



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

ANA STELA ROSSATO

**ESTUDO DE FRUTOS DO CERRADO:
QUANTIFICAÇÃO DE OLIGOSSACARÍDEOS,
FENÓLICOS TOTAIS E AVALIAÇÃO DA
CAPACIDADE ANTIOXIDANTE**

CAMPINAS

2016



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

ANA STELA ROSSATO

**ESTUDO DE FRUTOS DO CERRADO: QUANTIFICAÇÃO DE
OLIGOSSACARÍDEOS, FENÓLICOS TOTAIS E AVALIAÇÃO DA
CAPACIDADE ANTIOXIDANTE**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutora em Ciência de Alimentos

Orientadora: Prof^a Dr^a Glaucia Maria Pastore

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida pela aluna Ana Stela Rossato, e orientada pela Prof^a Dr^a Glaucia Maria Pastore.

**Campinas
2016**

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Claudia Aparecida Romano - CRB 8/5816

R733e Rossato, Ana Stela, 1982-
Estudo de frutos do Cerrado : quantificação de oligossacarídeos, fenólicos totais e determinação da capacidade antioxidante / Ana Stela Rossato. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Gláucia Maria Pastore.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Frutos. 2. Antioxidantes. 3. Oligossacarídeos. I. Pastore, Gláucia Maria. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Study of fruits from Cerrado : quantification of oligosaccharides, phenolic compounds and determination of antioxidant capacity

Palavras-chave em inglês:

Fruits

Antioxidants

Oligosaccharides

Área de concentração: Ciência de Alimentos

Titulação: Doutora em Ciência de Alimentos

Banca examinadora:

Gláucia Maria Pastore [Orientador]

Fabíola Aliaga de Lima

Juliano Lemos Bicas

Marlene Maria Amaral Scheid

Maria Teresa Bertoldo Pacheco

Data de defesa: 23-11-2016

Programa de Pós-Graduação: Ciência de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Profª. Drª. Glaucia Maria Pastore (Orientadora)
Universidade Estadual de Campinas (FEA)

Drª. Fabiola Aliaga de Lima (titular)
Universidade de São Paulo - USP

Prof. Dr. Juliano Lemos Bicas (titular)
Universidade Estadual de Campinas (FEA)

Profª. Drª. Marlene Maria Amaral Scheid (titular)
Universidade do Vale do Paraíba

Drª. Maria Teresa Bertoldo Pacheco (titular)
Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL

Prof. Dr. Flavio Luis Schmidt (suplente)
Universidade Estadual de Campinas (FEA)

Drª. Roberta Roesler (suplente)
Natura Inovação e Tecnologia de Produtos LTDA.

Profª. Drª. Juliana Alves Macedo (suplente)
Universidade Estadual de Campinas (FEA)

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, pela vida, saúde, família e por todas as oportunidades recebidas, e à Nossa Senhora Desatadora dos Nós, que sempre esteve comigo,

Aos meus pais, por tudo,

À minha família, que sempre torceu por mim

À Professora Glaucia, pela orientação e pelo exemplo de pessoa,

Ao Sr. Clóvis e toda a sua equipe do Frutos do Brasil, pela disponibilidade das frutas,

Aos amigos de laboratório: Henrique, Gustavo, Maysa, Verônica, Jane, Renata, Maira, Murillo, Erica, Michelle, Patrícia, Juliana, Bruno, Leo, Ana Paula (as duas), Cris e Mari, pela convivência, conhecimento, aprendizado e solidariedade,

À Maysinha, por toda a disposição em tirar dúvidas e pela amizade,

À Renata, pelos conselhos sábios,

À Jane e à Verônica, pela paciência e disposição em ajudar,

Ao Henrique e ao Gustavo, pela amizade e pela imensa generosidade, sempre prontos para ajudar antes mesmo que eu pudesse pedir ajuda,

À Angélica e ao Nadirzinho, pelo profissionalismo e por contribuírem tão exemplarmente com a harmonia do laboratório,

À Professora Gabriela, pela oportunidade de estágio docência,

À Bia, pela amizade e auxílio durante o estágio docência,

Ao Professor Mário e à Professora Cinthia, pela disponibilidade de uso do laboratório,

À Monica, Bianca e todos funcionários da Biblioteca, pela ajuda e gentileza de sempre,

À Dora e à Débora, pela boa vontade e ajudas cotidianas,

Ao Cosme e todos os funcionários da secretária de pós-graduação, por todo profissionalismo e ajuda,

