí.

Muitos trabalhos quantificaram e identificaram as antocianinas em açaí (*Euterpe oleracea*), entretanto, poucos estudos quantificaram e identificaram as antocianinas de *E. edulis*. Iaderoza et al. (1992) realizaram a extração de antocianinas a partir dos frutos de *E. oleracea* e *E. edulis* através de cromatografia em papel e identificaram a cianidina-3-glucosídeo e cianidina-3-rutinosídeo como as principais antocianinas em ambas as espécies. A quantidade de antocianinas dos frutos de *E. oleraceae* e *E. edulis* foram 336 mg/100 g e 1347 mg/100 g, respectivamente. Portanto, segundo este estudo, frutos de jussara (*Euterpe edulis*) apresentam quatro vezes mais antocianinas do que o açazeiro (*Euterpe oleracea*). Harborne et al. (1994) também identificaram as antocianinas de frutos de jussara (*Euterpe edulis*) como a cianidina-3-glucosídeo e cianidina-3-rutinosídeo. Schultz (2008) comparando o teor médio de antocianinas entre as polpas de *E. edulis* e *E. oleracea* encontrou 58,5 mg e de 18,4 mg por 100g polpa, respectivamente. Estes dados demonstram a importância do estudo da polpa de jussara como fonte de antocianinas e pigmentos.

Entretanto a polpa de açaí (*Euterpe oleracea*) apresenta também ácido fenólicos, flavanóis e protoantocianidinas tais como: ácido ferúlico (21,2 mg); epicatequina (12,9 mg); ácido p-hidroxibenzóico (8,05 mg); ácido gálico (6,45 mg); ácido protocateico (6,4 mg); catequina (6,08 mg); ácido elágico (5,54 mg); ácido vanílico (3,32 mg); ácido p-cumárico (1,71 mg) e derivados de ácido gálico (11,7 mg); todos estes valores considerando 100g de polpa congelada (DEL-POZO INSFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004).

Gallori et al. (2004) e Schauss et al. (2006b) identificaram outros compostos fenólicos em polpa de açaí como homoorientina, orientina, taxifolina desoxihexose, isovitexina, e escorparina.

Lichtenthäler et al., (2005) caracterizam outros compostos fenólicos como o ácido protocatecuico, catequina, dímeros, trímeros e tetrâmeros de procianidina, como também quercetina-rutinosídeo. Já Schauss et al. (2006a), com uma metodologia mais detalhada, confirmaram os dados reportados e quantificaram as protocianidinas presentes sendo 928 mg/100 g representadas por polímeros de uma quantidade total de 1289 mg/100 g BPS.

A polpa de açaí apresenta alta atividade antioxidante (48,6  $\mu$ mol de atividade antioxidante equivalentes a Trolox (TEAC)/g) quando comparada a outras frutas ricas

em antocianinas como uva do monte (4,6 a 31,1  $\mu\text{mol TEAC/g}$ ), morangos (18,3 a 22,9  $\mu\text{mol TEAC/g}$ ), framboesa (19,2 a 22,6  $\mu\text{mol TEAC/g}$ ) e amora (13,7 a 25,1  $\mu\text{mol TEAC/g}$ ) (DEL-POZO INSFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004).

Kuskoski et al. (2005) realizaram um estudo comparando diversas polpas de frutas comercializadas na cidade de Florianópolis. Dentre as quais a polpa de açaí apresentou o maior teor de fenólicos totais (136,8 mg EAG/100 g) comparada à amora (118,9 EAG/100 g) e uva (117,1mg EAG/100 g). Neste mesmo estudo, foram avaliadas a atividade antioxidante destas polpas através do método DPPH, e a polpa de açaí apresentou 8,3  $\mu\text{mol TEAC/g}$  e do método ABTS 9,4  $\mu\text{mol TEAC/g}$ .

Em seus estudos com polpa de açaí liofilizada, Schauss et al. (2006b) prepararam extratos com diferentes polaridades e avaliaram a atividade antioxidante através do método de capacidade de absorção de espécies reativas de oxigênio (ORAC) apresentando os seguintes resultados: 997  $\mu\text{mol TEAC/g}$  sistema hidrofílico ORAC<sub>FL</sub>, 30  $\mu\text{mol TEAC/g}$  sistema lipofílico ORAC<sub>FL</sub>, 1027  $\mu\text{mol TEAC/g}$  de capacidade antioxidante total, e 13,9mg EAG/g

A avaliação da atividade antioxidante pelo método  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico comparando diversas polpas de frutas mostra a maior percentagem de inibição para o açaí (*Euterpe oleracea*), quando comparado à acerola, morango e amora (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). Os compostos antioxidantes do açaí têm se apresentado como quelantes de radicais peroxil e peroxinitrito. Outros estudos também demonstraram a capacidade antioxidante do açaí utilizando diferentes metodologias como cobre induzido, peroxidação de lipossomas e inibição da co-oxidação do ácido linoleico e sistema  $\beta$ -caroteno (SCHAUSS et al., 2006b). Além disso, alguns estudos têm descrito a atividade antiproliferativa do açaí sobre células tumorais humanas de leucemia (SCHAUSS et al., 2006b; TALCOTT et al., 2008). Como mecanismo de ação do açaí sobre vários sistemas modelo *in vitro* de células cancerígenas, têm sido proposto a indução da apoptose, e a inibição da proliferação celular irregular (PACHECO-PALENCIA, 2008b).

A efetiva capacidade antioxidante é dependente da polaridade do sistema em teste, da natureza do radical, do tipo de substrato a ser protegido pelo antioxidante. A diversidade de polifenóis presentes no açaí (*Euterpe oleracea*) forma uma complexa matriz para avaliações da atividade antioxidante, entretanto as antocianinas têm o predomínio da atividade antioxidante, e a presença de outros compostos fenólicos pode

resultar em uma baixa estimativa da capacidade antioxidante (KING; YOUNG, 1999; DEL-POZO INSFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004; KUSKOSKI et al., 2005).

Os resultados dos estudos *in vitro* sustentam as evidências encontradas nos estudos *in vivo* que indicam que a ingestão de polifenóis está inversamente relacionada com a incidência de diversas doenças crônicas não transmissíveis, tais como diversos tipos de câncer e doenças cardiovasculares. Este efeito protetor do açaí contra diversas doenças têm sido associado ao aumento do potencial antioxidante no plasma e na proteção vascular do organismo humano (DEL-POZO INSFRAN; TALCOTT; BRENES; 2004; GALLORI et al., 2004; LICHTENTHALER, et al., 2005; SCHAUSS et al. 2006a; SCHAUSS et al. 2006b; PACHECO-PALENCIA et al., 2008a, PACHECO-PALENCIA et al., 2008b; PACHECO-PALENCIA et al., 2009; TALCOTT et al., 2008).

### **1.7 Fração lipídica do açaí**

O açaí é um fruto rico em lipídios variando entre 40 a 50 % de sua composição, este óleo é rico em ácidos graxos mono e poliinsaturados, respectivamente 60 e 14 % semelhante ao óleo de oliva e abacate (ROGEZ, 2000; SCHAUSS et al., 2006b; PACHECO-PALENCIA et al., 2008b; NASCIMENTO et al., 2008).

O óleo apresenta características físicas de um fluido viscoso de coloração verde escura e distinto aroma remanescente da polpa de açaí. Os parâmetros de identidade e qualidade do óleo demonstram sua semelhança a outros óleos de frutas como oliva, amêndoa, índice de gravidade ( $0,9247 \text{ g.cm}^{-3}$ ), índice de refração (1,4685), índice de iodo ( $75\text{I}_2.100^{-1}$ ) óleo, índice de peróxido ( $5,71 \text{ meq.kg}^{-1}$ ) óleo (PACHECO-PALENCIA et al., 2008b).

Analisando os ácidos graxos presentes no açaí revela-se a predominância de ácidos graxos insaturados (73,9 %) sendo que dentre os ácidos graxos insaturados há predominância de ácido oléico (56,2 %), seguido do ácido linoléico (12,5 %) e linolênico (0,8 %), os ácidos graxos saturados principais são ácido palmítico (24,1 %) e o ácido esteárico (1,6 %) (SCHAUSS et al., 2006b; NASCIMENTO et al., 2008, PACHECO-PALENCIA, 2008b). O açaí também apresenta  $\beta$ -sitosterol (0,44 mg/g BPS); estigmasterol (0,04 mg/g BPS) e campesterol (0,03mg/g BPS) (SCHAUSS et al., 2006b).

O resveratrol é um estilbeno encontrado em uvas, exibindo propriedades quimiopreventivas ao câncer. Esse composto também foi encontrado em pequenas quantidades (1,1µg/g de trans-resveratrol) na polpa de açaí (*Euterpe edulis*) (SCHAUSS et al., 2006b).

O óleo de açaí é um subproduto obtido da clarificação da polpa de açaí destinada a produção de sucos clarificados. A polpa de açaí contém uma alta atividade antioxidante sendo representada por diversas antocianinas, entretanto durante o processo de retirada do óleo estes componentes não são retidos, somente ácidos fenólicos e flavanóis são solubilizados na fração lipídica (PACHECO-PALENCIA et al., 2008b).

Pacheco-Palencia et al. (2008b) em seu estudo caracterizaram as duas frações do açaí resultando em algumas diferenças. A polpa de açaí clarificada contém ácidos fenólicos e flavonóis como: ácido protocateico (15,9 mg/100 g); ácido p-hidroxibenzóico (17,2 mg/100 g), catequina (49,1 mg/100 g), ácido vanílico (57,7 mg/100 g), ácido siríngico (43,4 mg/100 g), epicatequina (44,6 mg/100 g), ácido ferúlico (12,2 mg/100 g); dímeros de procianidina (230 mg/100 g) e trímeros de procianidina (237 mg/100 g), capacidade antioxidante de 17,2 µmol TEAC/mL, o que confirmam estudos anteriores compolpa integral, porém estes compostos apresentam-se em menor quantidades na polpa clarificada (DEL-POZO INSFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004; LICHTENTHÄLER et al., 2005; PACHECO- PALENCIA et al., 2008a; PACHECO- PALENCIA et al., 2008b). O óleo de açaí retirado durante a clarificação apresenta uma fração dos diversos ácidos fenólicos e taninos presentes na polpa como: o ácido protocatéico (54 mg/100 g); ácido p-hidroxibenzóico (57 mg/100 g), catequina (6,7 mg/100 g), ácido vanílico (161 mg/100 g), ácido siríngico (96,9 mg/100 g), ácido ferúlico (10,9 mg/100 g); dímeros de procianidina (103 mg/100 g) e trímeros de procianidina (204 mg/100 g) e atividade antioxidante total de 15,3 µmol TEAC/mL (PACHECO-PALENCIA et al., 2008b).

Os valores de ácido ferúlico são muito próximos na polpa e no óleo, entretanto os flavonóis como catequina e epicatequina encontram-se somente na polpa. PACHECO-PALENCIA et al. (2008b) encontraram alta correlação ( $r = 0,94$ ) entre o conteúdo total de ácidos fenólicos e a capacidade antioxidante total do óleo de açaí, e também observaram uma alta estabilidade desse óleo quando estocado a diferentes temperaturas por um período de 10 semanas.

**CAPÍTULO 2 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE  
FLAVANÓIS E ANTOCIANINAS DE POLPA DE JUSSARA (*EUTERPE EDULIS*)  
USANDO SUPERFÍCIE DE RESPOSTA**

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE FLAVANÓIS E  
ANTOCIANINAS DE POLPA DE JUSSARA (*Euterpe edulis*) USANDO  
SUPERFÍCIE DE RESPOSTA**

**RESUMO**

A metodologia de superfície de resposta foi utilizada para a otimização da extração com solventes de flavanóis e antocianinas da polpa de jussara (*Euterpe edulis*), usando uma equação polinomial de segunda ordem para descrever os dados experimentais de flavanóis totais (FVT), fenólicos totais (FT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante total (AAT). A fim de determinar o melhor solvente empregado na extração para obter um extrato flavanólicos e na extração por processo de maceração obtendo um extrato antociânico, alguns testes preliminares foram conduzidos. O delineamento central composto com duas variáveis tempo de extração e relação sólido-líquido foi também aplicado. O melhor solvente para a extração de flavanóis foi o metanol 0,1 M HCl e para extração de antocianinas o metanol 1,5 M HCl. Os resultados mostram um bom ajuste do modelo proposto para extratos flavanólicos ( $R^2 = 0,94$ ) e em antociânicos ( $R^2 = 0,99$ ). As condições de otimização que maximizam o rendimento dos extratos flavanólicos são relação sólido-líquido 1:50 a 1:100 e o tempo de extração fixado em 15 min. Para os extratos antociânicos o tempo de extração de 24 h e a relação sólido-líquido entre 1:30 a 1:50.

**Palavras-chave:** atividade antioxidante, *Euterpe edulis*, extração, superfície de resposta, polifenóis.

**OPTIMIZATION OF THE EXTRACTION OF FLAVANOLS AND  
ANTHOCYANINS FROM THE PULP JUSSARA (*Euterpe edulis*) USING THE  
RESPONSE SURFACE METHODOLOGY**

**ABSTRACT**

The response surface methodology was used for the optimization of solvent extraction of flavanols and anthocyanins pulp jussara (*Euterpe edulis*), using a second order polynomial equation to describe the experimental data of total flavanols (FVT), phenols ( FT), total monomeric anthocyanins (AMT) and total antioxidant activity (TAA). In order to determine the best solvent used in extraction for a flavanol extract and extraction by maceration process by obtaining an extract anthocyanins, some preliminary tests were conducted. The central composite design with two variables extraction time and solid-liquid ratio was also used. The best solvent for extraction of flavanols was methanol and 0.1 M HCl for extraction of anthocyanins methanol 1.5 M HCl. The results show a good fit of the model proposed for flavan extracts ( $R^2 = 0.94$ ) and anthocyanin ( $R^2 = 0.99$ ). The optimization conditions that maximize the yield of extracts containing flavanols are solid-liquid ratio 1:50 to 1:100 and the extraction time was fixed at 15 min. For the anthocyanin extracts extraction time of 24 h and solid-liquid ratio between 1:30 to 1:50.

**Keywords:** antioxidant activity, *Euterpe edulis*, extraction, response surface, polyphenols.

## 1 INTRODUÇÃO

A extração dos compostos bioativos de matrizes vegetais sólidas permeáveis utilizando solventes constitui um passo importante na fabricação de produtos ricos em fitoquímicos. A aplicação desta tecnologia de baixo custo para obtenção de moléculas a serem utilizadas como aditivos alimentares ou produtos nutracêuticos é uma estratégia adequada para a exploração de alguns produtos não madeireiros encontrados em florestas tropicais (POMPEU; SILVA; ROGEZ, 2009).

*Euterpe edulis* M. é uma palmeira amplamente distribuída na Mata Atlântica desde o Rio Grande do Norte até o norte do Rio Grande do Sul (HENDERSON, 2000). Jussara, o fruto da palmeira *E. edulis*, é redondo e tem uma polpa roxa que cobre a semente dura. Apesar de sua ampla distribuição no Brasil, jussara é muito menos conhecido do que o fruto da palmeira do mesmo gênero *Euterpe*, o açai (*Euterpe oleracea*) (DE BRITO et al., 2007). Atualmente os frutos jussara (*Euterpe edulis*) são utilizados para o processamento e fabricação de açai, o qual é preparado por maceração dos frutos em água, seguido de trituração para extrair a polpa amolecida através da adição de água, com posterior filtração do suco (POMPEU; SILVA; ROGEZ, 2009).

O açai é geralmente consumido como alimento na forma de um suco viscoso que tem sido associado com benefícios nutricionais e medicinais (TALCOTT; PACHECO-PALENCIA; TALCOTT, 2008). Apresenta altas concentrações de compostos bioativos como antocianinas (principalmente cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-rutinosídeo) e outros flavonóides (GALLORI et al., 2004; SCHAUSS et al., 2006; ROSSO et al., 2008; POMPEU; ROGEZ, 2009). Esses componentes foram associados à alta atividade antioxidante desta fruta (SCHAUSS et al., 2006; ROSSO et al., 2008; POMPEU; ROGEZ, 2009).

O conhecimento dos mecanismos que influenciam as condições do processo é necessário para aumentar a eficiência da extração de qualquer composto bioativo (POMPEU; ROGEZ, 2009). Estudos anteriores relataram a influência de muitas variáveis, tais como a composição do solvente, pH, temperatura, tempo de extração, a relação sólido-líquido sobre o rendimento de compostos bioativos que podem ser extraídos de diversos produtos naturais (PINELO et al., 2005; BUJIC'-KOJIC et al., 2009). O papel positivo ou negativo de cada fator na transferência de massa do processo nem sempre é óbvio. As características químicas do solvente, a estrutura e composição

de diversos produtos naturais de cada material, o sistema de solventes pode mostrar um comportamento diferente, que não pode ser predito (CACACE; MAZZA, 2002; PINELO et al., 2005).

Diferentes solventes têm sido utilizados para a extração de polifenóis de material vegetal. O método deve permitir a extração dos principais compostos de interesse, e evitar a sua modificação química (HAYOUNI et al., 2007). A polaridade do solvente desempenha um papel importante na extração seletiva. Água e misturas aquosas de etanol, metanol e acetona são comumente usadas na extração de matrizes vegetais (SUN; HO, 2005; HAYOUNI et al., 2007; POMPEU; ROGEZ, 2009).

Vários estudos sobre a condição otimizada de extração de compostos fenólicos a partir de fontes diferentes, utilizando metodologia de superfície de resposta (RSM) foram publicados (PINELO et al., 2005; HAYOUNI et al., 2007; HUANG et al., 2009; POMPEU; ROGEZ, 2009). O RSM é uma coleção de técnicas estatísticas e matemáticas úteis para desenvolver, melhorar e otimizar processos, em que uma resposta de interesse é influenciada por variáveis independentes e gera um modelo matemático que descreve o processo químico (MONTGOMERY, 2004).

Um estudo recente demonstrou a influência de diversos fatores no processo de extração dos compostos fenólicos de frutos de *E. oleracea* (POMPEU; ROGEZ, 2009). No entanto, a nosso conhecimento, não há relatos na literatura sobre a extração de flavanóis e antocianinas da polpa de *E. edulis*.

Este trabalho tem como objetivo otimizar a extração de compostos fenólicos da polpa de jussara através da metodologia de superfície de resposta visando a exploração desses frutos. A otimização da extração dos compostos realizou-se por delineamento central composto empregando duas variáveis, tempo de extração e relação sólido-líquido, em três níveis. O estudo MSR foi precedida pela seleção do melhor solvente empregado na extração de flavanóis e de antocianinas extrato do enriquecido da polpa de jussara.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material

Amostras de polpa comercializada de jussara (*Euterpe edulis*) foram gentilmente fornecidas pela Alicon Indústria Ltda, do Estado de Santa Catarina, Brasil. As amostras de polpa de jussara foram produzidas a partir de frutos colhidos na safra de 2008. A polpa foi transportada para o laboratório, mantendo-os em caixas isotérmicas contendo gelo a  $5 \pm 2^\circ\text{C}$ . No laboratório as amostras foram armazenadas em freezer ( $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

### 2.2 Reagentes

Todos os reagentes foram de grau analítico. Para as análises foram utilizados reagente de Folin Ciocalteu, carbonato de sódio, 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolino-6-ácido sulfônico) (ABTS<sup>+</sup>), e 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcomano-2-carboxílico (Trolox<sup>®</sup>), foram adquiridos da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA). Ácido gálico, (+) catequina foram obtidos da Vetec (Rio de Janeiro, Brasil). Metanol (MeOH), ácido clorídrico (HCl), persulfato de potássio e todos os outros reagentes foram adquiridos da Aldrich (St. Louis, EUA).

### 2.3 Seleção de solvente para a extração de flavanóis totais (FVT)

O primeiro conjunto de testes foram destinados a seleção de um solvente adequado para extrair os flavanóis da polpa de jussara. Três extrações independentes foram realizadas utilizando 10 g de polpa de jussara e 100 mL (1:10 m/v) de 14 solventes diferentes: água/0,01 M HCl; água/0,1 M HCl (DEL POZO-INSFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004); metanol (REVILLA; RYAN; MARTIN-ORTEGA, 1998); metanol/água (50:50 v/v) (PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2006); metanol/0,01 M HCl; metanol/0,1 M HCl; metanol/1 M HCl (REVILLA; RYAN; MARTIN-ORTEGA, 1998); etanol, etanol/água (70:30 v/v), etanol/água (50:50 v/v); etanol/0,01 M HCl (SUN; HO, 2005); acetona, acetona/água (80:20 v/v) e acetona/água (80:20 v/v) 0,01 M HCl (OU; HAMPSCH-WOODILL; PRIOR, 2001; PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2006; YILMAZ; TOLEDO, 2006). A extração foi

realizada em frascos de vidro âmbar (250 mL) usando um banho ultrasom Unique 1400A (Unique, São Paulo, Brasil), com uma temperatura 25 °C por 15 min. Os extratos foram centrifugados a 2000/g por 10 minutos utilizando um modelo de centrífuga Fanem 280 R (Fanem, São Paulo, Brasil) e o conteúdo de flavanóis totais do sobrenadante foi imediatamente determinado.

#### **2.4 Seleção de solvente para a extração de antocianinas monoméricas totais (AMT)**

Outro conjunto de testes destinado a seleção de um solvente adequado para extrair as AMT da polpa de jussara. Três extrações independentes foram realizadas utilizando 10 g de polpa de jussara e 100 mL (1:10 m/v) de 13 diferentes solventes: água/0,1 M de ácido cítrico; água/0,01 M de ácido cítrico; água/0,1 M HCl; água/0,01 M HCl (KAHKONEN; HOPIA; HEINOMEN, 2001); metanol; metanol/água (50:50 v/v); metanol/0,01 M HCl (REVILLA; RYAN; MARTIN-ORTEGA, 1998); etanol; metanol/1,5 M HCl; etanol/água (70:30 v/v) (GALLORI et al., 2004); etanol/água (50:50 v/v); etanol/0,01 M HCl; e etanol/1,5 M HCl (FAN et al., 2008; ROSSO et al., 2008). Na extração das antocianinas, realizou-se a extração através de um processo de maceração. As amostras de polpa foram extraídas no escuro, sob agitação, com 50 mL de solvente em frascos de vidro âmbar com a temperatura controlada a  $5 \pm 2$  °C por 24 h. As amostras foram filtradas através de um funil de Buchner. Os extratos foram então centrifugados a 2000/g por 10 minutos utilizando um modelo de centrífuga Fanem 280 R (Fanem, São Paulo, Brasil) e no sobrenadante recolhido foi imediatamente quantificado o conteúdo de AMT.

#### **2.5 Delineamento Experimental**

A otimização do conteúdo de fenólicos e atividade antioxidante dos extratos flavanólicos e antociânicos de polpa de jussara foi realizada através de um deliamento experimental baseado em um planejamento  $3^2$  fatorial central composto. As variáveis reais e codificadas foram o tempo de extração (T, min), e a relação sólido-líquido (g/mL, SLR) (Tabelas 2 e 3). Nos extratos flavanólicos os parâmetros avaliados foram o conteúdo de fenólicos totais, flavanóis totais e atividade antioxidante total. Para os extratos enriquecidos antociânicos as variáveis dependentes determinadas foram

conteúdo de fenólicos totais, antocianinas monoméricas totais e atividade antioxidante total. Os resultados experimentais foram analisados de acordo com o modelo matemático indicado abaixo (Equação 1). Para qualquer variável resposta (variáveis dependente), Y geralmente é desconhecido, porém, pode ser estimado com precisão através de uma expressão polinomial de segunda ordem, a qual representa as variações causadas pelo efeito linear e quadrático, como também as interações (MONTGOMERY, 2004).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 \quad \text{Equação 1}$$

Sendo que Y representa a variável resposta (dependente);  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_{12}$  representam os coeficientes da equação;  $X_1$  e  $X_2$  representam as variáveis independentes estudadas, tempo de extração e relação sólido-líquido, respectivamente.

## 2.6 Conteúdo de flavanóis totais (FVT)

O conteúdo total de flavanóis dos extratos de jussara foi quantificado usando o método modificado do p-dimetilaminocinamaldeído (DMACA) (ARNOUS; MARKIS; KEFALAS, 2002). Para cada mL de extrato jussara foi adicionado 5 mL de solução de DMACA (0,1% HCl em metanol 1 M). Após realizou-se a leitura da absorbância a 640 nm utilizando um espectrofotômetro HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK). Os resultados foram expressos em mg equivalentes de catequina (ECA) por 100 g de polpa.

## 2.7 Conteúdo de antocianinas monoméricas totais (AMT)

O conteúdo total de antocianinas monoméricas (AMT) dos extratos de jussara foi determinado através do método de diferença de pH (GIUSTI; WROLSTAD, 2001). A absorbância da mistura foi medida em 510 nm e 700 nm usando espectrofotômetro HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK). O conteúdo de AMT (mg/100 g polpa) foi calculado de acordo com a Equação 2.

$$\text{AMT} = A \times \text{MW} \times 1000 / (\epsilon \times C) \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

A = absorvância ( $A_{510} - A_{700}$ ) pH 1,0 - ( $A_{510} - A_{700}$ ) pH 4,5;

MW é o peso molecular de cianidina-3-glicosídeo = 490;

$\epsilon$  é a absorvância molar de cianidina-3-glicosídeo = 26900,

C é a concentração do tampão em mg por mL.

## 2.8 Conteúdo de fenólicos totais (FT)

O conteúdo de FT dos extratos de jussara foram quantificados utilizando o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). Um volume de 2,5 mL de água deionizada foi adicionado de 100  $\mu$ L de extrato a um balão volumétrico de 10 mL. Folin-Ciocalteu (0,5 mL) foi adicionado ao balão. Alíquotas (1,5 mL) de 20% de carbonato de sódio e o volume do balão volumétrico aferido com água deionizada. A leitura da absorvância realizada após 120 min, no comprimento de onda de 765 nm usando um espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK). Os resultados foram expressos em mg equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100g de polpa.

## 2.9 Atividade antioxidante total (AAT)

A AAT dos extratos foi quantificada usando a metodologia ABTS, avalianda de acordo com a descoloração do radical cátion  $ABTS^{*+}$  (RE et al., 1999). O ABTS foi dissolvido em água a uma concentração de 7 mM. O cátion radical ABTS ( $ABTS^{*+}$ ) foi produzido pela reação da solução de ABTS com 2,45 mM de persulfato de potássio e permitindo a mistura (1:1) para estar no escuro à temperatura ambiente por 16h antes do uso. Após a adição de 1.0 mL de  $ABTS^{*+}$  solução diluída ( $A_{734nm} = 0,700 \pm 0,020$ ) a 0,01 mL de amostra a leitura da absorvância foi tomada depois de 7 min de reação usando um espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK). A atividade antioxidante dos extratos foi expressa em capacidade antioxidante equivalente  $\mu$ M Trolox por 100 g em polpa.

## **2.10 Análise estatística**

Os dados para os extratos foram relatados como média  $\pm$  desvio padrão (DP) de três repetições. Os resultados foram comparados por meio da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para identificar diferenças significativas entre os valores médios. Correlações entre os parâmetros foram analisados utilizando a correlação de Pearson. Todas as análises foram realizadas utilizando o software STATISTICA 7.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, EUA) e as diferenças no nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) foram considerados estatisticamente significativos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Seleção do solvente para extração de flavanóis totais (FVT)

Ensaio prévios foram realizados com o objetivo de definir o solvente requerido para a extração de flavanóis totais de polpa de jussara. Os resultados demonstram que a extração de FVT é dependente do solvente usado (Tabela 1) com diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

O rendimento do FVT no extrato metanólico foi maior que a acetona, etanol e água. Isto é consistente com resultados previamente reportados para outras *berries* (SUN; HO, 2005; OLIVEIRA-BRETT; NOVAK; SERUNGA, 2008). O metanol 0,1 M HCl apresentou-se como o solvente mais eficiente (94,13 mg ECA/100g polpa) seguido do metanol 1 M HCl e metanol 0,01 M os quais extraíram 67,26 e 59,50 mg ECA/100 g polpa, respectivamente. O metanol acidificado aumentou o poder de extração FVT das amostras quando comparado aos valores com metanol e metanol (50:50 v/v). Os solventes polares têm maior poder para extrair compostos fenólicos comparados aos solventes apolares (HAYOUNI et al., 2007). Esses resultados mostraram claramente que um maior conteúdo de flavanóis foi obtido com um aumento da polaridade do solvente utilizado. Considerando que, a solubilidade de compostos fenólicos e sua difusão no solvente dependem de sua estrutura química, que pode variar de compostos simples a altamente polimerizados, assim, a escolha do solvente é uma das etapas mais relevantes no processo de extração (BUJIC'-KOJIC et al., 2009). Estudos com o açaí (*Euterpe oleracea*) demonstraram a presença de flavanóis, flavanonas, proantocianidinas e ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos em extratos de metanol (DEL POZO-INSFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004; SCHAUSS et al., 2006; TALCOTT; PACHECO-PALENCIA; TALCOTT, 2008).

**Tabela 1** Flavanóis totais (FVT) e antocianinas monoméricas totais (AMT) em extratos de polpa de jussara (*Euterpe edulis*) obtidos a partir de diferentes solventes

Solvente	FVT <sup>1</sup>	AMT <sup>2</sup>
Acetona	5,76 ± 1,13 <sup>a</sup>	----
Acetona/água (80:20 v/v)	8,78 ± 0,28 <sup>cd</sup>	----
Acetona/água (80:20 v/v) 0,01 M HCl	9,39 ± 0,28 <sup>d</sup>	----
Água 0,1 M ácido cítrico	----	114,45 ± 1,14 <sup>e</sup>
Água 0,01 M ácido cítrico	----	91,07 ± 1,08 <sup>d</sup>
Água 0,01 M HCl	7,28 ± 1,03 <sup>b</sup>	143,98 ± 2,08 <sup>g</sup>
Água 0,1 M HCl	4,64 ± 0,78 <sup>a</sup>	165,94 ± 1,25 <sup>i</sup>
Etanol	5,50 ± 0,06 <sup>a</sup>	21,60 ± 1,35 <sup>b</sup>
Etanol 0,01 M HCl	9,65 ± 0,22 <sup>d</sup>	136,12 ± 1,62 <sup>f</sup>
Etanol/água (70:30 v/v)	44,37 ± 0,11 <sup>e</sup>	197,56 ± 1,72 <sup>j</sup>
Etanol/água (50:50 v/v)	7,35 ± 0,77 <sup>bc</sup>	32,52 ± 1,17 <sup>c</sup>
Etanol 1,5M HCl	----	231,54 ± 1,05 <sup>m</sup>
Metanol	8,74 ± 0,85 <sup>cd</sup>	17,74 ± 1,56 <sup>a</sup>
Metanol/água (50:50 v/v)	8,1 ± 0,11 <sup>bcd</sup>	147,31 ± 1,36 <sup>h</sup>
Metanol 0,01 M HCl	59,50 ± 0,74 <sup>f</sup>	205,90 ± 1,58 <sup>l</sup>
Metanol 0,1M HCl	94,13 ± 0,90 <sup>h</sup>	----
Metanol /HCl 1M	67,26 ± 1,04 <sup>g</sup>	----
Metanol/HCl 1,5 M	----	254,57 ± 1,84 <sup>n</sup>

<sup>1</sup> Valores expressos equivalente a catequina (ECA)/100 g polpa. <sup>2</sup> Valores expressos cia-3-glicosídeo/100 g polpa.

Valores (média ± DP, n= 3) na mesma coluna seguida de letras diferentes apresentam diferença estatística (p <0,05) pelo teste de Tukey.

(----) Solvente não avaliado.

Os monômeros de catequina e epicatequina foram encontrados nos frutos na forma de polímeros chamados de taninos ou proantocianidinas (PIETTA et al., 2002; MARETE; JACQUIER; O'RIORDAN, 2009). A extração destes componentes foi relatada na literatura utilizando água 0,01 M HCl para quebrar as moléculas liberando açúcares residuais e os ácidos orgânicos; os flavanóis foram removidos com metanol 0,01 M HCl (DEL POZO-INSFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004). Assim o metanol 0,1 M HCl foi o solvente mais eficiente para a extração de flavanóis, como a catequina, para a polpa de jussara (*Euterpe edulis*).

A presença de um ácido no solvente para extração de flavanóis intervém com a capacidade de extração, aumenta a degradação do material vegetal e a taxa de extração de compostos bioativos a partir da matriz (CACACE; MAZZA, 2002).

No entanto, a acidificação de solvente também afeta a composição química dos extratos. Assim, de acordo com o observado neste estudo e os anteriormente relatados na literatura, altas concentrações de ácidos minerais (1 a 2 M) causa a hidrólise de flavonóides glicosilados, enquanto que alguns compostos fenólicos lábeis presentes no mesmo material podem ser degradados sob severas condições (BUCIC'-KOJIC 'et al., 2009).

### **3.2 Seleção de solventes para extração de antocianinas monoméricas totais (AMT)**

O conteúdo de antocianinas extraído foi claramente influenciado pelo solvente utilizado com diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre estes (Tabela 1). As extrações de AMT com etanol e metanol foram as mais eficientes do que a água e a mistura de solventes. O metanol 1,5 M HCl, etanol 1,5 M HCl e metanol HCl 0,01 M apresentaram-se mais eficientes com 254,57; 231,54 e 205,90 mg cia-3-gli/100 g polpa, respectivamente (Tabela 1). Os resultados obtidos sugerem que a presença de ácido clorídrico na extração de solventes leva à hidrólise parcial de antocianinas, conforme relatado anteriormente (REVILLA; RYAN; MARTIN-ORTEGA, 1998; FAN et al., 2008). Os resultados desse estudo demonstram que solventes alcoólicos acidificados são eficazes na extração de antocianinas, que está de acordo com os relatos precedentes para a extração de antocianinas do açaí (POMPEU; SILVA; ROGEZ, 2009).

### 3.3 Análise de superfície de resposta

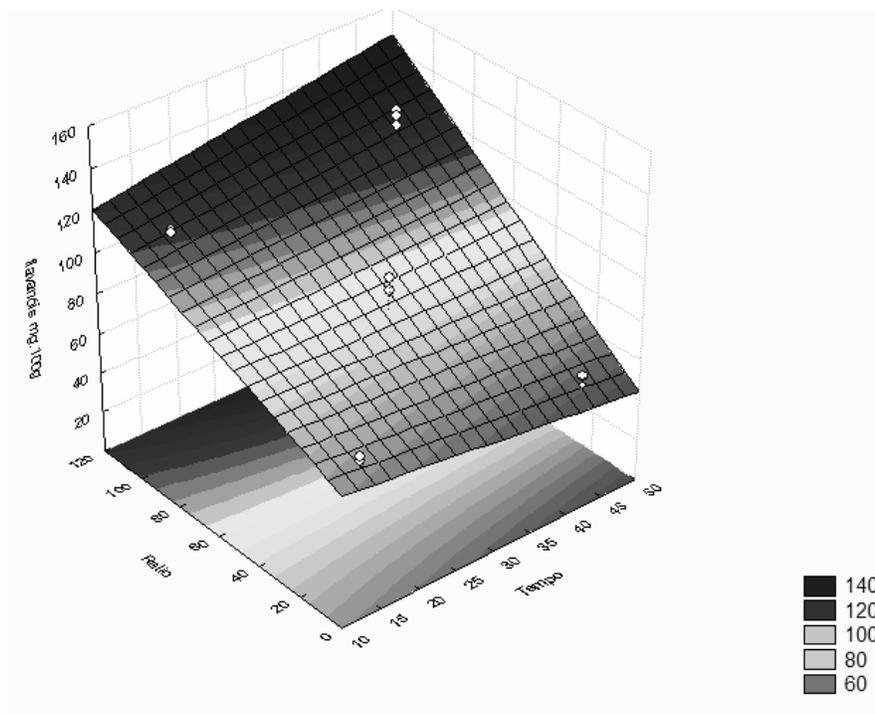
#### 3.3.1 Extratos flavanólicos

A otimização do tempo de extração e da relação sólido-líquido para extração de compostos fenólicos do extrato flavanólico (metanol 0,1 M HCl) de polpa de jussara foi realizada através de um planejamento fatorial  $3^2$  central composto. De acordo com os parâmetros da Tabela 2 e a Figura 1, os maiores valores de FVT no extrato foram alcançados quando a extração foi realizada nas condições do experimento 3 (109,68 mg ECA/100g polpa), 6 (117,89 mg ECA/100 g polpa) e 9 (124,63 mg ECA/100g polpa), tais experiências têm o tempo de extração diferente 15, 30 e 45 min, respectivamente e igual relação sólido-líquido (1:100).

**Tabela 2** Resultados experimentais das condições de extração com design experimental  $3^2$ , variáveis independentes codificadas e não codificadas (T, Slr), variáveis dependentes fenólicas totais (FT), flavanóis totais (FVT) e atividade antioxidante total (AAT)

Expt	T <sup>1</sup>	Slr <sup>2</sup>	FT <sup>3</sup>	FVT <sup>4</sup>		AAT <sup>5</sup>		
				Exp.	Pred.	Exp.	Pred.	Exp.
1	-1 (15)	-1 (1:10)	353,31	348,29	62,61	74,88	408,28	483,14
2	-1 (15)	0 (1:50)	497,78	468,69	104,50	95,48	670,47	783,14
3	-1 (15)	1 (1:100)	657,90	619,19	109,68	121,23	1435,53	1158,14
4	0 (30)	-1 (1:10)	346,69	320,09	80,86	76,32	508,88	483,14
5	0 (30)	0 (1:50)	488,10	440,49	97,53	102,68	798,93	783,14
6	0 (30)	1 (1:100)	606,42	590,99	117,89	135,63	1567,99	1158,14
7	1 (45)	-1 (1:10)	292,56	291,89	50,78	77,76	678,04	483,14
8	1 (45)	0 (1:50)	432,95	412,29	122,87	109,88	810,08	783,14
9	1 (45)	1 (1:100)	684,00	562,79	124,63	150,03	1696,55	1158,14

<sup>1</sup>T, tempo de extração (min); <sup>2</sup>Slr, relação sólido-líquido (g/mL); <sup>3</sup>mg equivalente ácido gálico/100 g polpa; <sup>4</sup>mg equivalente catequina/100 g polpa; <sup>5</sup>μmol TEAC/100 g polpa; Exp. valores experimentais; Pred. valores preditos.



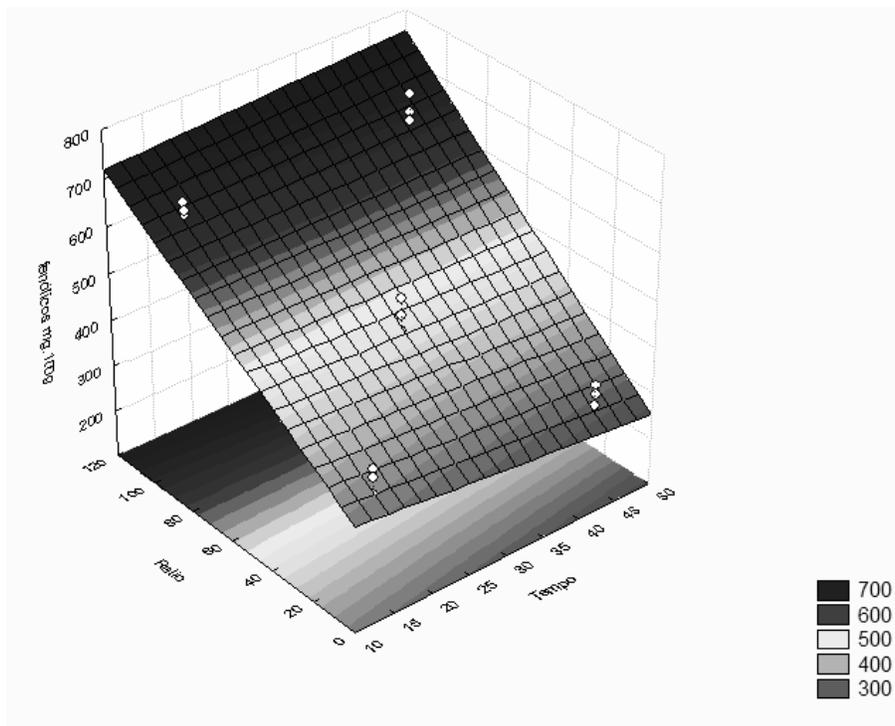
**Figura 1** Superfície de resposta para extrato rico em flavanólicos efeito do tempo e da relação sólido-líquido no conteúdo de flavanóis totais.

A análise estatística destes valores demonstrou uma função modelo resposta resultante da dependência sobre as duas variáveis analisadas para a extração, onde a variável tempo de extração não foi significativa. A função modelo também é capaz de explicar 94% dos resultados do FVT (Tabela 4). A análise estatística também mostrou que os termos lineares, a relação sólido-líquido ( $F_{\text{modelo}} = 179,67$ ,  $p = 0,000001$ ), o tempo de extração e a interação sólido-líquido ( $F_{\text{modelo}} = 8,60$ ,  $p = 0,0136$ ) para o conteúdo FVT são altamente significativas ( $p < 0,05$ ). Os resultados sugerem que a variação da relação sólido-líquido e as interações entre duas variáveis apresentaram um efeito significativo no conteúdo de FVT, embora o efeito da interação entre variáveis seja menos significativo. A interação indicou que o tempo de extração e a relação sólido-líquido pode aumentar ou reduzir a capacidade de extração do solvente. Para obter o modelo simplificado de interpretação, todos os termos não-significativo ( $p > 0,05$ ) como o tempo de extração ( $p = 0,87$ ) foram eliminados. O modelo simplificado para as variáveis foram declarados conforme a Equação 3.

$$\text{Flavanóis (mg ECA/100 g)} = 0.37(\text{Slr}) + 0.0096(\text{T}).(\text{Slr}) + 69.73 \quad \text{Equação 3}$$

Sendo: (Slr) relação sólido-líquido (g/mL), (T) o tempo de extração (min).

A superfície de resposta para a extração de fenólicos totais demonstrada na Tabela 2 e Figura 2 indica que altos conteúdos dos fenólicos podem ser alcançados também nas condições do experimento 3 (657,90 mg EAG/100 g polpa), 6 (606,42 mg EAG/100 g polpa) e 9 (684,00 mg EAG/100 g polpa).

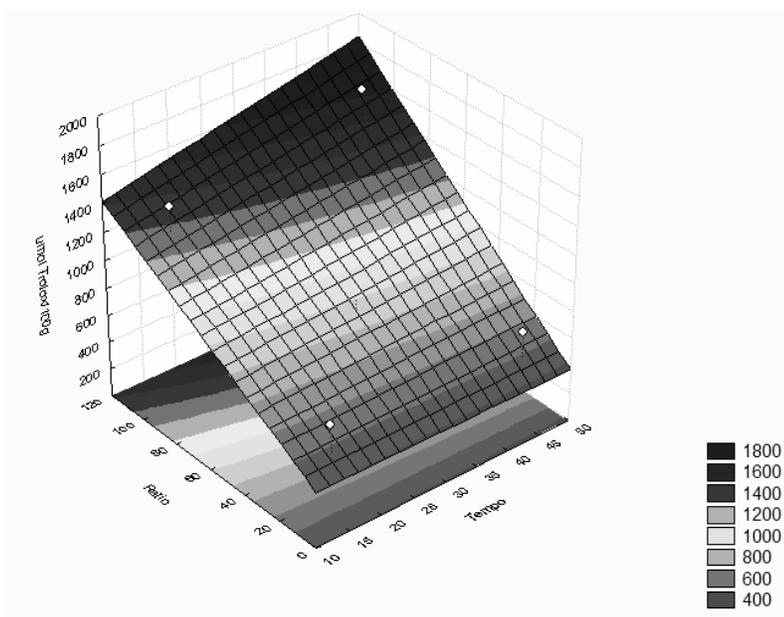


**Figura 2** Superfície de resposta para extrato flavanólico o efeito do tempo e relação sólido-líquido no conteúdo de fenólicos totais.

O aumento da relação sólido-líquido aumenta a extração dos compostos fenólicos, assim como também as variações no tempo de extração têm influencia significativa para o modelo ( $p = 0,0033$ ), diferentemente do observado para extração de FVT (Figura 1). As variáveis em estudo foram significativas ( $F_{\text{modelo}} = 515,37$ ,  $p < 0,00001$ ), entretanto, a interação entre essas não foi significativa ( $F_{\text{modelo}} = 4,72$ ,  $p = 0,0525$ ). Além disso, o modelo calculado explica 97% dos resultados (Tabela 4).

O tempo de extração não apresentou efeito significativo linear sobre o conteúdo de FT, sugerindo uma liberação progressiva de soluto da matriz sólida para o solvente. Mesmo assim, a literatura apóia o fato de que os fenóis totais podem ser extraídos com solventes polares, a água, o metanol e o etanol (SUN; HO, 2005; YU; AHMEDNA; GOKTEPE, 2005; HAYOUNI et al., 2007).

Para a atividade antioxidante total, os resultados apresentados na Tabela 2 e a Figura 3 demonstram que o aumento da relação sólido-líquido na extração contribuem para aumentar a atividade antioxidante total de acordo com os experimentos 3 (1435,53  $\mu\text{M}$  TEAC/100 g polpa), 6 (1567,99  $\mu\text{M}$  TEAC/100 g polpa) and 9 (1696,55  $\mu\text{M}$  TEAC/100 g polpa) revelando diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).



**Figura 3** Superfície de resposta para extrato flavanólico e efeito do tempo e relação sólido-líquido na capacidade da atividade antioxidante total.

Segundo alguns autores, a extração de polifenóis aumenta com o aumento do tempo de exposição ao ultra-som. Esta maior eficiência pode ser atribuída à ação da vibração ultra-sônica, que produz o rompimento celular, a redução do tamanho das partículas, o melhor acesso de solvente para os componentes. O rendimento de extração é maior quando o tempo de exposição ao ultra-som está na faixa de 45 a 90 minutos (CACACE; MAZZA, 2003; VILKHU et al., 2008; HUANG et al., 2009).

Por outro lado, a aplicação prolongada do ultrassom pode causar diminuição de fenólicos, e assim o tempo de sonicação deve ser cuidadosamente considerado (OLIVEIRA-BRETT et al., 2008).

Como consequência, um aumento de sólidos extraídos foi observado em valores mais elevados para a relação sólido-líquido. A interação tem um efeito positivo, de fato, quanto maior a proporção de sólido-líquido, maior será a quantidade total de sólidos obtidos, apesar da variável tempo não apresentar efeito significativo. Isso é consistente com os princípios de transferência de massa, a força motriz durante a transferência de massa é o gradiente de concentração entre o sólido e o volume do líquido (PINELO et al., 2005; VILKHU et al., 2008; PASTOR-CAVADA et al., 2009).

### 3.3.2 Extratos antociânicos

Para a extração das antocianinas monoméricas totais utilizou-se metanol 1,5 M HCl o qual apresentou melhor eficiência na extração em testes preliminares (Tabela 1). Como pode ser observado na Tabela 3 e Figura 4, o experimento 9 apresentou alto conteúdo de AMT com 456,78 mg cia-3-glicosídeo/100 g polpa.

A diferença entre os experimentos é o tempo de extração e a relação sólido-líquido, variando de 1 a 24 h, e a proporção 1:10 e 1:50, respectivamente. As análises estatísticas também demonstram que os termos lineares como sólido-líquido ( $F_{\text{modelo}}=5620,79$ ;  $p = 0,000001$ ), tempo de extração ( $F_{\text{modelo}}= 22,04$ ;  $p = 0,00065$ ) e a interação entre variáveis ( $F_{\text{modelo}}= 23,06$ ;  $p = 0,000556$ ) para os extratos ricos em antocianinas foram altamente significativos ( $p < 0,05$ ). Os resultados sugerem que a variação na relação sólido-líquido apresentam o efeito mais significante do que outras variáveis em estudo. O modelo simplificado para variáveis pode ser descrito conforme apresentado na Equação 4.