Aos membros da banca examinadora, pelas correções e pelas sugestões,

À amiga Eduarda, pela convivência, amizade, apoio e companheirismo,

Aos amigos verdadeiros, que sempre torceram e rezaram por mim.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi estudar frutos do bioma brasileiro do Cerrado, e seus subprodutos. A primeira etapa do estudo consistiu na determinação de oligossacarídeos de dois extratos (água e etanol 70%) de cinco frutos do cerrado (cagaita, cajuzinho-do-cerrado, jaracatiá, mama-cadela e tucumã). Frutooligossacarídeos foram identificados e quantificados apenas nas amostras de jaracatiá e na polpa do cajuzinho-do-cerrado. No entanto, em relação ao teor total de oligossacarídeos quantificados, o extrato aquoso da polpa da mama-cadela apresentou o maior conteúdo. Os teores de oligossacarídeos encontrados foram baixos e os resultados demonstraram a influência da escolha do solvente para cada amostra. A segunda etapa deste trabalho contemplou a avaliação do conteúdo de fenólicos totais e a atividade antioxidante, com a utilização de três métodos (TEAC, DPPH e ORAC), de seis frutos do Cerrado (cagaita, cajuzinho-do-cerrado, jaracatiá, mama-cadela, mangaba e tucumã), liofilizados, antes e após o processo de digestão *in vitro*. Os resultados encontrados revelaram que os frutos do Cerrado são fonte de substâncias com potencial antioxidante e que devem ser mais explorados, inclusive seus subprodutos, com destaque para a semente da cagaita. Além disso, o processo de digestão *in vitro* demonstrou que a biodisponibilidade da maioria das amostras sofreu alteração após passar por tratamento de simulação do processo digestivo que ocorre no organismo, ressaltando a importância do conhecimento do comportamento de cada amostra perante a digestão. Os resultados obtidos através dos três testes para a determinação da capacidade antioxidante (TEAC, DPPH e ORAC) também corroboram com diversos autores que citam a importância da execução de mais de um método para conhecimento e melhor compreensão da capacidade antioxidante das amostras estudadas. Por fim, pelos resultados obtidos neste estudo é possível concluir que o teor de oligossacarídeos encontrado nos extratos de frutos do cerrado foi baixo de acordo com as condições e metodologia utilizadas neste estudo. No entanto,

as análises de fenólicos totais e da capacidade antioxidante indicam que o Cerrado possui frutos que são fonte de substâncias benéficas ao organismo humano e que devem ser mais estudados e explorados pois poderiam acarretar benefícios à saúde da população.

Palavras-chave: Cerrado, frutos, subprodutos, oligossacarídeos, antioxidante, fenólicos totais

Abstract

The aim of this study was evaluate fruits from Brazilian biome of Cerrado, and its byproducts. The first part of this study was the determination of oligosaccharides from two extracts (water and 70% ethanol) of five fruits from Cerrado (cagaita, cajuzinho-do-cerrado, jaracatiá, mama-cadela and tucumã). Fructooligosaccharides were identified and quantified in samples of jaracatiá and pulp of cajuzinho-do-cerrado. However, in relation to the total content of oligosaccharides, the aqueous extract of mama-cadela pulp had the highest content. The oligosaccharide contents were low and the results showed the influence of the choice of solvent for each sample. The second part of this study evaluated the total phenols content and antioxidant activity through three methods (TEAC, DPPH and ORAC). Six lyophilized fruits from Cerrado (cagaita, cajuzinho do cerrado, jaracatiá, mama-cadela, mangaba and tucumã) were analyzed before and after *in vitro* digestion process. The results showed that the fruits from Cerrado are source of substances with antioxidant potential and should be further explored, especially cagaita seed. Furthermore, the *in vitro* digestion process has demonstrated that the bioavailability of most samples was altered after undergoing treatment simulating the digestive process occurring in the human body, highlighting the importance of the knowledge of the behavior of each sample before digestion. The results obtained from the three tests to determine the antioxidant capacity (TEAC, DPPH and ORAC) also agreed with many authors that mention the importance of using more than one method for knowledge and better understanding of the antioxidant capacity of the samples. Finally, it is possible to conclude that the content of oligosaccharides found in the extracts of fruits was low according to the methodology and conditions of this study. However, analyzes of total phenolics and antioxidant capacity indicate that the Cerrado has fruits that are sources of beneficial substances to the human organism and that should be further studied and explored because of its potential benefits to the human health.