**Tabela 3** Resultados experimentais das condições de extração com design experimental  $3^2$ , variáveis independentes codificadas e não codificadas (T, Slr), variáveis dependentes fenólicos totais (FT), antocianinas monoméricas (AMT) e atividade antioxidante total (AAT)

Expt	T <sup>1</sup>	Slr <sup>2</sup>	FT <sup>3</sup>		AMT <sup>4</sup>		AAT <sup>5</sup>	
			Exp.	Pred.	Exp.	Pred.	Exp.	Pred.
1	-1 (1)	-1(1:10)	364,43	483,14	30,86	25,54	709,65	744,32
2	-1 (1)	0 (1:30)	567,90	633,14	60,89	57,70	994,56	1002,12
3	-1 (1)	1 (1:50)	721,00	783,14	313,77	303,40	1873,83	1259,92
4	0 (12)	-1 (1:10)	525,44	483,14	166,84	140,24	1339,25	744,32
5	0 (12)	0 (1:30)	584,86	633,14	203,56	193,63	1213,89	1002,12
6	0 (12)	1 (1:50)	756,98	783,14	307,89	247,04	1435,99	1259,92
7	1 (24)	-1 (1:10)	303,63	483,14	300,56	265,33	678,05	744,32
8	1 (24)	0 (1:30)	766,45	633,14	352,04	341,93	1764,40	1002,12
9	1 (24)	1 (1:50)	806,37	783,14	456,78	418,52	1459,00	1259,92

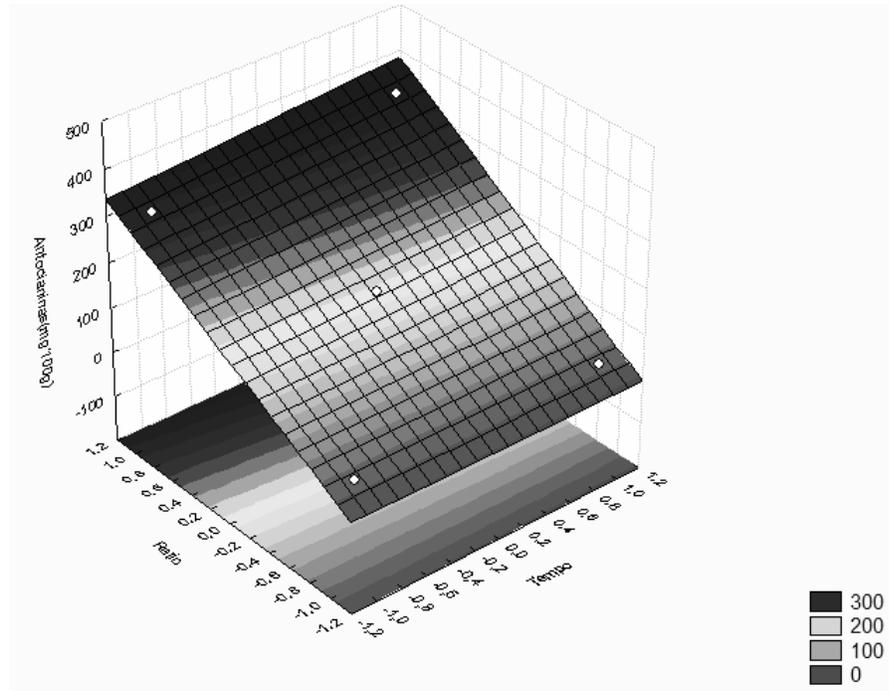
<sup>1</sup>T, tempo de extração (horas); <sup>2</sup>Slr, relação sólido-líquido (g/mL); <sup>3</sup>mg equivalente ácido gálico/100g polpa fresca; <sup>4</sup>mg cia-3-glicosídeo/100g polpa fresca; <sup>5</sup>μmol TEAC/100g polpa fresca; Exp. valores experimentais; Pred. valores preditos.

$$\text{Antocianinas (mg ci-3-gli/100g)} = 9,46(\mathbf{Slr}) + 151,12(\mathbf{T}) + 9,67(\mathbf{Slr})(\mathbf{T}) + 615,42$$

Equação 4

Sendo (Slr) relação sólido-líquido (g/mL), (T) o tempo de extração (h).

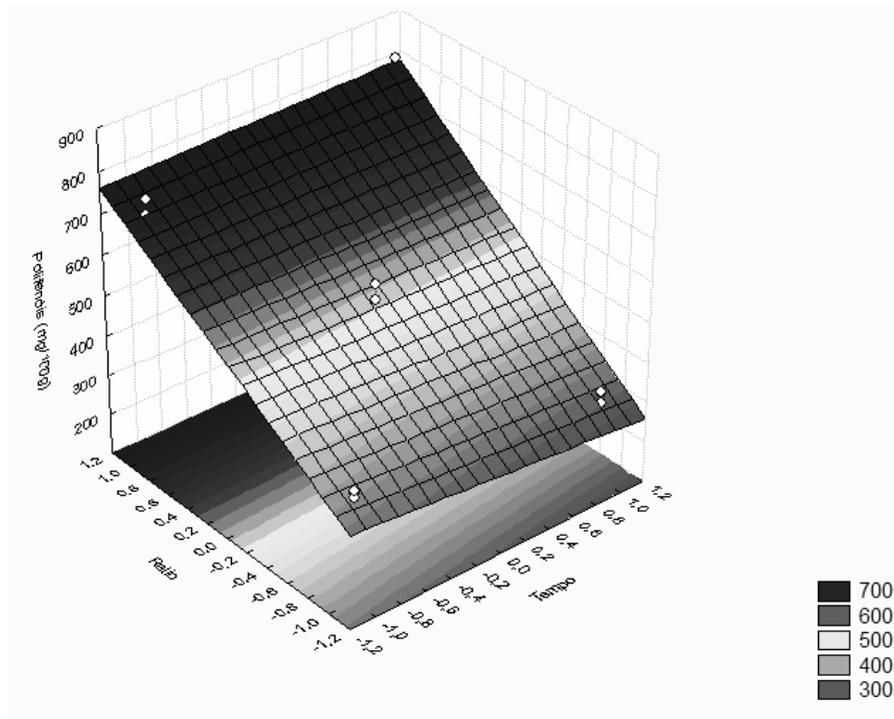
O modelo de regressão pode explicar 99% dos resultados da extração de antocianinas (Tabela 4).



**Figura 4** Superfície de resposta para extrato antociânico e efeito do tempo e relação sólido-líquido no conteúdo de antocianinas monoméricas totais.

Procedimentos de extração geralmente envolvem o uso de solventes ácidos, que rompem as membranas das células dos tecidos e, simultaneamente, dissolvem pigmentos. O ácido tende a estabilizar antocianinas, mas também pode mudar a forma nativa do pigmento no tecido rompendo as associações com metais, açúcares, co-pigmentos, ou outros compostos (REVILLA et al., 1998; CASTAÑEDA-OVANDRO et al., 2009).

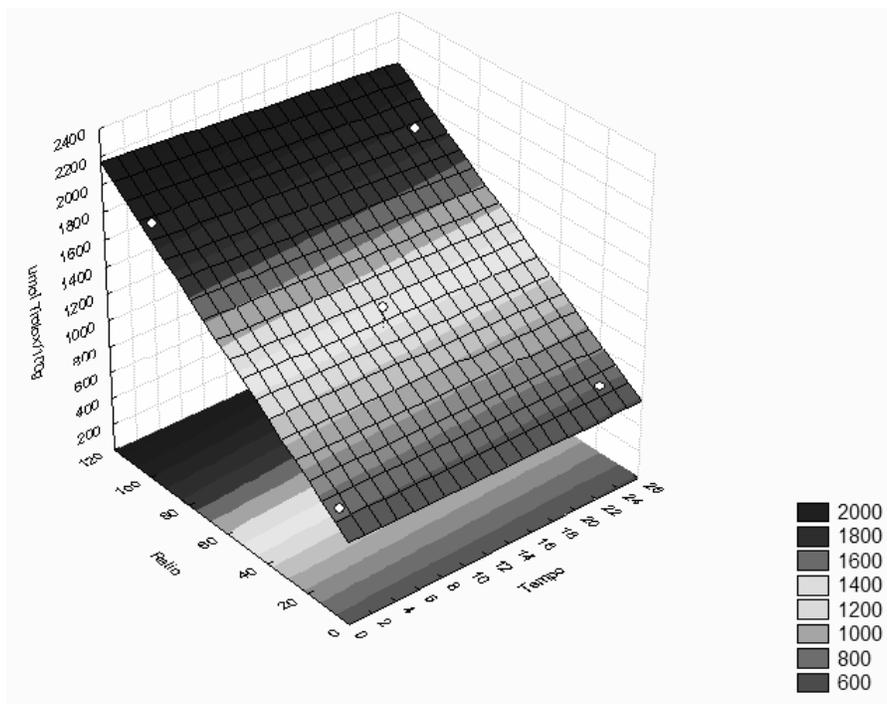
A superfície de resposta para a extração de FT de jussara em função do tempo de extração e a relação sólido-líquido é mostrada na Tabela 3 e Figura 5, o que demonstra que os experimentos 6 (756,98 mg EAG/100 g polpa), 8 (766,45 mg EAG/100 g polpa) e 9 (766,45 mg EAG/100 g polpa) têm diferentes tempos de extração (12 e 24 h), e os mesmos valores para a relação sólido-líquido (1:30 e 1:50).



**Figura 5** Superfície de resposta para extrato antociânico e efeito do tempo e sólido-líquido no conteúdo de fenólicos totais.

O termo linear mostrou que a variável tempo de extração ( $p = 0,3600$ ), a interação tempo de extração e a relação sólido-líquido ( $p = 0,2082$ ) não são variáveis significativas para o modelo estatístico ( $p > 0,05$ ). A variável sólido-líquido apresentou efeito significativo ( $F_{\text{modelo}} = 274,15$ ,  $p = 0,000001$ ) assim que a concentração de compostos fenólicos aumentou com o aumento da relação sólido-líquido em tempo fixo. Resultados semelhantes foram observados no estudo de Pompeu e Rogez (2009) mostrou que a extração dos compostos fenólicos de açaí foi dependente da relação sólido-líquido. O cálculo do modelo também foi capaz de explicar 97% dos resultados na extração de compostos fenólicos (Tabela 4).

A relação sólido-líquido na extração contribui para o aumento da atividade antioxidante total. Já a variável tempo não apresenta efeito significativo para o experimento ( $p > 0,05$ ) (Tabela3; Figura 6).



**Figura 6** Superfície de resposta para extrato antociânico e efeito do tempo e relação sólido-líquido na capacidade da antioxidante total.

### 3.4 Validação das condições otimizadas

As condições otimizadas obtidas pelo MSR foram utilizadas para validar o modelo predito de extração de FVT dos extratos flavanólicos e AMT dos extratos antociânicos a partir da polpa de jussara. Os resultados (Tabela 4) mostraram que as condições experimentais otimizadas escolhidas para extratos flavanólicos foram: relação sólido-líquido entre 1:50 a 1:100 e o tempo de extração de 15 min. Estas condições podem ser aplicadas para o FT e AAT. As condições otimizadas para extratos antociânicos foram: o tempo de extração de 24 h e a relação sólido-líquido entre 1:30 e 1:50, e as mesmas condições foram demonstrados para o FT e AAT destes extratos otimizados.

### 3.5 Análise de correlação

Para o extrato flavanólico as correlações entre a FVT e AAT, entre FVT e FT, e entre FT e AAT foram estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ), com valores de  $R^2$  de

0,64; 0,61 e 0,62, respectivamente. Para o extrato antociânicos a correlação entre o AMT e ATT, entre AMT e FT e FT e AAT também foram estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ), com valores de  $R^2$  de 0,99; 0,87 e 0,98, respectivamente.

**Tabela 4** Análise de variância (ANOVA) e coeficientes de regressão da equação polinomial de segunda ordem para fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante total (AAT) em extratos flavanólicos e extratos antociânicos de polpa *E. edulis*.

Coeficientes regressão		Extratos flavanólicos			Extratos antociânicos		
		FT	FVT	AAT	FT	AMT	AAT
Intercept	$\beta_0$	346,39*	69,73*	408,1*	532,58*	178,79	615,42*
Linear	$\beta_1$	-1,88	-0,50	-0,68	-11,38	151,12*	-11,12
	$\beta_2$	3,01*	0,37**	7,50**	197,41*	9,46*	12,89*
Interaction	$\beta_{12}$	0,02	0,009**	0,093	15,94	9,67*	-0,03
	$r^2$	0,97	0,94	0,62	0,98	0,99	0,99

\* $p \leq 0,01$ ; \*\* $p \leq 0,05$ .

Vários estudos têm sugerido que o teor de antocianinas e sua atividade antioxidante correspondente contribuem para o efeito protetor das frutas e os legumes efeito protetor contra doenças degenerativas e crônicas (GAO; MAZZA, 1996; YILMAZ; TOLEDO, 2006; CASTAÑEDA-OVANDRO et al., 2009).

Além disso, o conteúdo de fenólicos nos extratos correlaciona-se com sua atividade antioxidante, confirmando que as antocianinas e flavanóis contribuem para a atividade de seqüestro de radicais livres desses extratos. O sinergismo entre os antioxidantes presentes no extrato faz com que a atividade antioxidante; não dependa apenas da concentração, mas também da estrutura e interação entre eles. As frações polares podem ter mais polihidroxifenóis, como taninos, que podem agir sinergicamente com outros compostos (HAYOUNI et al., 2007). Compostos fenólicos são antioxidantes naturais e sua atividade antioxidante pode ser avaliada por sua capacidade de sequestrar radicais livres (YU et al., 2005). Neste estudo, um radical livre (ABTS) método descrito por RE et al. (1999) foi usado para medir a atividade antioxidante total (AAT). Assim,

pode-se observar que os extratos preparados por diferentes solventes e diferentes técnicas exibiram vários graus de atividade antioxidante. Pode-se concluir que os extratos obtidos com solventes de polaridade elevada eram consideravelmente mais eficazes no sequestro de radicais do que aqueles que utilizam solventes de polaridade baixa, indicando que os antioxidantes ou compostos ativos de solventes de polaridade diferente poderiam estar presentes nos extratos com elevada capacidade antioxidante (HAYOUNI et al., 2007; PÉREZ - JIMÉNEZ e SAURA-CALIXTO, 2006).

#### 4 CONCLUSÃO

Através do design experimental foi possível otimizar as condições de extração dos flavanóis e antocianinas da polpa de jussara (*Euterpe edulis*). As variáveis investigadas no presente estudo, tempo de extração e a relação sólido-líquido pode influenciar o desempenho da extração. A capacidade antioxidante dos extratos apresenta-se moderadamente correlacionada com o conteúdo de flavanóis, e altamente correlacionada com o teor de antocianinas. Este estudo é um passo prévio para a identificação e caracterização dos flavonóis e antocianinas em jussara (*Euterpe edulis*) para comparação com outros frutos, em particular o açaí (*Euterpe oleracea*).

**CAPÍTULO 3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA  
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE JUSSARA (*Euterpe edulis*)**

## CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE JUSSARA (*Euterpe edulis*)

### RESUMO

O açaí e a polpa de açaí são obtidos a partir dos frutos das palmeiras do gênero *Euterpe*. Os frutos de jussara das palmeiras (*Euterpe edulis*) produtoras de palmito cultivadas na Mata Atlântica são semelhantes aos frutos de açaí (*Euterpe oleracea*). Poucos estudos relatam a sua composição e a atividade antioxidante. O presente estudo tem como objetivo caracterizar e avaliar a atividade antioxidante de frutos de jussara de nove regiões de cultivo no Estado de Santa Catarina. A caracterização química mostrou-se com diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). O teor de matéria seca, proteínas, lipídios, cinzas e acidez apresentam variações de 34,95 - 42,47 %; 5,13 - 8,21 %; 18,45 - 44,08 %; 1,55 - 3,39 % e 0,21 - 0,48 mg/100 g, respectivamente. Os frutos da região de Urussanga apresentaram os conteúdos mais elevados de fenólicos totais (48,99 mg EAG/ g PSD); flavanóis totais (6,08 mg ECA/g PSD); antocianinas (10,80 mg cia-3-gli/ g PSD), assim apresentaram a maior atividade antioxidante pelos métodos de ABTS e FRAP, 108,81 e 152,47  $\mu$ M TEAC/g PSD, respectivamente. Forte correlação existente entre as antocianinas e o ABTS ( $r = 0,94$ ), e antocianinas com FRAP ( $r = 0,96$ ). Com esses resultados observa-se a variação da composição dos frutos conforme a região de cultivo. Os frutos de jussara cultivados no Estado de Santa Catarina são semelhantes aos frutos de açaí indicando perspectivas para a exploração e consumo desses frutos.

**Palavras-chave:** açaí, atividade antioxidante, *Euterpe edulis*, jussara, fitoquímicos.

## CHEMICAL CHARACTERIZATION OF JUSSARA (*EUTERPE EDULIS*): THE FRUIT OF MATA ATLÂNTICA

### ABSTRACT

The açai and pulp of açai are obtained from the fruits of palm trees of the genus *Euterpe*. The fruit of jussara palm (*Euterpe edulis*) production of palm cultivation in the Mata Atlântica similar to the fruits of açai (*Euterpe oleracea*). Few studies reported the composition and antioxidant activity of jussara. This study objective to characterize and evaluate the antioxidant activity of fruit jussara nine growing regions in the State of Santa Catarina. The chemical characterization showed up with significant differences ( $p < 0.05$ ). The content of dry matter, protein, lipids, ash and acidity vary from 34.95 - 42.47%, 5.13 - 8.21%; 18.45 - 44.08%, 1.55 - 3.39%, 0.21 - 0.48 mg/100g, respectively. The fruits of the region Urussanga submit the higher content of phenolic compounds (GAE 48.99 mg/g defatted dry pulp (PSD), total flavanols (6.08 mg CAE/g PSD), anthocyanins (10.80 mg ce-3-gli/g PSD) and had the highest antioxidant activity by ABTS and FRAP methods, 108.81 and 152.47 mM TEAC/g PSD, respectively. Strong correlation between anthocyanins and ABTS ( $r = 0.94$ ), and anthocyanins with FRAP ( $r = 0.96$ ). With these results can observe the variation in the composition of the fruits according to area of cultivation. These fruits of jussara grown in the State Santa Catarina are similar to the fruits of açai indicating prospects for the exploitation and consumption of these fruits.

**Keywords:** açai, antioxidant activity, *Euterpe edulis*, jussara, phytochemicals.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um grande número de espécies frutíferas nativas e exóticas distribuídas em seus diversos biomas como a Floresta Amazônica, o Cerrado e a Mata Atlântica, ainda não exploradas. Essas espécies representam um grande interesse para as agroindústrias e uma possível fonte de renda para a população local, de forma a obter acesso a mercados internacionais (BRITO et al., 2007; RUFINO et al., 2010). Os consumidores colocam a ênfase sobre o caráter exótico e presença de nutrientes em quantidade considerável de micronutrientes como minerais, vitaminas e compostos fenólicos (BRITO et al., 2007; RUFINO et al., 2010).

O açaí e a polpa de açaí são produtos de exportação com alto valor econômico. Nos últimos anos, tem ganhado mercado internacional para aplicação em uma variedade de alimentos e bebidas, grandemente favorecida por tendências de consumo de alimentos com apelo funcional para a saúde, associados com a sua elevada atividade antioxidante e composição (DEL POZO INFRAN; BRENES; TALCOTT, 2004; LICHTENTHALER et al., 2005; SCHAUSS et al., 2006; PACHECO-PALENCIA et al., 2008; MURDOCK; SCHAUSS, 2009; SABBE et al., 2009a; SABBE et al., 2009b; PACHECO-PALENCIA et al., 2009).

O suco e a polpa de açaí são produtos obtidos a partir de frutos de palmeiras do gênero (*Euterpe*) presentes no bioma da Floresta Amazônica e Mata Atlântica (ROGEZ, 2000). O consumo desses produtos tem origem na região norte do Brasil, no Estado do Pará, consumido principalmente pelas populações rurais e pela população urbana de baixa renda. Fora da Amazônia, principalmente nos estados da região sul e sudeste do Brasil, o consumo do açaí foi incrementado a partir dos anos 90, principalmente devido à demanda do público jovem de classe média a alta (ROGEZ, 2000).

O fruto da palmeira *E. oleracea* chamado “açaí do Pará” frequentemente é encontrado em vegetações específicas do Amapá, Maranhão, Pará e Tocantins (HENDERSON, 2000). Já o fruto da palmeira *E. precatoria* ou “açaí-da-terra-firme” ocorre com maior frequência na Amazônia Oriental (Acre, Amazonas, Pará e Rondônia) (HENDERSON, 2000), sendo que o período de colheita das espécies ocorrem de julho a dezembro para a espécie *E. oleracea*, e de janeiro a julho para espécie *E. precatoria*

(ROGEZ, 2000; PACHECO-PALENCIA et al., 2009).

Na Mata Atlântica pode-se obter a polpa de Jussara, semelhante à polpa de açai, a partir dos frutos do palmito *Euterpe edulis* Mart., denominados juçara, jussara, jiçara, içara, ensarova, ripeira ou ripa muito semelhante aos frutos do açai (IADEROZA et al., 1992; SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004). Essa palmeira encontra-se distribuída na floresta ombrófila densa dentro da Mata Atlântica, desde o sul da Bahia até o Norte do Rio Grande do Sul (IADEROZA et al., 1992; HENDERSON, 2000). Os frutos do palmito *Euterpe edulis* Mart. têm formato globular com 3 cm de diâmetro, a casca fina que cobre a polpa fibrosa, a qual protege a semente, apresenta coloração roxa a negra vinosa quando maduros, devido às antocianinas presentes (IADEROZA et al., 1992; SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004).

A palmeira *Euterpe edulis* Mart. é uma espécie chave no ambiente florestal, por ter pico de maturação de seus frutos em pleno inverno. A composição química desses frutos pode ser influenciada pelas características geográficas da região de cultivo, e outros fatores tais como fotoperíodo, umidade, temperatura, agentes polinizadores e dispersores, podem estar envolvidos nas variações apresentadas pelas florações e frutificações de palmeiras (FISCH; NOGUEIRA; MANTONAVI, 2000).

Poucos estudos descreveram a composição química de polpa de jussara (*Euterpe edulis*) e demonstraram uma semelhança com a polpa do açai (*E. oleracea*) (SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004; MURDOCK; SCHAUSS, 2009) não existem relatos sobre a composição de frutos de jussara (*Euterpe edulis*). Com esse interesse o presente trabalho objetivou caracterizar a composição química e avaliar a atividade antioxidante de frutos de jussara (*Euterpe edulis*) cultivados em diferentes regiões do Estado de Santa Catarina, os quais já são utilizados para a produção de polpa de açai.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Amostragem

Os frutos de jussara (*Euterpe edulis* Mart.) foram coletados na safra de 2009, no Estado de Santa Catarina (SC), Brasil. Ao total nove regiões produtoras de frutos foram selecionadas. Quatro regiões produtoras estavam localizadas no norte do Estado (Corupá, Garuva, Jaraguá do Sul, Luís Alves), quatro no Sul (Parque, Rio América, São Pedro, Urussanga) e um na região litorânea (Barra Velha). Na Tabela 1, estão descritas as regiões amostradas com seus respectivos dados edafoclimáticos e mês de colheita.

**Tabela 1** Condições edafoclimáticas das regiões de cultivo de jussara (*Euterpe edulis*) no Estado de Santa Catarina.

	Região	Latitude Longitude	Altitude (metros)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Mês de colheita
1	Barra Velha	26° 37' 56" 48° 41' 05"	27	11,00	31,14	maio
2	Corupá	26° 25' 31" 49° 24' 35"	68	9,32	31,92	julho
3	Garuva	26° 26' 32" 49° 16' 54"	128	9,32	31,92	julho
4	Jaraguá do Sul	26° 29' 10" 49° 04' 00"	30	9,32	31,92	julho
5	Luís Alves	28° 31' 55" 49° 24' 48"	558	5,35	28,61	julho
6	Parque	28° 31' 55" 49° 18' 53"	48	9,50	33,14	junho
7	Rio América	28° 29' 28" 49° 24' 48"	350	5,35	28,61	junho
8	São Pedro	28° 31' 19"	30	9,50	33,14	junho
9	Urussanga	28° 31' 50" 49° 13' 21"	368	9,33	30,98	janeiro

Fonte: EPAGRI (2009).

A colheita dos frutos foi efetuada de modo aleatório, no estágio de maturação ideal para processamento, resultando em três amostras de 500 g de cada região. Imediatamente após a colheita os frutos foram transportados ao Laboratório de Química de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina em caixas térmicas ( $5,0 \pm 1^\circ\text{C}$ ). Os frutos foram selecionados saudáveis, inteiros, e sem deformação. Os frutos foram analisados na forma de polpa.

## 2.2 Reagentes

Todos os reagentes utilizados para as análises foram de grau analítico. Folin Ciocalteu, carbonato de sódio, 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolino-6-ácido sulfônico) ( $\text{ABTS}^+$ ), p-dimetilaminocinamaldeído (DMACA), 2,4,6-tripiridil-triazina (TPTZ), cloreto de ferro ( $\text{FeCl}_3$ ), e 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcomano-2-carboxílico (Trolox<sup>®</sup>) foram adquiridos da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA). Ácido gálico, (+) catequina foram obtidos da Vetec (Rio de Janeiro, Brasil). Metanol (MeOH), n-hexano, ácido clorídrico (HCl), persulfato de potássio e todos os outros reagentes foram adquiridos da Sigma Aldrich (St. Louis, EUA).

## 2.3 Métodos

### 2.3.1 Análises químicas

As metodologias recomendadas pela *Association of Official Analytical Chemicals* (AOAC, 2005) foram adotadas para a determinação do conteúdo de matéria seca, acidez titulável (AT), proteína, lipídios, cinzas e pH.

O conteúdo de matéria seca foi determinado por secagem em estufa a  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  até peso constante (AOAC, 940.26) e pH foi determinado a  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ , com um medidor digital de pH (Digimed DM-20, São Paulo, SP, Brasil), calibrado com tampões pH 4 e 7; acidez titulável (AT) quantificada por titulação com solução de NaOH 0,1 M e expressa como mg ácido cítrico/100 g, o conteúdo de proteínas, lipídios e cinzas foram determinados pelos métodos da AOAC (920.152), (933.05) (940.26), respectivamente.

### 2.3.2 Preparo dos extratos

Para cada 100 g de frutos maduros, em torno de 30 g de polpa foi separada manualmente dos frutos. A polpa foi submetida ao processo de branqueamento por 10 min a  $85 \pm 2$  °C para a inativação enzimática. Após este processo, a polpa foi seca em estufa de ar circulante, a temperatura  $40 \pm 2$  °C durante 12 h. Após o resfriamento em dessecador a polpa foi triturada em moinho de bancada (IKA A49, SP, Brasil). Posteriormente amostras de 1 g foram desengorduradas com 50 mL de n-hexano através de uma extração a frio em ultrassom (Unique 1400A, São Paulo, Brasil) a  $25 \pm 2$  °C por 15 minutos, e seguidamente centrifugados (Fanem 280R, São Paulo, Brasil) a 2000/g por 15 minutos. O sobrenadante foi então removido e o resíduo reextraído com n-hexano (DEL POZO INSFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004).

As polpas desengorduradas foram extraídas com 100 mL de metanol 0,1M HCl em ultrassom a  $25 \pm 2$  °C por 15 minutos e após este período, centrifugados a 2000/g por 15 minutos. Em sequência separou-se o sobrenadante, reservando-o em frasco âmbar. O resíduo foi novamente extraído nas mesmas condições, e os sobrenadantes recolhidos em mesmo frasco âmbar para posteriores determinações de fenólicos totais, flavanóis totais e atividade antioxidante.

Para a extração de antocianinas utilizou-se o processo de extração por maceração, para o qual 1 g de polpa desengordurada foi submetida à extração com 50 mL metanol 1,5 M HCl em frasco âmbar e a temperatura controlada de  $5 \pm 2$  °C durante 24 h. Após este período, os extratos foram centrifugados a 2000/g por 15 minutos e o sobrenadante reservado para a determinação de antocianinas monoméricas totais.

### 2.3.3 Determinação de fenólicos totais (FT)

O conteúdo de fenólicos foi determinado nos extratos com o reativo de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965) com leituras realizadas a 765 nm em espectrofotômetro UV-Vis modelo HP 8452A Hewlett-Packard (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK). Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente ao ácido gálico (EAG) por grama de polpa seca desengordurada (PSD) (mg EAG/g PSD) calculados a partir da curva de calibração de ácido gálico (0,05 - 0,5mg/mL;  $y = 0,0001x + 0,047$ ;  $R^2 = 0,9976$ ;  $y =$  concentração da solução;  $x =$  leitura da absorbância).

### 2.3.4 Determinação de flavanóis totais (FVT)

O conteúdo de flavanóis totais foi quantificado usando o método p-dimetilaminocinamaldeído (DMACA) descrito por Arnous, Markis e Kefalas (2002). A leitura de absorvância realizada em espectrofotômetro UV-Vis modelo HP 8452A Hewlett-Packard (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK) comprimento de onda 640 nm. Os resultados foram calculados e expressos em miligramas de equivalentes a catequina (ECA) por grama de polpa seca desengordurada (PSD) (mg ECA/g PSD), com base na curva de calibração de catequina (2-12 mg/ml;  $y = 0,061x + 0,042$ ,  $R^2 = 0,9879$ ;  $y$  = concentração da solução;  $x$  = leitura da absorvância).

### 2.3.5 Determinação de antocianinas monoméricas totais (AMT)

A concentração de AMT foi determinada pelo método espectrofotométrico de diferença de pH (GIUSTI; WROLSTAD, 2001). A absorvância dos extratos diluídos (1:10) em tampão acetato de sódio em pH 1 e 4,5; e verificado a absorvância nos comprimentos de onda mínimo 510nm e no máximo 700nm. O conteúdo de AMT foi estimado através da seguinte equação:

$$AMT = A \times PM \times 1000 / (\epsilon \times C) \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:  $A$  = absorvância ( $A_{510} - A_{700}$ ) pH 1,0 - ( $A_{510} - A_{700}$ ) pH 4,5;  $PM$  = peso molecular de cianidina-3-glicosídeo = 490;  $\epsilon$  = absorvidade molar de cianidina 3-glicosídeo = 26900, e  $C$  = a concentração do extrato no tampão expresso em mg/mL.

Os resultados foram expressos como mg de cianidina 3-glicosídeo/g PSD.

### 2.3.6 Determinação da atividade antioxidante *in vitro*

#### 2.3.6.1 Método ABTS

A atividade antioxidante determinada pelo método ABTS, foi avaliada de acordo com a descoloração do radical cátion ABTS<sup>•+</sup> (RE et al., 1999). O ABTS foi dissolvido em água a uma concentração de 7 mM. O cátion radical ABTS<sup>•+</sup> foi produzido pela reação de solução de ABTS com 2.45 mM de persulfato de potássio mantendo a mistura

(1:1) no escuro à temperatura ambiente por 16 h antes do uso. A solução de trabalho de ABTS<sup>•+</sup> foi preparada pela dissolução em etanol (1:50) para conseguir uma absorbância de  $0,700 \pm 0,20$  em 734 nm. Após a adição de 1.0 mL da solução diluída de ABTS<sup>•+</sup> ( $A_{734nm} = 0,700 \pm 0,020$ ) a 0,01 mL de amostra, a leitura da absorbância foi tomada depois de 7 min de reação usando espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, Reino Unido). Uma curva padrão de Trolox (75-1050  $\mu\text{M}$ ;  $y = 0,0001x + 0,047$ ,  $r^2 = 0,9976$ ;  $y =$  concentração da solução;  $x =$  leitura da absorbância) foi elaborada e a atividade antioxidante dos extratos foi expressa em capacidade antioxidante equivalente a Trolox (TEAC  $\mu\text{M/g}$  de PSD).

#### 2.3.6.2 Método FRAP

A avaliação do potencial redutor de ferro (FRAP) foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Benzie e Strain (1996). Os resultados foram expressos como capacidade antioxidante equivalentes ao Trolox ( $\mu\text{M TEAC/g PSD}$ ). Soluções padrão de Trolox foram preparadas em concentrações que variaram de 25-500  $\mu\text{M}$ , com uma curva linear padrão  $y = x - 0,001 / 0,001$ ;  $r^2 = 0,9937$ ;  $y$  é a concentração da solução;  $X$  é leitura da absorbância.

#### 2.3.7 Análise Estatística

Os dados foram analisados usando o software Statistica 7.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, EUA). Os resultados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão de três medidas paralelas de cada amostra. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey foi usado para verificar diferenças entre as médias. Diferenças ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ) foram consideradas estatisticamente significativas. A análise de componentes principais (PCA) foi realizada a fim de demonstrar similaridade das amostras e estabelecer relações entre essas. Por fim a correlação de Pearson entre as variáveis em estudo também foi empregada.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Análises químicas

Os resultados das análises químicas dos frutos de jussara cultivados em diferentes regiões do Estado de Santa Catarina estão apresentados na Tabela 2.

Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) foram observadas entre os resultados de matéria seca, pH, acidez titulável, proteínas e lipídios.

Os valores de matéria seca variaram de 34,95 % a 42,47 %, sendo que os frutos colhidos na região do Parque apresentaram o maior conteúdo. Valores similares foram encontrados entre os frutos colhidos nas regiões de Barra Velha, Corupá e Jaraguá do Sul, não diferindo estatisticamente entre si. Todas essas regiões se encontram no Norte do Estado, onde a colheita dos frutos ocorre durante os meses de inverno. Os frutos das regiões de Garuva, Luís Alves, Rio América, São Pedro, Urussanga apresentaram menor conteúdo de umidade.

Os resultados demonstraram valores próximos aos descritos na literatura para frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) com 40 a 45 % de matéria seca (ROGEZ, 2000; SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004; SANABRIA e SANGRONIS, 2007).

O conteúdo de proteína total variou de 5,13 a 8,21 % em base peso seco (BPS), sendo que os frutos oriundos de Garuva, região com baixa altitude e mês de colheita em julho, apresentaram os maiores teores de proteína. Essa variação no conteúdo de proteína encontra-se na faixa de valor já descrita por Silva, Barreto e Serôdio (2004), de 6,72g de proteína em 100 gramas de matéria seca de frutos de jussara cultivados no Estado da Bahia. É provável que certas palmeiras fixem maior quantidade de nitrogênio mediante condições favoráveis ao desenvolvimento de bactérias simbióticas fixadoras de  $N_2$  – micorrizas – fato este que pode contribuir para o maior conteúdo de proteína encontrado em alguns frutos (ROGEZ, 2000).

O conteúdo de lipídios apresentou variação de 18,45 a 44,05 % (BPS), os frutos da região de Urussanga apresentaram os maiores teores, seguidos de frutos da região de Luís Alves e São Pedro, esses não mostram diferença significativa ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 2** - Composição química dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*)

	Região	Matéria seca (%)	pH	AT	Proteína (%)	Lipídios (%)	Cinzas (%)
1	Barra Velha	40,09 ± 0,23 <sup>a</sup>	5,45 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,07 <sup>c</sup>	5,13 ± 0,15 <sup>a</sup>	18,45 ± 1,15 <sup>c</sup>	1,99 ± 0,08 <sup>a</sup>
2	Corupá	40,30 ± 0,45 <sup>a</sup>	5,01 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,07 <sup>dc</sup>	6,62 ± 0,28 <sup>cd</sup>	21,66 ± 1,98 <sup>c</sup>	2,58 ± 0,06 <sup>a</sup>
3	Garuva	34,95 ± 1,11 <sup>b</sup>	4,72 ± 0,02 <sup>ab</sup>	0,30 ± 0,19 <sup>cb</sup>	8,21 ± 0,09 <sup>d</sup>	29,37 ± 2,08 <sup>b</sup>	1,86 ± 0,04 <sup>a</sup>
4	Jaraguá do Sul	40,15 ± 1,59 <sup>a</sup>	4,97 ± 0,03 <sup>ab</sup>	0,24 ± 0,01 <sup>de</sup>	7,39 ± 0,07 <sup>d</sup>	22,73 ± 2,37 <sup>c</sup>	2,62 ± 0,05 <sup>a</sup>
5	Luís Alves	37,02 ± 0,14 <sup>b</sup>	5,36 ± 0,01 <sup>ab</sup>	0,23 ± 0,7 <sup>de</sup>	7,15 ± 0,15 <sup>bcd</sup>	43,19 ± 2,39 <sup>a</sup>	2,07 ± 0,34 <sup>a</sup>
6	Parque	42,47 ± 0,41 <sup>a</sup>	4,65 ± 0,02 <sup>ab</sup>	0,22 ± 0,03 <sup>e</sup>	5,84 ± 0,04 <sup>abcd</sup>	18,96 ± 2,3 <sup>c</sup>	1,55 ± 0,23 <sup>a</sup>
7	Rio América	36,49 ± 0,16 <sup>b</sup>	4,5 ± 0,00 <sup>ab</sup>	0,23 ± 0,07 <sup>de</sup>	5,95 ± 0,14 <sup>ab</sup>	31,45 ± 2,67 <sup>b</sup>	3,39 ± 0,26 <sup>a</sup>
8	São Pedro	36,03 ± 1,58 <sup>b</sup>	4,43 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,31 ± 0,10 <sup>b</sup>	6,07 ± 0,13 <sup>abc</sup>	41,96 ± 2,55 <sup>a</sup>	2,36 ± 0,47 <sup>a</sup>
9	Urussanga	37,93 ± 0,33 <sup>b</sup>	4,47 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,48 ± 0,04 <sup>a</sup>	7,33 ± 0,02 <sup>d</sup>	44,08 ± 1,87 <sup>a</sup>	3,32 ± 0,01 <sup>a</sup>

Resultados em média ± DP de três repetições. <sup>a-e</sup> Letras sobrescritas diferentes na mesma coluna denotam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste Tukey.

AT: acidez titulável, expresso em mg equivalente ácido cítrico/100g de polpa fresca.

%: g/100g de matéria seca.

Estes valores encontram-se de acordo com os valores descritos para jussara 35 a 50 % de lipídios (SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004), o açaí (*Euterpe oleracea*) 35 a 45 % de lipídios (ROGEZ, 2000; SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004, SANABRIA e SANGRONIS, 2007).

A quantificação de cinzas não apresentou diferença significativa entre as diferentes regiões sendo que os conteúdos variaram entre 1,55 e 3,39 % BPS.

Os valores de acidez e pH são característicos de frutos não ácidos. Neste estudo foram observadas grandes variações entre as médias. Os frutos da região de Barra Velha apresentaram a menor acidez (0,21mg/100 g) enquanto que os frutos da região de Urussanga apresentaram os maiores valores (0,48mg/100 g).

As variações de pH e acidez evoluem de maneira significativa no decorrer do tempo da safra no sentido diminuir a acidez, podendo se dizer que o pH do açaí (*Euterpe oleracea*) aumenta sensivelmente durante os meses de safra e com o amadurecimento do fruto, uma vez que os ácidos orgânicos responsáveis pela acidez são percussores da formação de açúcares (ROGEZ, 2000).

Sanabria e Sangronis (2007) em seu estudo avaliaram frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) cultivados na Amazônia em duas épocas de colheita: inverno e verão. Os frutos coletados no mês de julho (inverno) demonstram valores de matéria seca 41,8% e cinzas 2,2%, esses valores encontram-se próximos aos determinados neste trabalho para frutos de jussara (*Euterpe edulis*), entretanto o conteúdo de proteína para o açaí (*Euterpe oleracea*) (15,9 %), é três vez maior do que os valores encontrados neste estudo.

Comparando os valores de matéria seca de frutos de jussara com outros frutos da mesma família observa-se valores similares para os frutos de tucumã (*Astrocaryum vulgare*) (45%); e superiores aos frutos de butiá (*Butia eriosphata*) e buriti (*Mauritia flexuosa*) os quais apresentam teor de matéria seca em torno de 15 a 20 % (FERREIRA et al. 2008; YUYAMA et al., 2008; SGANZERLA, 2010).

A composição dos frutos de jussara, observados neste estudo é semelhante a composição observada previamente em frutos de tucumã (*Astrocaryum vulgare*) e açaí, em termos de conteúdo de proteínas, lipídios e cinzas (SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004; FERREIRA et al., 2008; YUYAMA et al., 2008).

### 3.2 Quantificação de fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT) e antocianinas monoméricas totais (AMT)

Na literatura são escassos os trabalhos (IADEROZA et al., 1992, SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004, BRITO et al., 2007, RUFINO et al., 2010) que relatam a quantificação de compostos fenólicos e atividade antioxidante de jussara comparados aos frutos de açaí (*Euterpe oleracea*), do qual existe um grande número de trabalhos de caracterização (ROGEZ, 2000, DEL POZO INFRAN; BRENES; TALCOTT, 2004, LICHTENTHALER et al., 2005, SCHAUSS et al., 2006, PACHECO-PALENCIA et al., 2008; PACHECO-PALENCIA et al. 2009).

O valor médio de rendimento dos extratos foi de 15 % variando entre 9,09 e 22,32 % (Tabela 3). O extrato do fruto da região de São Pedro teve o maior rendimento, o qual foi estatisticamente semelhante aos extratos dos frutos das regiões de Barra Velha, Jaraguá do Sul, Luís Alves, Parque, Rio América e Urussanga. Os extratos dos frutos da região Norte, como Corupá e Garuva apresentaram rendimentos significativamente inferiores.

Os resultados de fenólicos totais da polpa de jussara são apresentados na Tabela 3, os quais apresentaram diferença estatística entre as regiões de cultivo ( $p < 0,05$ ). O conteúdo de fenólicos totais variou de 14,28 a 48,99 mg EAG/g PSD. Os frutos cultivados na região de Urussanga apresentaram maiores teores de fenólicos (48,99 mg EAG/g PSD), seguidos dos frutos colhidos na região de São Pedro com 31,50 mg EAG/g PSD, enquanto que os menores valores foram encontrados nos frutos da região de Garuva com 14,28 mg EAG/g PSD. Comparando estes valores com os dados previamente publicados para o açaí provenientes da Amazônia os valores variaram entre 2,2 mg EAG/g, na colheita realizada em julho, e 5,02 mg EAG/g PSD na colheita de fevereiro (SANABRIA; SANGRONIS, 2007). Outro trabalho encontrou valor médio de 4,5 mg GAE/g de matéria seca (POMPEU; SILVA; ROGEZ, 2009). Estes resultados confirmam os níveis de fenólicos maiores em frutos jussara comparados com os frutos de açaí, conforme previamente descrito na literatura (IADEROZA et al., 1992, SCHULTZ, 2008).

**Tabela 3** Conteúdo de fenólicos totais (FT), flavanóis totais (FVT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante de jussara cultivada em diferentes regiões de Santa Catarina.

Região	Rendimento <sup>A</sup>	Conteúdo			Atividade Antioxidante	
		FT <sup>B</sup>	FVT <sup>C</sup>	AMT <sup>D</sup>	ABTS <sup>E</sup>	FRAP <sup>E</sup>
1 Barra Velha	17,40±0,85 <sup>abc</sup>	24,09±0,99 <sup>c</sup>	5,93±0,66 <sup>a</sup>	1,81±1,09 <sup>d</sup>	47,36±1,02 <sup>cd</sup>	60,14±1,08 <sup>b</sup>
2 Corupá	13,01±0,63 <sup>bc</sup>	23,01±0,76 <sup>cd</sup>	3,20±0,97 <sup>c</sup>	0,798±0,87 <sup>e</sup>	51,76±1,06 <sup>c</sup>	44,46±2,07 <sup>c</sup>
3 Garuva	9,09± 2,01 <sup>c</sup>	14,28±1,03 <sup>e</sup>	0,97±0,45 <sup>e</sup>	0,424±0,93 <sup>e</sup>	26,35±1,32 <sup>f</sup>	21,21±1,87 <sup>d</sup>
4 Jaraguá do Sul	16,10±0,85 <sup>abc</sup>	20,08±1,23 <sup>cd</sup>	2,2±0,96 <sup>d</sup>	0,83±0,89 <sup>e</sup>	41,42±1,46 <sup>de</sup>	36,39±1,90 <sup>c</sup>
5 Luís Alves	15,66±1,33 <sup>abc</sup>	22,78±0,98 <sup>b</sup>	4,16±0,83 <sup>b</sup>	5,42±1,05 <sup>b</sup>	77,71±1,75 <sup>b</sup>	65,24±2,23 <sup>b</sup>
6 Parque	19,80±3,33 <sup>ab</sup>	23,01±1,65 <sup>d</sup>	3,88±0,77 <sup>bc</sup>	1,87±1,24 <sup>d</sup>	37,36±1,90 <sup>e</sup>	45,27±1,66 <sup>c</sup>
7 Rio América	19,31±2,15 <sup>ab</sup>	19,34±1,54 <sup>d</sup>	3,52±0,68 <sup>bc</sup>	1,94±1,86 <sup>d</sup>	46,13±1,67 <sup>cd</sup>	37,29±1,98 <sup>c</sup>
8 São Pedro	22,32±3,81 <sup>a</sup>	31,50±1,29 <sup>cd</sup>	4,09±0,61 <sup>b</sup>	3,59±1,43 <sup>c</sup>	44,62±1,86 <sup>cde</sup>	64,64±2,32 <sup>b</sup>
9 Urussanga	18,20±1,70 <sup>ab</sup>	48,99±1,39 <sup>a</sup>	6,08±0,77 <sup>a</sup>	10,80±1,09 <sup>a</sup>	108,81±1,92 <sup>a</sup>	152,47±2,10 <sup>a</sup>

Valores (média ± DP n=3) na mesma coluna seguido de letras diferentes são significativamente diferente ( $p < 0,05$ ).

<sup>A</sup> Rendimento extração (%) = (peso do extrato/peso amostra) x 100, <sup>B</sup> Fenólicos totais são expressos em mg equivalente ácido gálico por g de polpa seca desengordurada (mg EAG/g PSD), <sup>C</sup> Flavanóis totais são expressos em mg equivalente de catequina por g de polpa seca desengordurada (mg EAC/g PSD), <sup>D</sup> Antocianinas monoméricas totais são expressos em mg cianidina-3-glicosídeo por g de polpa seca desengordurada (mg cia-3-gli/g PSD), <sup>E</sup>ABTS e FRAP valores expressos em equivalente capacidade antioxidante a Trolox por g de polpa seca desengordurada ( $\mu\text{M}$  Trolox/g PSD).

Os resultados de fenólicos totais da polpa de jussara são apresentados na Tabela 3, os quais apresentaram diferença estatística entre as diferentes regiões de cultivo ( $p < 0,05$ ). O conteúdo de fenólicos totais variou de 14,28 a 48,99 mg EAG/g PSD. Os frutos cultivados na região de Urussanga apresentaram maiores teores de fenólicos 48,99 mg EAG/g PSD, seguidos dos frutos colhidos na região de São Pedro com 31,50 mg EAG/g PSD, enquanto que os menores valores foram encontrados nos frutos da região de Garuva com 14,28 mg EAG/g PSD. Comparando estes valores com os dados previamente publicados para o açaí provenientes da Amazônia os valores variaram entre 2,2 mg EAG/g, na colheita realizada em julho, e 5,02 mg EAG/g PSD na colheita de fevereiro (SANABRIA; SANGRONIS, 2007). Outro trabalho encontrou valor médio de 4,5 mg GAE/g de matéria seca (POMPEU; SILVA; ROGEZ, 2009). Estes resultados confirmam os níveis de fenólicos maiores em frutos jussara comparados com os frutos de açaí, conforme previamente descrito na literatura (IADEROZA et al., 1992; SCHULTZ, 2008).