Keywords: Cerrado, fruits, by-products, oligosaccharides, antioxidant, total phenolics

Sumário

Introdução Geral.....	12
Referências Bibliográficas.....	13
Objetivos	15
Objetivo Geral.....	15
Objetivos Específicos.....	15
Capítulo 1 – Revisão Bibliográfica.....	16
1. Consumo de Frutas.....	17
2. Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante.....	21
3. Oligossacarídeos, Frutooligossacarídeos e Prebióticos.....	26
4. Cerrado.....	29
5. Frutos do Cerrado.....	31
5.1. Cajuzinho do Cerrado.....	31
5.2. Cagaita.....	33
5.3. Mama-cadela.....	35
5.4. Mangaba.....	36
5.5. Jaracatiá.....	38
5.6. Tucumã.....	39
Referências Bibliográficas.....	41
Capítulo 2 – Determinação e Quantificação de Oligossacarídeos em Frutos do Cerrado com a utilização de dois solventes extratores.....	53
Resumo.....	54
1. Introdução.....	55
2. Material e Métodos.....	59
2.1. Soluções e Reagentes Químicos	59
2.2. Matérias-Primas.....	59
2.2.1. Processamento das Frutas.....	59

2.2.2.Procedimento de Extração.....	60
2.3.Análises.....	61
2.3.1.Determinação de Oligossacarídeos.....	61
2.3.2.Preparo das Amostras e dos Padrões.....	62
2.4.Análise Estatística.....	62
3.Resultados e Discussão	63
Conclusão.....	74
Referências Bibliográficas.....	75

Capítulo 3 – Determinação de Fenólicos Totais e Capacidade Antioxidante de Frutos do Cerrado antes e depois do processo de digestão <i>in vitro</i>.....	81
Resumo.....	82
1.Introdução.....	83
2.Material e Métodos.....	87
2.1.Soluções e Reagentes Químicos	87
2.2.Frutas.....	87
2.2.1.Processamento das Frutas.....	87
2.3.Análises.....	88
2.3.1.Fenólicos Totais.....	88
2.3.2.Atividade Antioxidante.....	89
2.3.2.1.TEAC- Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox.....	89
2.3.2.2.DPPH- Atividade Sequestrante do radical <i>2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil</i>	90
2.3.2.3.ORAC-Capacidade de Absorção do Radical Oxigênio.....	91
2.3.3.Digestão <i>in vitro</i>	91
2.4.Análise Estatística.....	92
3.Resultados e Discussão	93
3.1.Fenólicos Totais.....	93
3.2.Atividade Antioxidante.....	103
3.2.1.TEAC- Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox.....	103

3.2.2.DPPH- Atividade Sequestrante do radical <i>2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil</i>	107
3.2.3.ORAC-Capacidade de Absorção do Radical Oxigênio.....	112
Conclusão.....	119
Referências Bibliográficas.....	121
Discussão Geral.....	132
Conclusão Geral.....	136
Referências Bibliográficas.....	138

Introdução Geral

Diversos estudos têm evidenciado os benefícios da inclusão do consumo de frutas na alimentação (GARCIA-ALONSO et al, 2006, REISS et al, 2012, KARDUM et al, 2014, RUEL et al, 2014, WU et al, 2015). As frutas são uma boa fonte de antioxidantes naturais (PEREIRA et al, 2014, McKAY et al, 2015) e a quantidade ingerida desses compostos pode estar inversamente correlacionada com o risco de desenvolver determinadas síndromes metabólicas, como a adiposidade (PUCHAU et al, 2010).

De acordo com o IBRAF (2014), a produção brasileira de frutas frescas em 2013 foi de 43 milhões de toneladas, sendo o terceiro maior produtor mundial de frutas e o maior produtor de frutas tropicais (LIMA e VIANELLO, 2013). Juntamente com a produção da China e da Índia, os maiores produtores, correspondem a 30% da produção mundial (FAO,2002). No entanto, o consumo de frutas pela população brasileira tem demonstrado ser insatisfatório (VALMORBIDA e VITOLLO, 2014, MOREIRA et al, 2015) e algumas medidas deveriam ser tomadas para aumentar esse consumo e incluir hábitos saudáveis na alimentação dos brasileiros (ARRUDA e ALMEIDA, 2015).