Os conteúdos de flavanóis totais também estão demonstrados na Tabela 3. Assim como para o teor de fenólicos totais a polpa de jussara da região de Urussanga também apresentou o maior teor de flavanóis totais com 6,08 mg ECA/g PSD, seguida da região litorânea de Barra Velha com 5,93 mg ECA/g PSD. Os flavanóis totais são um grupo representado por catequina e epicatequina, estes compostos são encontrados também nos frutos de açaí sendo responsável por grande parte da capacidade antioxidante (DEL POZO INFRAN et al., 2004; SCHAUSS et al., 2006).

Valores em peso fresco dos frutos analisados, que variaram de 499,08 a 1858,19 mg EAG/100 g, são superiores aos valores de outras espécies nativas do Brasil pertencente à família Arecaceae, como o bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.) com 23,8 mg EAG/100 g, butiá (*Butia eriosphata* Mart) com 278,38 mg EAG/100 g. Além disso, os frutos da região de Urussanga encontram-se valores maiores aos frutos como acerola 1063mg EAG/100 g e o camu-camu 1176mg EAG/100 g (RUFINO et al., 2010; SGANZERLA, 2010).

A jussara é um fruto esférico de coloração verde quando jovem e ao amadurecer apresenta coloração negra púrpura, devido ao seu alto conteúdo de antocianinas (IADEROZA et al., 1992). A composição de antocianinas é um importante parâmetro de qualidade a ser avaliado nos frutos, uma vez que estes compostos irão produzir pigmentação na polpa de jussara após pasteurização. Diferença significativa ( $p < 0,05$ )

foi observada entre a polpa de jussara produzida a partir de frutos colhidos de diferentes regiões do Estado quanto ao teor de antocianinas monoméricas totais (Tabela 3). A amostra da região de Urussanga apresentou teor duas vezes superior as amostras das outras regiões, com valores de antocianinas de 10,80 mg/g PSD. Os frutos dessa região têm época de amadurecimento no período de entressafra dos frutos cultivados nas demais regiões de cultivo do Estado de Santa Catarina, ou seja, a frutificação e amadurecimento ocorrem no verão. Isso pode ser explicado devido pela região de ocorrência dos frutos em Urussanga, altitude média com 368m.

O teor de antocianinas é maior nas amostras provenientes das regiões de Luís Alves e São Pedro com o teor de antocianinas de 5,42 mg/g PSD e 3,59 mg/g PSD, respectivamente. Os frutos das outras regiões do Sul e região litorânea não apresentaram diferença significativa entre si. Da mesma forma como os frutos da região Norte não diferiram estatisticamente entre si, entretanto apresentaram valores médios de antocianinas estatisticamente menores dos que os frutos da região Sul.

Os resultados deste estudo apresentaram-se próximos aos determinados por Britto et al. (2007), que encontraram valores de 13,50 mg/g BPS em frutos de jussara. Comparando o teor de antocianinas das amostras de jussara analisados neste estudo, com o observado em estudos prévios em amostras de açaí, verifica-se uma concentração de antocianinas de duas a três vezes maior nos frutos de jussara, uma vez que os teores presentes em açaí oscilam entre 1,05mg/g a 3,5mg/g de peso seco (IADEROZA et al., 1992; DEL POZO INFRAN; BRENES; TALCOTT, 2004; SCHAUSS et al., 2006; SANABRIA; SANGRONIS, 2007).

Os frutos de jussara vêm sendo denominados como *berry* de palmeiras por serem consideradas uma fonte rica em antocianinas devido ao seus altos teores (409,65 mg cia-3-gli/100 g) em comparação com açaí *Euterpe oleracea* (94,7 mg/100 g), *Euterpe precatória* (31,9 mg/100 g), (PACHECO-PALENCIA et al., 2009); morangos (21 mg/100 g), framboesa (92mg/100 g), cereja (122 mg/100 g), amoras (245 mg/100 g) e mirtilos (387 mg/100 g) (WANG; LI, 2008).

Os resultados para jussara demonstraram diferentes épocas de amadurecimento de frutos no Estado de Santa Catarina, diferindo conforme as regiões de cultivo. Os maiores teores de compostos fenólicos e pigmentos foi evidenciado em frutos procedentes da região de Urussanga, colhidos no mês de janeiro, com temperaturas elevadas e médias altitudes, apresentaram os maiores teores de fenólicos totais,

flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais com 48,99 mg EAG/g PSD, 6,08 mg ECA/g e 10,80 mg cianidina 3-glicosídeo/g PSD, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com o publicado anteriormente para os frutos de açai (*Euterpe oleracea*), os quais provenientes de regiões com amadurecimento em meses quentes apresentaram maior teor de fenólicos (LICHTENTHALER et al., 2005; SANABRIA; SANGRONIS, 2007).

Sanabria e Sangronis (2007) também compararam frutos da safra de fevereiro e de julho concluindo que os frutos coletados em fevereiro, mês de temperaturas elevadas e baixos índices pluviométricos, apresentaram os maiores teores de fenólicos. Adicionalmente, a variação de temperatura entre o dia e a noite pode apresentar efeitos relevantes sobre o acúmulo de pigmentos antociânicos na casca do fruto, como já demonstrado em outras frutas tais como: maçã, morangos, uvas e outras *berries* (TOMÁS-BARBERÁN; ESPÍN, 2001; WOJDYLO et al., 2008). A incidência de radiação solar sobre os frutos também tem um efeito positivo sobre a síntese de antocianinas, sendo que os frutos localizados nas partes externas das palmeiras recebem maior incidência de luz solar, e a intensidade desta, por sua vez, afeta o metabolismo e síntese de flavonóides em geral, estimulando particularmente o acúmulo de antocianinas (TÓMAS-BARBERÁN; ESPÍN, 2001; TAIZ; ZEIGER, 2006). Nesse sentido, os flavonóides são encontrados em maiores teores em frutos colhidos no verão e cultivados em região de grandes altitudes, uma vez que a incidência solar é maior nessas condições favorecendo a síntese e o acúmulo de flavonóides (TAIZ; ZEIGER, 2006).

### 3.3 Atividade Antioxidante

A atividade antioxidante de frutas vem sendo determinada pela presença de diferentes antioxidantes nessas matrizes com diferentes mecanismos de ação, podendo haver interações sinérgicas, fazendo-se necessário combinar mais de um método para determinar a atividade antioxidante *in vitro* (HUANG; OU; PRIOR, 2005, PÉREZ JIMÉNEZ et al., 2006).

Quanto ao mecanismo desses métodos utilizados, o ABTS<sup>+</sup> mede a capacidade de sequestrar radicais livres, enquanto o FRAP mede a capacidade de redução de metais. Do ponto de vista mecânico em ambos os métodos existe uma simples transferência de elétrons (HUANG; OU; PRIOR, 2005).

Conforme demonstrado na Tabela 3 a jussara cultivada em diferentes regiões apresenta diferenças significativas para a atividade antioxidante ( $p < 0,05$ ). A atividade antioxidante dos frutos determinados pelo método ABTS<sup>+</sup> oscilou entre 26,35 a 108,81  $\mu\text{Mol TEAC/g PSD}$ , e para o FRAP a variação foi entre 21,21 e 152,47  $\mu\text{Mol TEAC/g PSD}$ .

Os frutos da região de Urussanga foram os que apresentaram a maior atividade antioxidante medida pelos dois métodos, e esses resultados pode ser explicada em função desses frutos apresentarem os maiores conteúdos de fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais.

Os frutos provenientes da região de Luís Alves apresentaram o segundo maior valor de atividade antioxidante em ambos os métodos 77,71  $\mu\text{M TEAC/g PSD}$  pelo método ABTS, e 65,24  $\mu\text{M TEAC/g PSD}$  pela técnica do FRAP, sendo que esses frutos também apresentaram elevado teor de antocianinas (5,42 mg cia-3-gli/g PSD).

Na Tabela 4 são demonstrados os coeficientes de correlação entre as variáveis em estudo.

**Tabela 4** Coeficiente de correlação de Pearson para fenólicos totais (TF), flavanóis totais (FVT), antocianinas monoméricas totais (AMT) e atividade antioxidante medida pela técnica do ABTS e FRAP, em frutos de jussara (*Euterpe edulis*).

	TF	FVT	AMT	ABTS	FRAP
TF	1	0,72	0,96	0,98	0,97
FVT		1	0,67	0,67	0,76
AMT			1	0,94	0,96
ABTS				1	0,92
FRAP					1

Todas correlações são significativas ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

A atividade antioxidante medida pelos métodos ABTS<sup>+</sup> e FRAP foi fortemente correlacionada aos conteúdos de fenólicos totais ( $r > 0,97$ ) e antocianinas monoméricas totais ( $r > 0,94$ ) nos frutos. Os teores de flavanóis totais foram moderadamente relacionados à atividade antioxidante determinada pelos dois métodos ( $r > 0,67$ ) (Tabela 4).

A correlação entre os métodos ABTS e FRAP ( $r = 0,92$ ) é forte e isso se deve

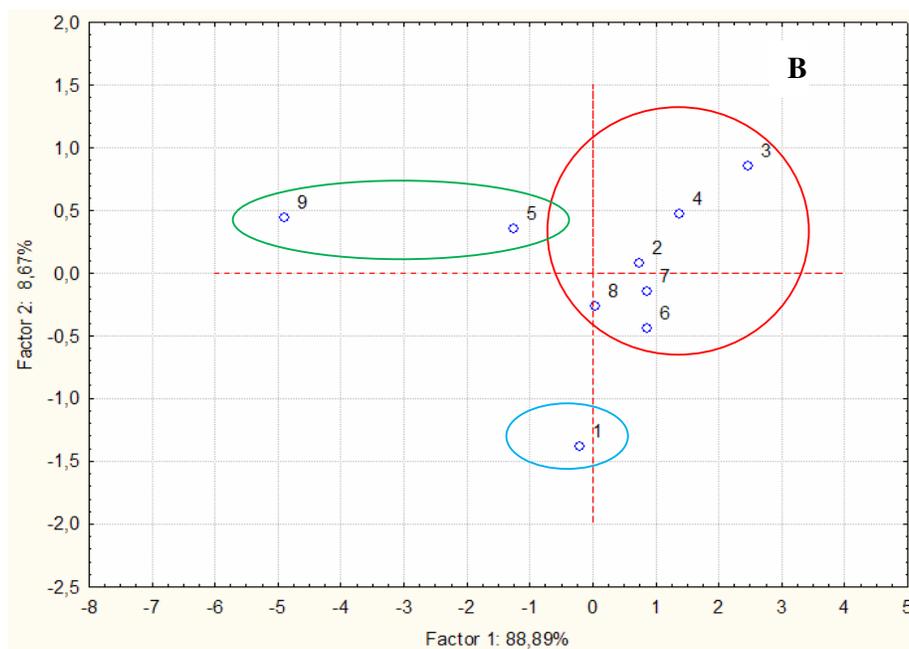
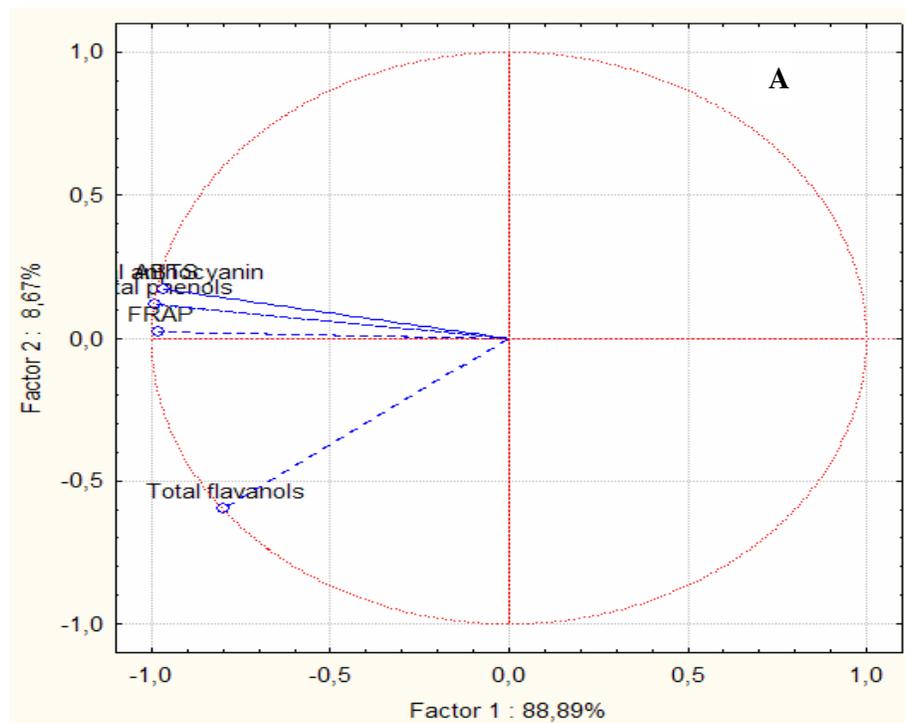
principalmente aos mecanismos de ação semelhantes dos dois métodos, ou seja, a transferência de elétrons (HUANG; OU; PRIOR, 2005)

Estudos relataram a atividade antioxidante de açaí (*Euterpe oleracea*) variando de 48,6 a 87,4  $\mu\text{M TEAC/g}$ ; já a espécie *E. precatoria* apresentou uma maior atividade com 114  $\mu\text{M TEAC/g}$ , e assim essas espécies mostraram valores próximos a capacidade antioxidante de jussara cultivada em algumas regiões do estado de Santa Catarina (DEL POZO INFRAN; BRENES; TALCOTT., 2004, MURDOCK; SCHAUSS, 2009, PACHECO-PALENCIA et al., 2009; RUFINO et al., 2010).

As antocianinas presentes nos frutos de açaí são responsáveis por aproximadamente 90 % da atividade antioxidante desses frutos, os outros 10% correspondem atividade antioxidante de outros flavonóides, tais como, as proantocianidinas, encontradas em altas concentrações nesses frutos (PACHECO-PALENCIA et al., 2010; MURDOCK; SCHAUSS, 2009; SCHAUSS et al., 2006). Entretanto a atividade antioxidante da jussara foi maior que outras *berries*, com valores variando de 47,36 a 108,81  $\mu\text{M TEAC/g PSD}$ . A correlação positiva entre o conteúdo de antocianinas monoméricas totais e a atividade antioxidante em frutos de amora-preta, cereja, framboesa, mirtilo, morango e uvas também foi observada em estudos prévios (DEL POZO INFRAN, TALCOTT; BRENES, 2004; MURDOCK; SCHAUSS, 2009; RUFINO et al., 2010). Em concordância com estudos citados, neste trabalho, a de antocianinas nos frutos de jussara foram os compostos responsáveis pela atividade antioxidante *in vitro*, fato demonstrado pelo elevado coeficiente de correlação entre estes parâmetros.

### **3.4 Análise de componentes principais**

A classificação dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*) foi realizada através de análise multivariada, a fim de agrupar os frutos semelhantes em composição fitoquímica e atividade antioxidante. O gráfico de componentes principais pode ser observado na Figura 1.



**Figura 1** Análise de componentes principais da composição fitoquímica e atividade antioxidante de frutos de jussara (A), frutos de nove regiões de cultivo de jussara no plano definido pelos dois primeiros componentes principais PC1 e PC2(B).

1(Barra Velha), 2 (Corupá), 3 (Garuva), 4 (Jaraguá do Sul), 5 (Luís Alves), 6 (Parque), 7 (Rio América), 8 (São Pedro), 9 (Urussanga).

A análise de componentes principais (PCA) permite explicar 97,56% da variância total dos dados através dos dois primeiros componentes principais, o fator 1 explica 88,89% e o fator 2 com 8,67%.

A maioria da separação das amostras ocorre no fator 1, negativamente carregados para todas as variáveis em estudo. O fator 2 divide as variáveis estudadas, aqueles carregados positivamente, no quadrante superior esquerdo, fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante. Já o parâmetro flavanóis totais encontra-se carregado negativamente no quadrante inferior esquerdo. O PCA demonstra a alta correlação entre as variáveis fenólicos totais e antocianinas monoméricas totais, uma vez que seus vetores apresentam-se quase sobrepostos no quadrante superior esquerdo, confirmando assim os valores da correlação de Pearson que expressa o  $r = 0,96$ . Em contraste a esses dois vetores; o vetor flavanóis totais, no quadrante inferior esquerdo, demonstra um ângulo de aproximadamente  $90^\circ$  em relação às outras variáveis em estudo. Explicando, então, a correlação moderada entre os flavanóis totais e o conteúdo de fenólicos totais e antocianinas monoméricas totais.

A dispersão gráfica, utilizando-se os dois principais fatores para as variáveis de composição fitoquímica e atividade antioxidante dos frutos (Figura 1 B) foi utilizada na significância dos grupos formados. Observam-se três grupos distintos (marcados com círculos) demonstrando a diferenciação entre os frutos provenientes de diferentes regiões.

Os frutos de Urussanga (9) e Luís Alves (5) foram localizados no quadrante superior esquerdo, sobrepõem-se aos vetores de antocianinas e fenólicos totais, ou seja são frutos com altos conteúdos desses compostos, porém os frutos de Urussanga apresentaram os maiores conteúdos. Os frutos da região de Barra Velha (1) representam um grupo, esses frutos apresentam os flavanóis como compostos majoritários e menores conteúdos de antocianinas monoméricas totais e fenólicos totais. O último grupo formado pelas demais regiões, situadas no centro do agrupamento em direção aos quadrantes da esquerda, podem ser facilmente diferenciadas das outras regiões indicando a abrangência de características, sem que apresentem altos conteúdos de qualquer variável em estudo, e apresentando características semelhantes entre elas. As proantocianidinas presentes em jussara (25,38 mg/g peso seco) podem ajudar a explicar a atividade antioxidante dos frutos desse último grupo (MURDOCK; SCHAUSS,

2009). Uma vez que as proantocianidinas são polímeros de unidades de catequina e epicatequina formados no metabolismo secundário dos frutos como compostos de defesa, essas se encontram em altos teores e apresentam elevada capacidade antioxidante, sendo responsáveis pela capacidade antioxidante de uvas, vinhos e açaí (TAIZ; ZEIGER, 2006; MURDOCK; SCHAUSS, 2009). Desta forma, pode ser sugerido que nos frutos de jussara pertencentes ao último grupo, por apresentarem menores conteúdos de antocianinas e flavanóis totais, o conteúdo de fenólicos totais e a atividade antioxidante sejam correspondentes ao teor de proantocianidinas presente nos frutos.

## 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo caracterizam os frutos de jussara demonstrando uma composição química semelhante aos frutos de açai (*Euterpe oleracea*). Entretanto conteúdo de compostos fenólicos, flavanóis, antocianinas e atividade antioxidante apresentam teores superiores aos encontrados no açai (*Euterpe oleracea*), em algumas regiões de cultivo. Neste contexto, observou-se a variação da composição dos frutos com relação à região de procedência desses. Considerando a caracterização química e atividade antioxidante em jussara (*Euterpe edulis*), os resultados são importantes informações para os produtores, consumidores e o mercado indicando promissoras perspectivas para a exploração dos frutos jussara (*Euterpe edulis*).

**CAPÍTULO 4 COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE  
DOS FRUTOS DE JUSSARA (*Euterpe edulis*) CULTIVADOS NO ESTADO DE  
SANTA CATARINA.**

## **COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DOS FRUTOS DE JUSSARA (*Euterpe edulis*) CULTIVADOS NO ESTADO DE SANTA CATARINA.**

### **RESUMO**

O presente trabalho objetivou caracterizar a composição fitoquímica, o perfil fenólico e avaliar a atividade antioxidante de frutos de jussara (*Euterpe edulis*) coletados em cinco regiões, do Estado de Santa Catarina, produtoras de frutos para o processamento de polpa. Juntamente avaliar a influência das condições edafoclimáticas sobre os frutos produzidos. Os resultados mostram a presença de ácidos fenólicos, catequina, epicatequina e quercetina em quantidades relevantes comparados a outras frutas, como também o alto conteúdo de antocianinas contribuindo, assim, para a alta atividade antioxidante desses frutos. A fração lipídica dos frutos é constituída principalmente de ácidos graxos insaturados, como o ácido oléico e linoléico, com grande aporte nutricional. A região de ocorrência dos frutos influencia a composição fitoquímica, o perfil de fenólicos e a atividade antioxidante dos frutos. Assim, frutos oriundos de regiões com elevadas altitudes e com safra no verão apresentam os maiores conteúdos de fenólicos totais e antocianinas, tais compostos contribuem para a elevada atividade antioxidante.

**Palavras-chave:** antocianinas, atividade antioxidante, *Euterpe edulis*, jussara, perfil fenólico.

**BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF FRUIT  
JUSSARA (*EUTERPE EDULIS*) CULTIVATED IN THE STATE SANTA  
CATARINA.**

**ABSTRACT**

This study objective to characterize the phytochemical composition, the phenolic profile and evaluated the antioxidant activity of fruits of jussara (*Euterpe edulis*) collected in five regions of the Santa Catarina State, producing fruits for pulp processing. Together to evaluate the influence of climate conditions on the fruit produced. The results show the presence of phenolic acids, catechin, epicatechin and quercetin in relevant quantities compared to other fruits, as well as the high content of anthocyanins, thus contributing to the high antioxidant activity of these fruits. The lipid fraction of the fruits consists mainly of unsaturated fatty acids such as oleic acid and linoleic acid, with great nutritional support. The regions of occurrence of the fruit influence the phytochemical composition, the phenolic profile and antioxidant activity of fruits. Goes like fruit from regions with high altitudes and in the summer season had the highest content of total phenolics and anthocyanins, these compounds contribute to the high antioxidant activity.

**Keywords:** anthocyanins, antioxidant activity, *Euterpe edulis*, jussara, phenolic perfil.

## 1 INTRODUÇÃO

Os antioxidantes são moléculas capazes de prevenir ou retardar o processo de oxidação causado por radicais livres e espécies reativas ao oxigênio em sistemas *in vitro* e *in vivo* (MATILLA et al. 2006; HEO et al., 2007; TABART et al., 2009; TERPINC; ABRAMOVIC 2010). O aumento na ingestão de frutas vem sendo estudado com o interesse em elevar os níveis de antioxidantes no organismo. Os compostos antioxidantes são além das vitaminas A, C e E, os carotenóides e os compostos fenólicos como os ácidos fenólicos e flavonóides, presentes nos frutos resultantes do metabolismo secundário (MANACH et al., 2004; MATILLA et al. 2006; TABART et al., 2009).

Os compostos fenólicos apresentam além da atividade antioxidante outras propriedades biológicas tais como antialérgica, antiinflamatória, antiproliferativa, prevenindo assim várias doenças associadas com o estresse oxidativo, como o câncer e doenças cardiovasculares e neurodegenerativas (MANACH et al., 2004; HEO et al., 2007).

Os frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) provenientes da floresta Amazônica são a matéria-prima para a fabricação de açaí e polpa de açaí, o qual é reconhecido devido às suas propriedades funcionais e nutracêuticas, especialmente sua alta atividade antioxidante relacionada ao conteúdo de antocianinas e outros compostos fenólicos (SCHAUSS et al., 2006a; SCHAUSS et al., 2006b; PACHECO-PALENCIA et al., 2008a; PACHECO-PALENCIA et al., 2008b; PACHECO-PALENCIA et al., 2009). Del Pozo-Insfran et al. (2004) encontra a maior atividade antioxidante nos frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) em relação a outros frutos ricos em antocianinas como as amoras, cerejas, mirtilos, morangos, uvas.

A caracterização fenólica do açaí (*Euterpe oleracea*) revela a diversidade de ácidos fenólicos, principalmente os ácidos hidroxibenzóicos, como também os flavanóis seguido de antocianinas e proantocianidinas, essas responsáveis por grande parte da atividade antioxidante (SCHAUSS et al. 2006a; SCHAUSS et al. 2006b; PACHECO-PALENCIA et al., 2008a; MURDOCK; SCHAUSS et al. 2009; PACHECO-PALENCIA et al., 2009).

Os frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) apresentam elevado conteúdo de lipídios (12 %) o que torna o fruto calórico. A fração lipídica apresenta como maiores

constituintes os ácidos graxos poliinsaturados, o ácido oléico e linoléico, como também alguns fitoesteróis (ROGEZ, 2000; SCHAUSS et al., 2006b, NASCIMENTO et al. 2008).

A jussara (*Euterpe edulis*) um fruto pertencente ao gênero *Euterpe* igualmente aos frutos de açai (*Euterpe oleracea*), entretanto, originário na Mata Atlântica. No Estado de Santa Catarina a distribuição da espécie ocorre desde o nível do mar até 600 metros de altitude, representando aproximadamente três milhões de hectares. A topografia dentro do Estado Santa Catarina é complexa resultando em diferentes altitudes, inclinações, composição do solo e texturas. Como também as condições climáticas variam de Norte a Sul do Estado (EMBRAPA 1998, EPAGRI 1998).

O fruto de jussara é extraído das palmeiras (*Euterpe edulis*) produtoras de palmito, com grande exploração e importância no Estado de Santa Catarina. A jussara (*Euterpe edulis*) é semelhante nas características ao fruto de açai (*Euterpe oleracea*) um fruto redondo com diâmetro variando de 1,5 a 3cm, de epicarpo negro-brilhante a qual envolve uma semente dura, fruto não climatérico com período de frutificação e amadurecimento variando com a origem geográfica e condições edafoclimáticas (EMBRAPA, 1998; EPAGRI, 1998).

Diversos estudos demonstram que os compostos fenólicos presentes nos frutos de açai (*Euterpe oleracea*) como também nos seus produtos manufaturados, açai, polpa, suco e polpa liofilizada, estão correlacionados com suas propriedades biológicas, como antioxidante, antiproliferativa, antiinflamatória e antialérgica (DEL POZO INFRAN et al., 2004; SCHAUSS et al. 2006a; SCHAUSS et al. 2006b; PACHECO-PALENCIA et al., 2008a; PACHECO-PALENCIA et al., 2008b; MURDOCK; SCHAUSS, 2009; PACHECO-PALENCIA et al., 2009). Entretanto, poucos são os estudos que identificam e quantificam os fenólicos presentes, como também a atividade antioxidante em frutos de jussara (*Euterpe edulis*) (SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004; MURDOCK; SCHAUSS, 2009).

O propósito deste trabalho é identificar e quantificar os compostos fenólicos e o perfil de ácidos graxos de frutos de jussara (*Euterpe edulis*) cultivados no Estado de Santa Catarina, de distintas regiões de ocorrência e avaliar a atividade antioxidante.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Amostragem

As amostras de frutos de jussara (*Euterpe edulis* Mart.) foram coletadas de cinco regiões distintas de cultivo no Estado de Santa Catarina (SC) Brasil conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1** – Condições edafoclimáticas das regiões de cultivo de jussara (*Euterpe edulis*) no Estado de Santa Catarina

Regiões de Cultivo	Latitude Longitude	Altitude (m)	Temperatura mínima – máxima (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Mês de colheita
Barra Velha	26°37'56" 48°41'05"	27	11,00 – 31,14	87	maio
Garuva	26°26'32" 49°16'54"	128	9,32 – 31,92	89	julho
Luís Alves	28° 31' 55" 49° 24' 48"	558	5,35 – 28,61	83	julho
Parque	28 °31'55" 49° 18'53"	48	9,50 – 33,14	86	junho
Urussanga	28° 31' 50'' 49° 13' 21"	368	9,33 – 30,98	81	janeiro

Fonte: EPAGRI (2009).

Os cachos de frutos foram colhidos em estágio ideal de maturação para o processamento. Após a debulha dos cachos, os frutos sadios, inteiros, maduros foram selecionados, armazenados em embalagens plásticas e congelados. Após foram transportados ao Laboratório de Química de Alimentos em caixas térmicas a  $5,0 \pm 1^\circ\text{C}$ .

### 2.2 Reagentes

Os padrões de ácidos fenólicos (ácido cafeico, ácido clorogênico, ácido elágico, ácido ferúlico, ácido gálico, ácido p-hidroxibenzóico, ácido protocatecuico, ácido siríngico, ácido vanílico) e os flavonóides (epicatequina, catequina, miricetina, kampferol e quercetina) foram adquiridas da Sigma-Aldrich Chemie (St. Louis, USA) e Fluka Chemie AG (Buchs, Suíça). Os padrões de ácidos graxos metilados foram obtidos da Sigma-Aldrich Chemie (St. Louis, USA).

Os reagentes utilizados para as fases móveis foram de elevado grau (HPLC) e passaram por filtração em membranas de PTFE de 0,45µm da Milipore (Billencia, EUA). Para as demais análises todos os reagentes utilizados foram de grau analítico. Os demais reagentes foram obtidos da Fluka (St. Louis, MO).

## **2.3 Métodos**

### *2.3.1 Preparo do material*

Frutos maduros, em torno 100 g foram despulpados manualmente. A polpa foi branqueada a  $85 \pm 2$  °C por 10 minutos. A polpa branqueada foi submetida a processo de secagem em estufa de ar circulante  $40 \pm 2$  °C por período de 12 h. Por último, foi triturada em moinho de bancada (IKA A49, SP, Brasil).

### *2.3.2 Determinação de umidade*

O conteúdo de matéria seca dos frutos foi determinado por secagem em estufa a  $105 \pm 5$  °C até peso constante (AOAC, 2005).

### *2.3.3 Determinação do conteúdo de fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais*

Para a obtenção dos extratos foram pesadas 1 g de polpa seca de jussara de cada região em estudo e extraídas com 100 mL de metanol 0,1M HCl em ultrassom a  $25 \pm 2$  °C por 15 minutos USC-1400 (Unique, São Paulo, Brasil). Os extratos foram centrifugados a 2000/g por 15 minutos (Fanen 280R, São Paulo, Brasil). Em seguida, coletou-se o sobrenadante em frasco âmbar, o resíduo centrifugado foi submetido a um novo processo de extração nas mesmas condições citadas acima. O novo sobrenadante extraído foi adicionado ao sobrenadante da primeira extração e o volume foi aferido para 200 mL em balão volumétrico.

O conteúdo de fenólicos totais dos extratos determinado pelo método espectrofotométrico com reativo de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965) com absorbância medida a 765 nm e os resultados expressos em miligramas de equivalentes

a ácido gálico (EAG)/100 g base peso fresco (BPF) e base peso seco (BPS).

O conteúdo de flavanóis estimado pelo método espectrofotométrico dimetilaminocinamaldeído (DMACA) segundo Arnous, Markis e Kefalas (2002). A leitura de absorvância realizada a 640nm em espectrofotômetro UV-Vis modelo HP 8452A Hewlett-Packard (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK) resultados expressos em miligramas de equivalentes a catequina (ECA)/100 g base peso fresco (BPF) e base peso seco (BPS).

Para a quantificação de antocianinas monoméricas totais realizou-se a extração por maceração a frio de 1g de polpa desidratada de jussara com 50 mL de metanol 1,5 M HCl em frasco âmbar a temperatura de  $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 24 h. Em sequência os extratos foram centrifugados a 2000/g por 15 minutos aferidos volume a 50 mL e quantificados o teor de antocianinas. Para a quantificação desses compostos utilizou o método descrito por Giusti e Wrolstad (2001), os extratos foram adicionados às duas soluções tampão e efetuadas as medidas a 510 nm e a 700 nm usando um espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport, Cheshire, UK). O conteúdo de antocianinas monoméricas totais foi expresso em mg cianidina-3-glicosídeo/100 g base peso fresco (BPF) e base peso seco (BPS).

#### *2.3.4 Extração dos compostos fenólicos*

Os compostos fenólicos individuais foram extraídos da polpa desidratada de jussara através de uma hidrólise ácida segundo método descrito por Häkkinen et al. (1998). A extração realizada com metanol 1,2 M HCl o extrato submetido a extração em banho maria a 35 °C com agitação de 25 rpm, na ausência de luz por 24 h. Em seguida, o extrato foi filtrado em papel Whatman n°1 e o filtrado foi concentrado em rotaevaporador a 40 °C. O volume do concentrado foi ajustado para 10 mL com metanol e centrifugado a 14000 rpm por 10 minutos (NT 800, NOVA TÉCNICA).

#### *2.3.5 Caracterização dos compostos fenólicos por CLAE*

A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) consistiu em um sistema (Shimadzu SLC-10 Avp, Tóquio, Japão), com injetor automático, bomba quartenária, degaseificador *on line*, coluna de guarda CLC-GODS com fase estacionária de

superfície octadecil e uma coluna de fase reversa ShimPack CLC-ODS (5 $\mu$ m x 4,6mm x 150mm) ambas termotizadas a 25 °C. A identificação de compostos fenólicos realizada com detector de UV-Vís a 280nm. Os dados analisados com auxílio do software ClassVp.

A programação da fase móvel com fluxo de 0,9 mL/min, consistiu em um gradiente de eluição com solução aquosa de ácido acético 99:1 v/v (A) e metanol (B), cuja proporção iniciou com 100 % de A, alterando gradativamente até os 60 % de A e 40 % de B em 25 minutos; manteve-se constante esta proporção por 2 minutos, em seguida foi sendo alterada até 95 % de A e 5 % de B aos 37 minutos, retornando à fase inicial com tempo total de corrida de 45 minutos, segundo metodologia de Zambiasi (1997).

Para a identificação e quantificação dos compostos fenólicos realizou-se a calibração externa com curvas analíticas dos padrões, com coeficiente de regressão ( $R^2 \geq 0,98$ ). A quantificação dos compostos foi realizada pela média do conteúdo de alíquotas de 25  $\mu$ L, após três injeções consecutivas, levando em consideração a área do pico de cada composto.

### *2.3.6 Avaliação da atividade antioxidante pelo método DPPH*

A atividade antioxidante de jussara foi determinada através da capacidade dos antioxidantes presentes nos extratos em sequestrar o radical estável DPPH $\cdot$ , de acordo com o método descrito por Brand Willians, Cuvelier e Berset (1995).

O percentual de inibição do radical foi medido através da leitura de absorbância em espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport, Cheshire, UK) a 515 nm, o radical antes de adicionado os extratos ( $A_0$ ) e após a adição ( $A_f$ ) do extrato com tempo de reação fixado em 30 minutos. Uma curva padrão de Trolox (75-1050  $\mu$ M;  $y = 14,089x + 10,858$ ,  $r^2 = 0.9953$ ;  $y$  = concentração da solução;  $x$  = leitura da absorbância) utilizada para quantificar a atividade antioxidante dos extratos e os resultados expressos em  $\mu$ M capacidade antioxidante equivalente a Trolox (TEAC)/ 100g base peso fresco (BPF) e base peso seco (BPS).

### 2.3.7 Perfil de ácidos graxos

A fração lipídica da jussara foi extraída da polpa dos frutos através de uma extração a frio em ultrassom (Unique 1400A, São Paulo, Brasil). Amostras de 3 g foram desengorduradas com 100 mL de n-hexano a  $25 \pm 2$  °C por 15 minutos em ultrassom, e seguidamente centrifugada (Fanem 280R, São Paulo, Brasil) a 2000/g por 15 minutos. O sobrenadante foi, então, removido e o resíduo reextraído por mais duas vezes com n-hexano. Os sobrenadantes das extrações foram submetidos à evaporação do solvente em rotaevaporador a  $30 \pm 2$  °C (DEL POZO INFRAN; TALCOTT; BRENES, 2004).

Os ácidos graxos da fração lipídica da jussara foram submetidos ao método de extração e derivatização (AOCS, 2004). Para determinação de ácidos graxos utilizou-se um cromatógrafo a gás, equipado com detector de ionização de chama acoplado a um integrador e registrador (Shimadzu CG17/Class GC10, Tokio, Japão). Uma coluna capilar de sílica fundida SP-2560 (biscianopropil polisiloxana) com diâmetro interno de 0,25 mm com espessura de 100 mm. O fluxo de gás de arraste hélio foi de 1mL/min. A temperatura do injetor foi de 140 °C por 5 minutos, e então aquecimento de 4 °C/min até 240 °C permanecendo nesta temperatura por 20 minutos e a temperatura do detector de 260 °C. A identificação dos principais ácidos graxos foi realizada por comparação dos tempos de retenção dos picos das amostras com os padrões de ácidos graxos metilados, e a quantificação, por normatização das áreas dos picos, sendo os resultados expressos em percentagem.

### 2.3.8 Análise Estatística

Todas as análises foram conduzidas em triplicata e os dados expressos como média  $\pm$  desvio padrão (DP). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao nível de 5 % de significância seguida pelo teste de Tukey para comparação das médias. A análise de regressão linear foi realizada entre as variáveis em estudo com auxílio do programa Statistic 7.0.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Compostos fenólicos, flavanóis totais, antocianinas monoméricas totais

O conteúdo de compostos fenólicos dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*) cultivados em diferentes regiões do Estado de Santa Catarina na safra de 2009 estão apresentados na Tabela 2.

Os extratos dos frutos apresentam rendimentos semelhantes diferindo apenas para os frutos cultivados na região de Urussanga os quais apresentam maior rendimento dentre os frutos.

Os resultados demonstraram que os frutos provenientes da região de Urussanga e Barra Velha apresentam os maiores conteúdos de fenólicos totais 2610,86 e 1500 mg EAG/100g BPS, respectivamente. As amostras coletadas nas regiões de Garuva, Luís Alves e Parque apresentaram os menores conteúdos de fenólicos totais ( $p < 0,05$ ) diferindo estatisticamente entre si.

No fruto fresco o conteúdo de fenólicos totais apresentou grande variação entre as regiões (990,30 – 165,02 mg EAG/100 g BPF) com diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ). Os frutos oriundos da região de Urussanga apresentam os maiores teores de fenólicos totais diferindo estatisticamente ( $p < 0,05$ ) das demais regiões, as quais também diferem entre si. O menor conteúdo de fenólicos totais nos frutos (165,02 mg EAG/100 g BPF) foi observado região de Garuva.

Rufino et al. (2010) reportaram valores de compostos fenólicos totais semelhantes aos observados neste estudo, 755 mg EAG/100 g em Jussara (*Euterpe edulis*) e 454mg/100 g BPF em açaí (*Euterpe oleracea*).

Estudos com frutos de açaí (DEL POZO INSFRAN; BRENES; TALCOTT, 2004; SCHAUSS et al. 2006b; SANABRIA; SANGRONIS, 2007; POMPEU; ROGEZ, 2009) apresentaram conteúdo de fenólicos totais variando de 200 mg a 1500 mg GAE/ 100 g BPS. Valores similares aos nossos resultados para a região de Barra Velha, e menor aos valores de Urussanga.

**Tabela 2** Fenólicos totais, flavanóis totais e antocianinas monoméricas totais de frutos de jussara (*Euterpe edulis*) cultivados em diferentes regiões.

Região de origem	Rendimento (%)	Fenólicos totais		
		mg EAG/100 g peso fresco	mg EAG/100 g peso seco	mg EAG/g extrato
Barra Velha	15,38 <sup>b</sup>	601,35 ± 2,1 <sup>b</sup>	1500 ± 2,1 <sup>b</sup>	104,00 ± 2,1 <sup>a</sup>
Garuva	11,53 <sup>b</sup>	165,02 ± 2,02 <sup>c</sup>	472,17 ± 2,02 <sup>c</sup>	41,19 ± 2,02 <sup>b</sup>
Luís Alves	13,02 <sup>b</sup>	258,00 ± 2,03 <sup>b</sup>	697,70 ± 2,03 <sup>b</sup>	55,68 ± 2,03 <sup>b</sup>
Parque	15,80 <sup>b</sup>	305,00 ± 1,15 <sup>b</sup>	719,82 ± 1,15 <sup>b</sup>	37,55 ± 1,15 <sup>b</sup>
Urussanga	28,22 <sup>a</sup>	990,30 ± 1,89 <sup>a</sup>	2610,86 ± 1,89 <sup>a</sup>	118,97 ± 1,89 <sup>a</sup>
		Flavanóis totais		
		mg ECA/100 g peso fresco	mg ECA/100 g peso seco	mg ECA/g extrato
Barra Velha		50,17 ± 2,1 <sup>c</sup>	125,15 ± 2,1 <sup>c</sup>	8,67 ± 2,1 <sup>b</sup>
Garuva		34,52 ± 2,02 <sup>d</sup>	98,77 ± 2,02 <sup>d</sup>	8,61 ± 2,02 <sup>b</sup>
Luís Alves		63,59 ± 2,03 <sup>b</sup>	171,78 ± 2,03 <sup>b</sup>	13,28 ± 2,03 <sup>a</sup>
Parque		79,46 ± 1,15 <sup>a</sup>	187,10 ± 1,15 <sup>a</sup>	12,71 ± 1,15 <sup>a</sup>
Urussanga		66,40 ± 1,09 <sup>b</sup>	175,06 ± 1,09 <sup>b</sup>	7,86 ± 1,09 <sup>b</sup>
		Antocianinas monoméricas totais		
		mg cia-3-glicosídeo/100 g peso fresco	mg cia-3-glicosídeo/100 g peso seco	mg cia-3-glicosídeo/g extrato
Barra Velha		72,50 ± 2,1 <sup>c</sup>	180,85 ± 2,1 <sup>c</sup>	24,82 ± 2,1 <sup>b</sup>
Garuva		14,84 ± 2,11 <sup>d</sup>	42,46 ± 2,11 <sup>d</sup>	7,87 ± 2,11 <sup>c</sup>
Luís Alves		207,94 ± 1,68 <sup>b</sup>	561,70 ± 1,68 <sup>b</sup>	23,25 ± 1,68 <sup>b</sup>
Parque		79,80 ± 2,19 <sup>c</sup>	187,89 ± 2,19 <sup>c</sup>	26,43 ± 2,19 <sup>b</sup>
Urussanga		409,85 ± 2,33 <sup>a</sup>	1080,54 ± 2,33 <sup>a</sup>	98,70 ± 2,33 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup> Letras iguais na mesma coluna não apresentam (Tukey HSD,  $p < 0,05$ ).  
EAG equivalente ácido gálico; ECA equivalente catequina.

Neste estudo, o conteúdo médio de fenólicos totais foi de 1200 mg de EAG/100 g BPS e 463,93 mg de EAG/100 g BPF, estes valores encontram-se acima dos valores de outras frutas brasileiras tais como a amora 118,9 mg EAG/100 g; bacuri 23,8mg EAG/100 g; cajá 72 mg EAG/100 g; caju 118,0mg EAG/100 g; cupuaçu 20,5mg EAG/100 g; jabuticaba 440 mg EAG/100 g; jambolão 185 mg EAG/100 g; puçá coroa-de-frade 268 mg EAG/100 g, umbu 90,4 mg EAG/100 g, uva 117,1 mg EAG/100 g (WU et al., 2006; BRITO et al., 2007; RUFINO et al., 2010) valores expressos em base peso fresco (BPF).

Alguns frutos como a acerola e o camu-camu apresentam maiores teores de fenólicos totais (1063 mg EAG/100 g e 1176 mg EAG/100 g BPF, respectivamente) do que os frutos jussara (*Euterpe edulis*), devido aos conteúdo de vitamina C presente nos mesmos (RUFINO et al., 2010).

O conteúdo de flavanóis totais (Tabela 2), apresentam uma variação de 98,77 a 187,10 mg ECA/100 g BPS e 34,52 a 79,46 mg ECA/100 g BPF, de acordo com a origem de cultivo dos frutos. Os frutos da jussara (*E. edulis*) provenientes da região do Parque apresentam os maiores conteúdos ( $p < 0,05$ ), seguidos dos frutos das regiões de Urussanga e Luís Alves, as quais não diferem estatisticamente entre si.

Como pode ser observado na Tabela 2 os resultados das antocianinas monoméricas totais apresentam valores variando de 14,84 mg/100 g a 409,85 mg/100 g de peso fresco e 42,46mg/100 g a 1080,54mg/100 g BPS, sendo a região de Garuva com os menor conteúdo, e a região de Urussanga com os maiores teores.

Estudos relatam que a quantidade de antocianinas nos frutos apresenta grande variação segundo condições edafoclimáticas. Os frutos de jussara (*Euterpe edulis*) semelhantes aos frutos açaí (*Euterpe oleracea*) são frutos não-climatéricos, assim o ponto o de colheita é um fator muito importante sendo determinado pela coloração do fruto, assim a quantidade de antocianinas é importante para a avaliação da maturidade dos frutos (ROGEZ, 2000).

Comparando os valores apresentados na Tabela 2 com os dados reportados na literatura, a região de Luís Alves apresenta teores próximos ao estudo de Brito et al. (2007) que encontraram valores de 290 mg de antocianinas/100 g BPF, já a região de Urussanga tem valores superiores, e as demais regiões com valores inferiores.

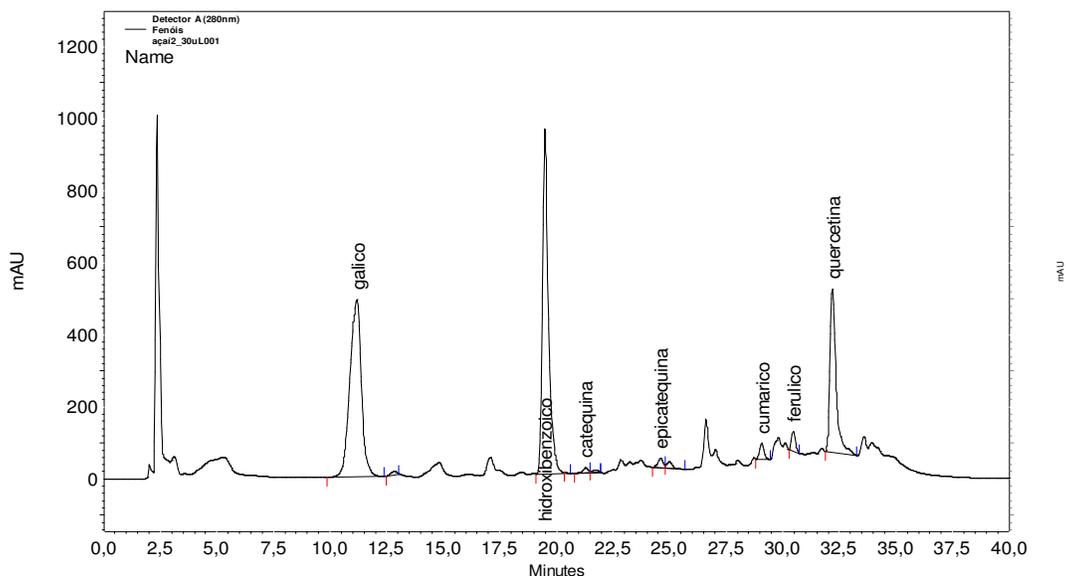
De acordo com Rogez (2000); Taiz e Zeiger (2006), o acúmulo de antocianinas

nos frutos é influenciada por fatores ambientais, como a luminosidade, a temperatura, o potencial nutritivo do solo entre outros, porém a luminosidade é o fator externo mais importante. Os fótons são absorvidos e transmitidos no sistema de fitocromos, que produzem uma elevação da atividade enzimática implicada na via de biossíntese das antocianinas. Assim quanto maior a altitude da região maior a incidência solar favorecendo o acúmulo de antocianinas.

Frutos de jussara são uma fonte de antocianinas em relação a frutos tropicais como o açaí (*Euterpe oleracea*) 111 mg/100 g; acerola 48 mg/100 g, acerola roxinha 23 mg/100 g, cereja 122 mg/100 g, guajiru 104 mg/100 g, jabuticaba 238 mg/100 g, jambolão 79 mg/100 g, morangos 21 mg/100 g, murici 148 mg/100 g; puçá-preto 28,9 mg/100 g (WU et al., 2006; DE BRITO et al., 2007; RUFINO et al., 2010).

### 3.2. Caracterização de compostos fenólicos

O resultado das análises dos compostos fenólicos investigados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) estão apresentados na Tabela 3 e na Figura 1. Foram quantificados a catequina e a epicatequina, do grupo dos flavanóis e a quercetina representante do grupo de flavonóis. Os ácidos fenólicos identificados foram cumárico, gálico, ferúlico e hidroxibenzóico.



**Figura 1-** Cromatograma típico da separação de ácidos fenólicos e flavanóis nos frutos da jussara (*Euterpe edulis*) via CLAE.

Observou-se que os teores de ácidos fenólicos e flavonóides variam

significativamente para os frutos de distintas regiões. O ácido ferúlico apresentou-se presente em todos os frutos, sendo o maior conteúdo encontrado nos frutos da região de Urussanga com 21,52 mg/100 g BPS, e os menores conteúdos na região de Garuva com 4,25 mg/100g BPS, as outras regiões não apresentam diferença estatística entre si. O ácido p-cumárico, também um ácido hidroxicinâmico tem os maiores teores também nos frutos de Urussanga 3,32 mg/100 g BPS e os menores valores para região de Garuva 1,10 mg/100g BPS.

Os ácidos hidroxibenzóicos, o gálico e o p-hidroxibenzóico foram identificados e quantificados em maiores teores em relação aos ácidos hidroxicinâmicos nos frutos de jussara. O ácido gálico apresenta os maiores teores na região de Garuva com 149,29 mg/100g BPS em e o ácido hidroxibenzóico com o maior teor na região de Urussanga com 87,25 mg /100g BPS.

Os frutos da região de Barra Velha apresentaram os maiores teores de catequina (40,30 mg/100 g BPS ) e os menores teores foram observados para os frutos da região de Urussanga (1,96 mg/100 g BPS).

O conteúdo de epicatequina apresentou o maior teor nos frutos provenientes da região de Urussanga (80,65 mg/100 g BPS), seguido da região do Parque (52,80 mg/100 g BPS), Barra Velha (40,30 mg/100 g BPS), apresentando diferenças estatísticas entre si ( $p < 0,05$ ). As regiões de Luís Alves e Garuva apresentaram os menores teores de epicatequina 24,42 mg/100 g BPS e 19,56 mg/100 g BPS, respectivamente, não foram observadas diferenças significativas essas as regiões.

De acordo com a Tabela 3, a região de Garuva apresentou o maior conteúdo de quercetina (104,57 mg/100 g BPS) e as regiões que apresentaram menor conteúdo foram Barra Velha (48,89 mg/100 g BPS) e Luís Alves (47,52 mg/100 g BPS).

**Tabela 3** Compostos fenólicos identificados em jussara (*Euterpe edulis*) provenientes de diferentes origens geográficas.

Regiões de cultivo	Ácidos Fenólicos				Flavonóides		
	Ácido ferúlico*	Ácido gálico*	Hidroxibenzóico*	P-cumárico*	Catequina*	Epicatequina*	Quercetina*
Barra Velha	7,80 ± 0,09 <sup>b</sup>	19,75 ± 0,06 <sup>d</sup>	31,72 ± 0,12 <sup>b</sup>	2,43 ± 0,06 <sup>c</sup>	40,30 ± 0,10 <sup>a</sup>	36,00 ± 0,25 <sup>c</sup>	48,89 ± 0,98 <sup>d</sup>
Garuva	4,25 ± 0,03 <sup>c</sup>	149,29 ± 0,55 <sup>a</sup>	18 ± 1,30 <sup>c</sup>	1,10 ± 0,06 <sup>d</sup>	7,79 ± 0,28 <sup>d</sup>	19,56 ± 0,11 <sup>e</sup>	104,57 ± 2,20 <sup>a</sup>
Luís Alves	6,94 ± 0,24 <sup>b</sup>	82,85 ± 0,06 <sup>b</sup>	90 ± 0,19 <sup>a</sup>	2,88 ± 0,06 <sup>b</sup>	11,65 ± 0,07 <sup>c</sup>	24,42 ± 0,18 <sup>d</sup>	47,52 ± 0,19 <sup>d</sup>
Parque	7,6 ± 0,00 <sup>b</sup>	49,13 ± 0,34 <sup>c</sup>	31 ± 0,22 <sup>b</sup>	2,37 ± 0,06 <sup>c</sup>	20,88 ± 1,30 <sup>b</sup>	52,81 ± 0,33 <sup>b</sup>	66,52 ± 0,66 <sup>c</sup>
Urussanga	21,53 ± 0,11 <sup>a</sup>	82,05 ± 0,76 <sup>b</sup>	87,25 ± 0,26 <sup>a</sup>	3,32 ± 0,06 <sup>a</sup>	1,96 ± 0,85 <sup>e</sup>	80,65 ± 0,46 <sup>a</sup>	84,53 ± 0,50 <sup>b</sup>
	Ácido ferúlico**	Ácido gálico**	Hidroxibenzóico**	P-cumárico**	Catequina**	Epicatequina**	Quercetina**
Barra Velha	3,14 ± 0,03 <sup>b</sup>	7,97 ± 0,02 <sup>d</sup>	12,78 ± 0,07 <sup>b</sup>	0,98 ± 0,04 <sup>c</sup>	16,24 ± 0,06 <sup>a</sup>	14,49 ± 0,14 <sup>c</sup>	19,68 ± 0,83 <sup>d</sup>
Garuva	1,48 ± 0,01 <sup>d</sup>	52,25 ± 0,37 <sup>a</sup>	6,29 ± 1,17 <sup>c</sup>	0,38 ± 0,04 <sup>d</sup>	2,72 ± 0,16 <sup>c</sup>	6,83 ± 0,07 <sup>e</sup>	36,34 ± 1,76 <sup>a</sup>
Luís Alves	2,50 ± 0,18 <sup>c</sup>	29,85 ± 0,02 <sup>b</sup>	33,32 ± 0,08 <sup>a</sup>	1,06 ± 0,04 <sup>b</sup>	4,20 ± 0,03 <sup>b</sup>	9,04 ± 0,06 <sup>d</sup>	17,59 ± 0,10 <sup>d</sup>
Parque	3,23 ± 0,00 <sup>b</sup>	20,86 ± 0,25 <sup>c</sup>	13,18 ± 0,15 <sup>b</sup>	1,01 ± 0,04 <sup>b</sup>	8,87 ± 1,15 <sup>b</sup>	22,44 ± 0,21 <sup>b</sup>	28,25 ± 0,38 <sup>c</sup>
Urussanga	8,16 ± 0,07 <sup>a</sup>	31,12 ± 0,59 <sup>b</sup>	33,06 ± 0,17 <sup>a</sup>	1,26 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,74 ± 0,78 <sup>d</sup>	30,56 ± 0,25 <sup>a</sup>	32,03 ± 0,35 <sup>b</sup>

\*Valores expressos em mg/100 g base peso seco. \*\*Valores expressos em mg/100 g base peso fresco.

<sup>a-e</sup> Letras iguais na mesma coluna não apresentam (Tukey HSD,  $p < 0,05$ ).

De acordo com Gharras (2009), os ácidos fenólicos são componentes de estruturas complexas como ligados aos taninos hidrolisáveis apresentando-se nas formas esterificadas, glicosiladas. São encontrados nas *berries* amora (8 a 27 mg), cereja (18 a 115 mg), maçã (5 a 60mg), mirtilo (200 a 220mg), morango (10 a 18mg) valores expressos em 100g de fruta fresco. Analisando a Tabela 3, verifica-se que os resultados deste estudo foram consistentes com diversos estudos prévios (MANACH et al., 2004; MATILLA et al., 2006; GHARRAS et al., 2009).

O perfil de compostos fenólicos e flavanóides entre os frutos de açai (*Euterpe oleracea*) e a jussara (*Euterpe edulis*) são semelhantes. Alguns estudos demonstram a presença de ácidos fenólicos em polpa de açai como o ácido protocatecuico, gálico, elágico, p-hidroxibenzóico, vanílico, siríngico, ferúlico, e seus derivados de ácidos gálico e de ácido elágico (DEL POZO INSFRAN et al., 2004; SCHAUSS et al., 2006b; PACHECO-PALENCIA et al., 2008a; PACHECO-PALENCIA et al., 2008b; PACHECO-PALENCIA et al., 2009).

A variação no conteúdo de flavanóis totais, ácidos fenólicos, catequina e epicatequina nos frutos são devido a rota de formação desses compostos, uma vez que são compostos presentes em frutos imaturos e atuam na proteção contra herbívoros, insetos como também na incidência de luz UV-B. Os flavanóis apresentam a correlação inversa com as antocianinas estando presentes em maiores quantidade em frutos imaturos (TAIZ; ZEIGER, 2006) confirmando assim os resultados apresentados, onde o maior teor de flavanóis foram encontrados nos frutos com menor teor de antocianinas.

### 3.3 Atividade Antioxidante

A avaliação da atividade antioxidante pelo método de DPPH apresentou uma grande amplitude nos resultados conforme descrito na Tabela 4, demonstrando que as regiões de cultivo influenciaram a atividade antioxidante. Os valores variam de 2442,10 a 9075,90  $\mu\text{M}$  TEAC/100 g BPS. Os frutos oriundos da região de Urussanga apresentaram a maior capacidade antioxidante e os frutos das regiões de Garuva e do Parque os menores teores, não diferindo estatisticamente entre si ( $p > 0,05$ ), em valores expressos em BPF. Os resultados da atividade antioxidante total (Tabela 4) mostraram que os frutos oriundos da região de Garuva apresentaram médias de atividade antioxidante (873,90  $\mu\text{M}$  TEAC/100 g BPF) inferiores a média dos frutos da região de

Urussanga (3442,48  $\mu\text{M TEAC}/100\text{ g BPF}$ ).

De acordo com o observado na Tabela 4, a média da atividade antioxidante dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*) apresentou resultados significativamente maiores (4251,2  $\mu\text{M TEAC}/100\text{ g BPF}$ ), quando comparados com outras frutas como amora, morango, mirtilo, cereja (1679, 1094, 743, e 269  $\mu\text{M TEAC}/100\text{ g BPF}$ ) (PELLEGRINI et al., 2003).

O percentual de inibição do radical DPPH<sup>\*</sup> (Tabela 4) apresenta a maior inibição os frutos com origem de Urussanga 66,34 %, seguido dos frutos de Barra Velha 30,46 % apresentando diferença entre si ( $p < 0,05$ ), e os frutos das demais regiões apresentam inibição de 16,99, 17,08, 19,64 %, para regiões do Parque, Garuva e Luís Alves, respectivamente, não diferindo entre si ( $p > 0,05$ ).

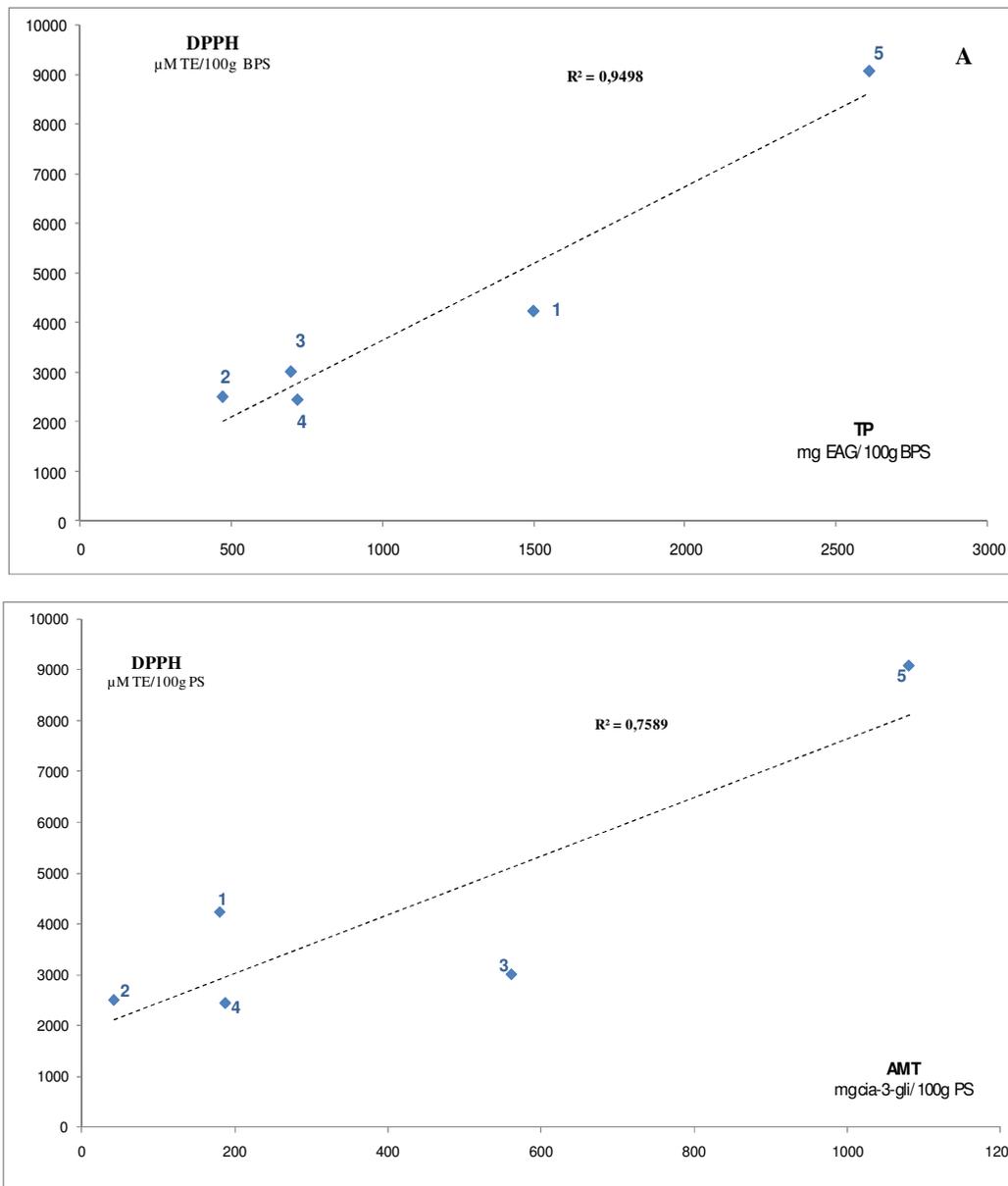
**Tabela 4** Atividade antioxidante total de jussara (*Euterpe edulis*) cultivado em diferentes regiões

Região de origem	Inibição (%)	$\mu\text{M TEAC}/100\text{g}$ peso fresco	$\mu\text{M TEAC}/100\text{g}$ peso seco	$\mu\text{M TEAC}/\text{g}$ de extrato
Barra Velha	30,46 $\pm$ 2,2 <sup>b</sup>	1695,93 $\pm$ 3,4 <sup>b</sup>	4230,32 $\pm$ 3,4 <sup>b</sup>	293,3 $\pm$ 3,4 <sup>b</sup>
Garuva	17,08 $\pm$ 1,0 <sup>c</sup>	873,90 $\pm$ 3,6 <sup>d</sup>	2500,43 $\pm$ 3,6 <sup>d</sup>	218,16 $\pm$ 3,6 <sup>c</sup>
Luís Alves	19,64 $\pm$ 1,9 <sup>c</sup>	1113,36 $\pm$ 2,9 <sup>c</sup>	3007,47 $\pm$ 2,9 <sup>c</sup>	232,64 $\pm$ 2,9 <sup>c</sup>
Parque	16,99 $\pm$ 0,80 <sup>c</sup>	1037,15 $\pm$ 2,5 <sup>c</sup>	2442,10 $\pm$ 2,5 <sup>d</sup>	165,96 $\pm$ 2,5 <sup>c</sup>
Urussanga	66,34 $\pm$ 2,41 <sup>a</sup>	3442,48 $\pm$ 4,1 <sup>a</sup>	9075,90 $\pm$ 4,1 <sup>a</sup>	414,34 $\pm$ 4,1 <sup>a</sup>

<sup>a-d</sup>Letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa ( $p < 0,05$ ).  
TEAC- Capacidade antioxidante equivalente a Trolox.

Rufino et al. (2010) avaliaram a atividade antioxidante de frutos de açaí quantificando 1510,00  $\mu\text{M TEAC}/100\text{ g BPF}$ , esses valores encontram-se acima da atividade antioxidante dos frutos de jussara cultivados nas regiões Garuva, Luís Alves e Parque. Para frutos de jussara, Rufino et al. (2010) quantificou 7830  $\mu\text{M TEAC}/100\text{ g BPF}$  tais valores são superiores aos descritos neste estudo.

A Figura 2 ilustra a relação entre a atividade antioxidante e o teor de fenólicos totais e as antocianinas.



**Figura 2** Relação entre (A) fenólicos totais e a atividade antioxidante nos frutos de jussara e entre (B) antocianinas monoméricas totais e a atividade antioxidante nos frutos de jussara.

A atividade antioxidante avaliada pelo método DPPH. Os pontos do gráfico representam a média da triplicata dos frutos por região (1) Barra Velha, (2) Garuva, (3) São Pedro, (4) Parque, (5) Urussanga.

A Figura 2 (A) apresenta o coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9894$ ,  $p < 0,05$ ) para a análise de regressão simples da atividade antioxidante total e o conteúdo de

compostos fenólicos de jussara das cinco regiões de cultivo. De acordo com o coeficiente de determinação a atividade antioxidante da jussara é devida a contribuição dos compostos fenólicos presentes. A Figura 2 (B) tem o coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,7589$ ,  $p < 0,05$ ) e a relação das antocianinas com a atividade antioxidante em jussara, mostrando a contribuição que estes compostos apresentam para a atividade antioxidante dos frutos.

Recentemente, estudos demonstram a atividade antioxidante de compostos fenólicos em sistemas modelos individualmente, e a interação entre esses ocorrendo assim um aumento ou diminuição da atividade antioxidante, conforme o efeito sinérgico ou antagonista dos compostos (HEO et al., 2007; TABART et al., 2009; HIDALGO; SÁNCHEZ-MORENO; PASCUAL-TERESA, 2010; TERPINC; ABRAMOVIC, 2010).

Diferentes compostos fenólicos individuais foram avaliados quanto à sua atividade antioxidante em sistema modelo do radical DPPH, no qual as antocianinas apresentam maior atividade no sistema, seguido dos flavanóis e dos flavonóis. Já os ácidos fenólicos apresentam uma baixa atividade antioxidante (HIDALGO; SÁNCHEZ-MORENO; PASCUAL-TERESA, 2010; TABART et al., 2010). Nesse sentido, as diferenças na atividade antioxidante demonstradas na Figura 2 podem ser explicadas considerando os resultados de compostos fenólicos descritos nas Tabelas 2 e 3.

Os frutos oriundos da região de Urussanga têm a maior atividade antioxidante 9075,90  $\mu\text{M TEAC}/100 \text{ g BPS}$  seguido dos frutos de Barra Velha 2442,10  $\mu\text{M TEAC}/100 \text{ g BPS}$  e Luís Alves 3007,47  $\mu\text{M TEAC}/100 \text{ g BPS}$ . As antocianinas têm uma alta contribuição para a atividade dos frutos de jussara (Figura 2), como também a catequina e a epicatequina, nas quais o conteúdo total são similares nos frutos oriundos de Urussanga e Barra Velha.

Hidalgo et al. (2010) demonstraram a forte ação de inibição da oxidação em sistemas modelos promovida pela quercetina com as antocianinas. A quercetina ocorrendo em maiores teores nos frutos cultivados em Garuva (104,57 mg/100g BPS) pode ser um contribuinte a atividade antioxidante desses frutos, uma vez que os outros compostos identificados apresentam os menores teores em relação aos demais frutos.

A catequina e a epicatequina apresentam-se também polimerizadas formando os chamados taninos ou proantocianidinas, as quais estão presentes em maiores quantidades na jussara 2538 mg/100 g BPS comparados ao açaí 1038 mg/100 g BPS. As

proantocianidinas juntamente com as antocianinas são responsáveis pela atividade antioxidante do açaí (SCHAUSS et al. 2006a; SCHAUSS et al., 2006b; PACHECO-PALENCIA et al., 2008a; PACHECO-PALENCIA et al., 2008b; MURDOCK; SCHAUSS, 2009; PACHECO-PALENCIA et al., 2009; PACHECO-PALENCIA et al., 2010).

### 3.4 Perfil de Ácidos Graxos

A jussara (*Euterpe edulis*) é um fruto com alto teor de lipídios em torno de 30 a 40 % em BPS semelhante aos frutos da família Arecaceae como o açaí, buriti e o tucumã. Esse alto conteúdo de lipídios é responsável pelo alto valor calórico dos frutos da polpa e do suco do fruto. Os lipídios representam, assim, 90% das calorias contidas nessa bebida (SILVA; BARRETO; SERÔDIO, 2004).

A Tabela 5 demonstra o perfil de ácidos graxos dos frutos de jussara (*Euterpe edulis*) em distintas origem geográficas.

O perfil de ácidos graxos dos frutos de jussara apresentam a predominância de ácidos graxos monoinsaturados variando de 45,53 a 56,82 %, com o ácido oléico (44,63 a 55,61 %). Os ácidos graxos saturados (24,32 a 28,89 %) com principal constituinte o ácido palmítico (20,25 a 25,00 %). Os ácidos graxos poliinsaturados representados pelo ácido linoléico, majoritariamente (18,19 a 25,36 %) e  $\alpha$ -linolênico, desta forma a jussara é um fruto rico em ácidos graxos poliinsaturados, apresentando em torno de 70 %.

Do ponto de vista nutricional, a fração lipídica de jussara apresenta-se adequada ao consumo alimentar devido à composição com alto conteúdo ácidos graxos poliinsaturados, ressaltando o teor de ácido oleico, e menores conteúdos em saturados, comparado ao perfil de outros óleos como a palma, soja, babaçu e o coco (FERREIRA et al., 2008).

A composição de ácidos graxos nos frutos de jussara se assemelha ao perfil de ácidos graxos de outros frutos como açaí (*Euterpe oleracea*), buriti (*Mauritia flexuosa*), tucumã (*Astrocaryum vulgare*) os quais têm a predominância de ácidos graxos como ácido oléico (56,2 %), completado pelo ácido palmítico (24,1 %) e o ácido linoléico (12,5 %), com um total de ácidos graxos insaturados de 73,9 % de ácidos graxos (ROGEZ, 2000; SCHAUSS et al., 2006b; SANABRIA; SANGRONIS, 2007; FERREIRA et al., 2008).

**Tabela 5** – Perfil de ácidos graxos (%) da fração lipídica de frutos de jussara (*Euterpe edulis*) cultivados em Santa Catarina.

Ácidos Graxos	Regiões de Cultivo				
	Barra Velha	Garuva	Luís Alves	Urussanga	Parque
Mirístico (14:0)	0,06 ± 0,00	ni	ni	0,07 ± 0,00	0,05 ± 0,00
Palmítico (16:0)	24,86 ± 0,03	20,25 ± 0,02	22,41 ± 0,02	24,44 ± 0,01	25,00 ± 0,03
Palmitoléico (16:1)	1,59 ± 0,00	1,07 ± 0,00	0,72 ± 0,00	1,23 ± 0,00	1,41 ± 0,00
Margárico (17:0)	0,08 ± 0,00	0,09 ± 0,00	0,08 ± 0,00	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,00
Heptadecenóico (17:1)	ni	0,06 ± 0,00	ni	0,05 ± 0,01	ni
Esteárico (18:0)	2,35 ± 0,00	3,71 ± 0,00	5,01 ± 0,00	3,84 ± 0,00	3,51 ± 0,01
Oleico (18:1)	44,63 ± 0,01	55,61 ± 0,03	50,25 ± 0,02	44,17 ± 0,05	46,66 ± 0,02
Vacênico (18:1)	ni	ni	ni	ni	0,30 ± 0,02
Linoléico (18:2)	25,36 ± 0,02	18,19 ± 0,02	19,53 ± 0,01	24,93 ± 0,02	21,13 ± 0,02
Araquídico (20:0)	0,18 ± 0,00	0,20 ± 0,00	0,26 ± 0,00	0,19 ± 0,00	0,18 ± 0,00
Eicosenóico (20:1)	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,24 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,18 ± 0,00
α-Linolênico (18:3)	0,67 ± 0,00	0,60 ± 0,00	0,52 ± 0,00	0,70 ± 0,00	0,74 ± 0,00
Docosanóico (22:0)	0,08 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,00
Erúcico (22:1)	ni	ni	0,24 ± 0,00	ni	0,17 ± 0,00
Lignocérico (24:0)	ni	ni	ni	ni	ni
Nervônico (24:1)	ni	ni	0,10 ± 0,00	ni	0,08 ± 0,01
Não identificados	0,07 ± 0,00	0,08 ± 0,00	0,57 ± 0,00	ni	0,42 ± 0,00
<b>Saturados</b>	27,60 ± 0,03	24,32 ± 0,02	27,83 ± 0,02	28,71 ± 0,01	28,89 ± 0,02
<b>Monoinsaturados</b>	46,30 ± 0,01	56,82 ± 0,03	51,56 ± 0,02	45,53 ± 0,03	48,82 ± 0,04
<b>Polinsaturados</b>	26,03 ± 0,03	18,79 ± 0,02	20,04 ± 0,00	25,63 ± 0,03	21,87 ± 0,02

ni – não identificados.

Em relação ao ácido oléico, os resultados de jussara (*E. edulis*) (44,63 a 55,61 %) são muito próximos aos encontrados por Nascimento et al. (2008), Schauss et al. (2006b) e Rogez (2000) para o açai (*E. oleracea*) (52, 56,2 e 54,9 %, respectivamente).

O ácido graxo poliinsaturado apresentou maior concentração para jussara foi o ácido linoléico (21,4 %). Rogez (2000), Schauss et al. (2006b), Nascimento et al. (2008) resultados inferiores em suas pesquisas com *E. oleracea* 11,5; 12,5 e 7,28 %, respectivamente.

A relação entre os teores de ácido oléico e linoléico nos frutos de jussara (*Euterpe edulis*) é inversa, de acordo com a Tabela 5, os frutos das regiões de Barra Velha, Parque e Urussanga apresentam o menor conteúdo de ácido oléico, entretanto esses têm o maior teor de ácido linoleico. Considerando que o ácido oléico é o precursor ao ácido linoléico, tal relação pode ser explicada através da atuação de enzimas. Schirmann (2009), descreveu as variações no conteúdo de ácidos graxos oléico e linoléico em jussara cultivado no Estado de Santa Catarina, justificando as variações devido a enzima  $\Delta 12$  dessaturase responsável pela formação do ácido linoléico a partir do oléico ter sua atuação reduzida a temperaturas acima 20 °C.

#### 4 CONCLUSÃO

A composição fitoquímica, o perfil de ácidos graxos e a atividade antioxidante dos frutos apresentaram variação nos seus conteúdos em relação a região de cultivo. As regiões de maiores altitudes apresentam os maiores teores de antocianinas contribuindo, assim, para maior atividade antioxidante. Da mesma forma, os frutos coletados no período de janeiro apresentam os maiores teores fenólicos e atividade antioxidante. O perfil de ácidos graxos é influenciado pelas condições edafoclimáticas da região de cultivo. Portanto, dados relevantes sobre frutos de jussara (*Euterpe edulis*) são apresentados com este trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, D.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, 2004.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis**, 18a. edição, Washington, DC, 2005.

AOCS (Association of Official Chemists). **Official Methods of Analysis**, 18a. edição, Washington, DC, 2004.

ARNOUS, A.; MARKIS, D.; KEFALAS, P. Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece. **Journal Food Composition Analysis**, v. 15, p. 655-665, 2002.

BENZIE, I.F.F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

BIANCHI, M. L. P; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.

BOBBIO, F. O.; DRUZIAN, J. I.; ABRÃO, P. A.; FADELLI, S. Identificação e quantificação das antocianinas do fruto do açaízero (*Euterpe oleracea*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.3, n.20, p. 388-390, 2000.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie-LWT**, v. 28, p.25-30, 1995.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e do Abastecimento**. Instrução Normativa nº01, de 07 de janeiro de 2000. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de açaí. On-line. Disponível em: <[www.anvisa.gov.br/legis/portarias/2798.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/2798.htm)>. Acesso em: 18 jul. 2008.

BRITO, E. S.; ARAÚJO, M. C. P.; ALVES, R. E.; CARKEET, C.; CLEVIDENCE, B. A.; NOVOTNY, J. A. Anthocyanins present in select tropical fruits: acerola, jambolão, jussara and guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 9389-9394, 2007.

BUJIC´-KOJIC´, A., PLANINIC, M., SRÉCKO, T., JAKABEK, L., & SERUGA, M. Influence of solvent and temperature on extraction of phenolic compounds from grape seed, antioxidant activity and colour of extract. **International Journal of Food Science & Technology**, doi:10,1111/j,1365-2621,2008,01876, 2009.

CACACE, J. E. & MAZZA, G. Mass transfer process during extraction of phenolic compounds from milled berries. **Journal Food Engeneria**, v. 59, p. 379 389, 2003.

CACACE, J. E., & MAZZA, G. Extraction of anthocyanins and other phenolics from Black currants with sulfured water. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 5939-5946, 2002.

CALLEGARI, P. **Extração da polpa de açaí a partir dos frutos do palmitero (*Euterpe edulis* Martius) na Mata Atlântica**. 2003. 40f. Trabalho de Conclusão (Curso de Agronomia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CANTO, S.A.E.. **Processo Extrativista do Açaí: Contribuição da Ergonomia com Base na Análise Postural Durante a Coleta dos Frutos**. 2001. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CARDARELLI, C. R.; BENASSI, M. T.; MERCADANTE, A. Z. Characterization of different annatto extracts based on antioxidant and colour properties. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 1689-1693, 2008.

CASTAÑEDA-OVANDRO, A., PACHECO-HERNÁNDEZ, M., PÁEZ-HERNÁNDEZ, M., RODRIGUEZ, J., ANDRÉS, C. Chemical studies of anthocyanins: a review. **Food Chemistry**, v. 113, p. 859-871, 2009.

CAVALCANTI, P. B. Frutas Comestíveis da Amazônia. 5. ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991.279 p.

DE BRITO, E. S., DE ARAÚJO, M. C. P., ALVES, R. E., CARKEET, C. C., CLEVIDENCE, B., & NOVOTNY, J. Anthocyanins present in selected tropical fruits: acerola, jambolão, jussara e guarabiju. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 9389-9394, 2007.

DEL- POZO INFRAN, D., TALCOTT, S.; BRENES, C. H. Phytochemical composition and pigment stability of Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 1539-1545, 2004.

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R.J.; GENOVESE, M.I. LAJOLO, F. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

EMBRAPA – CNPF. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba, 1998.

EPAGRI, **Zoneamento Agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. 1998. Disponível em: <http://www.epagri.rctsc.br/zoneamentoagroambiental>>. Acesso em: 18 novembro 2009.

- FAN, G., YONBIN, H., GU, Z., & CHEN, D. Optimizing conditions for anthocyanins extraction from purple sweet potato using response surface methodology (RSM). **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, p. 155-160, 2008.
- FERREIRA, E.; LUCIEN, V.G.; AMARAL, A.S. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). **Alimentos e Nutrição**, v.19, n. 4, p. 427-433, 2008.
- FISCH, S.; NOGUEIRA, L.R.; MANTONAVI, W. Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na Mata Atlântica (reserva ecológica do Trabiçu, Pindamonhangaba- SP). **Revista de Biociências**, v.6, n.2, p.31-37, 2000.
- FRANCIS, F. J. Anthocyanins and betalains: composition and applications. **Cereal Foods World**, v. 45, p. 208-213, 2000.
- FRANCO, G. **Tabela de composição química de alimentos**. 9.ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2005, 307p.
- GALLORI, S., BILIA, A. R., BERGONZI, M. C., BARBOSA, W. L. R., & VINCIERI, F. F. Polyphenolic Constituents of Fruit Pulp of *Euterpe oleraceae* Mart. (Açaí). **Cromatographia**, v. 59, p. 739-743, 2004.
- GAO, L., & MAZZA, G. Extraction of anthocyanin pigments from purple sunflower hulls, **Journal of Food Science**, v. 61, p. 600-603, 1996.
- GHARRAS, H.E. Polyphenols: food sources, properties and applications – a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 12, p. 2512-2518, 2009.
- GIUSTI, M.M., & WROLSTAD, R.E. Anthocyanins: characterization and measurement with uv-visible spectroscopy. In: R. E. Wrolstald, **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, pp. 1-13. New York: John Wiley and Sons. 2001.
- HÄKKINEN, S.H.; KÄRENLAMPI, S.O.; HEINONEN, M. HPLC Method for screening of flavonoids and phenolic acids in berries. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 77, p. 543-551, 1998.
- HAYOUNI, E. A., ABEDRABBA, M., BOUIX, M., & HAMDY, M. The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities *in vitro* of Tunisian *Quercus coccifera* L, and *Juniperus phoenicea* L, fruits extracts, **Analytical, Nutritional and Clinicals Methods**, v. 105, p. 1126-1134, 2007.
- HENDERSON, A. The genus *Euterpe* in Brazil. In: REIS, M.S.; REIS, A. (Eds.) *Euterpe edulis* Martius – (Palmito) **biologia, conservação e manejo**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p.1-22
- HEO, H. J.; KIM, Y. J.; CHUNG, D.; KIM, D. Antioxidant capacities of individual and combined phenolics in a model system. **Food Chemistry**, v. 104, p. 87-92, 2007.

- HIDALGO, M.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; PASCUAL-TERESA, S. Flavonoid-flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 121, p. 691-696.
- HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p. 1841-1856, 2005.
- HUANG, W., XUE, A., NIU, H., ZHEN, J., WANG, J. Optimised ultrasonic-assisted extraction of flavonoids from Folium eucommiae and evaluation of antioxidant activity in multi-test systems in vitro. **Food Chemistry**, v. 114, p. 1147-1154, 2009.
- IADEROZA, M.; BALDINI, V.L.S.; DRAETTA, S. E.; BOVI, M. L. A. Anthocyanins from fruits of açai (*Euterpe oleracea* Mart) and juçara (*Euterpe edulis* Mart). **Tropical Science**, v. 32, p. 41-46, 1992.
- KAHKONEN, M. P., HOPIA, A. I., & HEINOMEN, M. Berry phenolics and their antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4076-4082, 2001.
- KARAKAYA, S. Bioavailability of phenolic compounds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, n.6, p. 453-464, 2004.
- KING, A.; YOUNG, G. Characteristics and occurrence of phenolics phytochemicals. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 99, n. 2, p. 213-218, 1999.
- KUSKOSKI, E.M. et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas, v. 25, n.4, p. 726-732, out/dez. 2005.
- LICHTENTHALER, R.; RODRIGUES, R. B.; MAIA, J.G.; PAPAGIANNPOULOS, M.; FABRICIUS, H.; MARX, F. Total oxidant scavenging capacities of *Euterpe oleraceae* Mart. (açai) fruits. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 56, p. 53-64, 2005.
- LORENZI, H. et.al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.
- MAC FADDEN, J. **A produção de açai a partir do processamento dos frutos do palmitero (*Euterpe edulis* Martius) na Mata Atlântica**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.
- MALACRIDA, C.R.; MOTTA, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 59-82, jan/jun. 2006.
- MAMEDE, M.E.O.; PASTORE, G.M. Compostos fenólicos do vinho: estrutura e ação antioxidante. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 233-252, jul/dez. 2004.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, p. 727-747, 2004.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L.P.C. Fenologia da Floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral do palmito. In: REIS, M.S.; REIS, A. (Eds.) ***Euterpe edulis* Martius – (Palmito) biologia, conservação e manejo**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p. 23-38.

MARETE, E. N., JACQUIER, J. C., & O'RIORDAN, D. Effects of extraction temperature on the phenolic and parthenolide contents, and colour of aqueous feverfew (*Tanacetum parthenium*) extracts. **Food Chemistry**, v. 117, p. 226-231, 2009.

MARTINS-CORDER, M. P. et al. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de diferentes progênies de *Euterpe edulis* Martius. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p 693-699, 2006.

MATILLA, P.; HELLSTROM, J.; TÖRRÖNEM, R. Phenolic acids in berries, fruits, and beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 7193-7199, 2006.

MERTENS-TALCOTT, S.U.M.; RIOS, J.; JILMA-STOHLAWETZ, P.; PACHECO-PALENCIA, L.A.; MEIBOHM B.; TALCOTT, S.T.; DERENDORF, H. Pharmacokinetics of anthocyanins and antioxidant effects after the consumption of anthocyanin-rich açai juice and pulp (*Euterpe oleraceae* Mart.) in human healthy volunteers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 7796-7802, 2008.

MONTGOMERY, DOUGLAS C. **Design and Analysis of Experiments**, Editora: Ie-Wiley, 6 edição, 2004.

MURDOCK, K.; SCHAUSS, A. **Juçara and açai fruit-based dietary supplements**. Int CI 60/456.882. 21 março. 2003, 18 junho 2009. US Patent Application Publication.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography**, v. 1054, p. 95-111, 2004.

NASCIMENTO, R. J. S.; COURI, S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. P. Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açai extraído com enzimas e hexano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 498-502, 2008.

OLIVEIRA-BRETT, A. M., NOVAK, I., JANEIRO, P., & SERUGA, M. Ultrasound extracted flavonoids from four varieties of Portuguese red grape skins determined by reverse-phase high-performance liquid chromatography with electrochemical detection, **Analytica Chimica Acta**, v. 630, p. 107-115, 2008.

OU, B. X., HAMPSCH-WOODILL, M., & PRIOR, R. L. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4619-4626, 2001.

PACHECO-PALENCIA, L. A.; DUNCAN, C. E.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and thermal stability of two commercial açai species, *Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*. *Food Chemistry*, 115, 4, p.1199-1205, 2009.

PACHECO-PALENCIA, L.A; MERTENS-TALCOTT S.; TALCOTT, S. Absorption and biological activity of phytochemical rich extracts from açai (*Euterpe oleracea*) pulp and oil in vitro. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 3593-3600, 2008a.

PACHECO-PALENCIA, L.A.; MERTENS-TALCOTT S.; TALCOTT, S. Chemical composition, antioxidant properties, and thermal stability of a phytochemical enriched oil from Açai (*Euterpe oleracea*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.4631-4636, 2008b.

PASTOR-CAVADA, E., JUAN, R., PASTOR, J., ALAIZ, M., & VIOQUE, J. Antioxidant activity of seed polyphenols in fifteen wild *Lathyrus* species from South Spain. **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, p. 705-709, 2009.

PELLEGRINI, N.; SERAFINI, M.; COLOMBI, B.; DEL RIO, D.; SALVATORE, S.; BIANCHI, M. et al. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oil consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. **The Journal of Nutrition**, 133, 2812-2819, 2003.

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

PIETTA, P. G. Flavanoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v. 63, p. 1035-1042, 2002.

PINELO, M., RUBILAR, M., SINEIRO, J., & NUNEZ, M. J. Effect of solvent, temperature, and solvent-to-solid ration the total phenolic content and antiradical activity of extracts from different components from grape pomace. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 53, p. 2111-2117, 2005.

POMPEU, D. R., SILVA, E. M., & ROGEZ, H. Optimization of the solvent extraction of phenolic antioxidants from fruits of *Euterpe oleracea* using response surface methodology. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 6076-6082, 2009.

RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., LIU, M., & RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology Medicine**, v. 26, p. 1231-1237, 1999.

REIS, A.; REIS, M. S.; FANTINI, A.C.; SGROTT, E. Z. **Manejo de Rendimento Sustentado de *Euterpe edulis***. Apostila de Curso. Registro – SP, 1996. 47 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeira de Santa Catarina**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. 320 p.

REVILLA, E., RYAN, J., & MARTIN-ORTEGA, G. Comparison of several procedures used for the extraction of anthocyanins from red grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4592-4597, 1998.

ROGEZ, H. **Açaí: Preparo, Composição e Melhoramento da Conservação**. Belém:EDUFPA, 2000.313p.

ROLDÁN-MARÍN, E., SÁNCHEZ-MORENO, C., LÍORA, R. ANCOS, B. & PILAR CANO, M. Onion high-pressure processing: flavanol content and antioxidant capacity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 835-841, 2009.

ROSSO.V.V. et. al. Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) and açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) by HPLC-PDA-MS/MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p. 291-299, 2008.

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

SABBE, S.; VERBEKE, W.; DELIZA, R.; MATTA, V. M.; VAN DAMME P. Consumer liking of fruits juices with different açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) concentrations. **Journal of Food Science**, v.74, n.5, 171-176, 2009(a)

SABBE, S.; VERBEKE, W.; DELIZA, R.; MATTA, V. M.; VAN DAMME P. Effect of a health claim and personal characteristics on consumer acceptance of fruit juices with different concentrations of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Appetite**, v.53, 84-92, 2009(b)

SANABRIA, N.; SANGRONIS, E. Caracterización Del açaí o manacá (*Euterpe oleracea* Mart): um fruto del Amazonas. **Archivos Latino Americanos**, v. 57, p. 94-99, 2007.

SANCHEZ-MORENO, C. Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science Technology International**, v. 8, n. 3, p. 121-131, 2002.

SCHAUSS, A. et al. Antioxidant capacity and other bioactivities of freeze-dried Amazonian Palm berry, *Euterpe oleraceae* Mart. (Açaí). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 8604-8610, 2006b.

SCHAUSS, A.; WU, X.; PRIOR, R. L.; OU, B.; HUANG, D.; OWENS, J.; AGARWARL, A.; JENSEN, G. S.; HART, A. N.; SHANBROM, E. Antioxidant capacity and others bioactivities of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleraceae* mart. (açaí). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 8598-8603, 2006a.

SCHAUSS, A.; WU, X.; PRIOR, R. L.; OU, B.; HUANG, D.; OWENS, J.; AGARWARL, A.; JENSEN, G. S.; HART, A. N.; SHANBROM, E. Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried Amazonian Palm Berry, *Euterpe oleraceae* Mart. (Açaí). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 8598-8603, 2006b.

SCHIRMANN, G. S. **Composição em ácidos graxos do açaí (*Euterpe edulis*) de diversas regiões de Santa Catarina**. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.

SCHULTZ, J. **Compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante de açaí de *Euterpe edulis* Martius e *Euterpe oleracea* Martius e influência de diferentes métodos de pasteurização sobre o açaí de *Euterpe edulis***. 2008. 54f. Trabalho de Conclusão (Curso de Agronomia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SELLAPPAN, S.; AKOH, C. C.; KREWER, G. Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Georgia-Grown Blueberries and Blackberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p. 2432-2438, 2002.

SGANZERLA, M. **Caracterização físico-química e capacidade antioxidante do butiá**. 2010. 105f. Dissertação de Mestrado Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

SILVA, J. L. V. F. **Análise econômica da produção e transformação em ARPP, dos frutos de *Euterpe edulis* Mart. em açaí no município de Garuva, Estado de Santa Catarina**. 2005. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.

SILVA, M. G. P. C.; BARRETTO, W. S.; SERÔDIO, M. H. Comparação nutricional da polpa dos frutos de juçara e de açaí. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Florianópolis, Santa Catarina, 22 a 26 de novembro de 2004..**Anais...CD ROOM**, Florianópolis, SC, 2004.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **American Journal Enology Viticulture**, v.16, p. 144-158, 1965.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOTERO, D. E. G. **Caracterização química e avaliação da atividade antioxidante de frutos da Amazônia: chope (*Gustavia augusta* L.), sacha mangua (*Grias neuberthii* Macbr.) e macambo (*Theobroma bicolor*)**. 2002. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SUN, T., & HO, C. Antioxidant activities of buckwheat extracts. **Food Chemistry**, v. 90, p. 743-749, 2005.

TABART, J.; KEVERS, C.; PINCEMAIL, J.; DEFRAIGNE, J.; DOMMES, J. Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. **Food Chemistry**, v. 113, p. 1226-1233, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2006. 719p.  
TALCOTT, S. T., PACHECO-PALENCIA, L. A., & TALCOTT, S. M. Chemical composition, antioxidant properties, and thermal stability of phytochemical enriched oil from Açai (*Euterpe oleracea* Mart.), **Journal Agriculture and Food Chemistry**, 56, 4631-4636, 2008.

TERPINC, P.; ABRAMOVIC, H. A kinetic approach for evaluation of the antioxidant activity of selected phenolics acids. **Food Chemistry**, v. 121, p. 366-371, 2010.

TOMÁS-BARBERAN, F. A.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, 853-876, 2001.

VILKHU, K., MAWSON, R., SIMONS, L., & BATES, D. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry- a review, **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 9, p. 161-169, 2008.

WANG, S.; LIN, H. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, 140-146, 2008.

WOJDYLO, A.; OSZMIANSKI, J.; LASKOWSKI, P. Polyphenolic compounds and antioxidant activity of new and old apple varieties. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v. 56, p. 6520-30, 2008.

WU, X.; BEECHER, G. R.; HOLDEN, J.M.; HAYTOWITZ, D. B.; GEBHART, S. E.; PRIOR, R. L. Concentration of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 54, p. 4069-4075, 2006.

YILMAZ, Y., & TOLEDO, R. T. Oxygen radical absorbance capacities of grape/wine industry byproducts and effect of solvent type on extraction of grape seed polyphenols. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 41-48, 2006.

YU, J., AHMEDNA, M., & GOKTEPE, I. Effects of processing methods and extraction solvents on concentration and antioxidant activity of peanut skin phenolics. **Food Chemistry**, v. 90, p. 199-206, 2005.

YUYAMA, L. K.; MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J. P. L.; MARINHO, H.A. Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n.2, 408-412, 2008.

ZAMBIAZI, R.C. **The role of endogenous lipid components on vegetable oil stability.** Tese. Foods and Nutritional Sciences Interdepartmental Program. 1997. University of Manitoba Winnipeg, Manitoba, Canada, April 1997, 304p.

ZHOU, K. & YOU, L. Effects of extraction solvent on wheat bran antioxidant activity estimation. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v. 37, p. 717-721, 2004.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da otimização de extração de compostos da polpa de jussara (*Euterpe edulis*) revelou a influência dos solventes em estudo, além das variáveis tempo do tempo e a relação sólido-líquido definido para a extração sobre o conteúdo de flavanóis e antocianinas nos extratos produzidos. A capacidade antioxidante desses extratos está altamente correlacionada com as antocianinas presentes e moderadamente aos flavanóis.

A caracterização química revelou os frutos de jussara (*Euterpe edulis*) com conteúdos moderados de água (36 - 40%), rico em lipídios, os quais contribuem para seu valor calórico. A coloração escura dos frutos é devido aos pigmentos antociânicos presentes, os quais têm alta contribuição para a atividade antioxidante. Alguns frutos provenientes de regiões de maior altitude apresentam teores de antocianinas superiores aos descritos em açai.

A presença de outros compostos fenólicos, tais como, ácido ferúlico, gálico, p-hidroxibenzóico, p-cumárico, catequina, epicatequina, quercetina os quais foram identificados por cromatografia líquida também contribuem para a atividade antioxidante.

Dentre as regiões analisadas alguns frutos demonstram – se semelhantes entre si. Alguns frutos apresentam teores de antocianinas superiores aos do açai assim os frutos de jussara (*Euterpe edulis*) são promissores para a sua exploração e comercialização.

Estudos mais específicos são de extrema importância para identificação de antocianinas, proantocianidinas, carotenóides devem ser realizados como também o estudo da atividade antioxidante por outros métodos *in vitro*, como ensaios da avaliação atividade antioxidante *in vivo*.

A valorização dos frutos da palmeira jussara não deve retirar a responsabilidade da manutenção do cultivo da espécie em retorno às florestas, para a sua exploração sustentável.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)