Diversos autores têm demonstrado que frutas do cerrado (ARRUDA et al, 2016; ROESLER et al, 2007, MALTA et al, 2013) e do nordeste brasileiro (ALMEIDA et al, 2011, SILVA et al, 2014) são uma boa fonte de substâncias benéficas à saúde. Entretanto, Roesler et al (2007), ao estudarem frutos do cerrado pouco conhecidos nacionalmente, ressaltaram que o bioma cerrado vem sendo degradado rapidamente devido à baixa valorização de seus recursos naturais.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo estudar diversos frutos do bioma Cerrado e avaliar o teor de oligossacarídeos, fenólicos totais e a capacidade antioxidante de alguns frutos desse bioma.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155–2159, 2011.

ARRUDA, H. S.; ALMEIDA, M. E. F. 2015. Frutos do Cerrado - Panorama, Resgate Cultural e Aproveitamento Culinário. Novas Edições Acadêmicas. 133f.

ARRUDA, H. S.; PEREIRA, G. A.; PASTORE, G. M. Oligosaccharide profile in Brazilian Cerrado fruit araticum (*Annona crassiflora* Mart.). **LWT - Food Science and Technology**, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.017>

FAO. 2002. Tropical fruits. <http://www.fao.org/docrep/>

GARCIA-ALONSO, J. Acute intake of phenolic-rich juice improves antioxidant status in healthy subjects **Nutrition Research**, v. 26, p. 330 – 339, 2006.

IBRAF — Instituto Brasileiro De Fruticultura, 2014. O sistema agroalimentar de frutas e derivados. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/detalhe.aspx?id=1>

KARDUM, N. et al. Effects of polyphenol-rich chokeberry juice on cellular antioxidant enzymes and membrane lipid status in healthy women. **Journal of Functional Foods**, v. 9, p. 89–97, 2014.

LIMA, G. P. P. e VIANELLO, F. Food Quality, Safety and Technology. **Springer**. 2013.

MALTA, L. G. et al. Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 53, p.417–425, 2013.

McKAY, D. L. et al. Flavonoids and phenolic acids from cranberry juice are bioavailable and bioactive in healthy older adults. **Food Chemistry**, v. 168, p. 233–240, 2015.

MOREIRA, C. C. et al. Perceived Purchase of Healthy Foods Is Associated With Regular Consumption of Fruits and Vegetables. **Journal of Nutrition Education and Behavior**, 2015. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1499404614007982>

PEREIRA, A. C. S. et al. Effect of antioxidant potential of tropical fruit juices on antioxidant enzyme profiles and lipid peroxidation in rats. **Food Chemistry**, v. 157, p.179–185, 2014.

PUCHAU, B. et al. Dietary total antioxidant capacity is negatively associated with some metabolic syndrome features in healthy young adults. **Nutrition**, v. 26, p. 534–541, 2010.

REISS, R. et al. Estimation of cancer risks and benefits associated with a potential increased consumption of fruits and vegetables. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 4421–4427, 2012.

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

RUEL, G. et al. Association between nutrition and the evolution of multimorbidity: The importance of fruits and vegetables and whole grain products. **Clinical Nutrition**, v. 33, p. 513-520, 2014.

SILVA, L. M. R. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p.398–404, 2014.

VALMORBIDA, J. L.; VITOLO, M. R. Factors associated with low consumption of fruits and vegetables by preschoolers of low socio-economic level. **Jornal de Pediatria**, v. 90, p. 464-471, 2014.

WU, Y. et al. Fruit and vegetable consumption and risk of type 2 diabetes mellitus: A dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, v. 25, p 140-147, 2015.

Objetivos

Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo caracterizar frutos do Cerrado quanto a presença de compostos bioativos.

Objetivos Específicos

- Determinar o teor de oligossacarídeos de extratos de cinco frutos do Cerrado (cagaita, cajuzinho-do-cerrado, jaracatiá, mama-cadela e tucumã), e seus subprodutos, através da utilização de dois solventes extratores (água e etanol 70%)
- Determinar o teor de fenólicos totais e atividade antioxidante, através de três métodos de análise: TEAC (Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox), DPPH (Atividade Sequestradora do Radical *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil*) e ORAC (Capacidade de Absorção do Radical Oxigênio) das amostras de seis frutos do Cerrado (cagaita, cajuzinho-do-cerrado, jaracatiá, mama-cadela, mangaba e tucumã) liofilizados, antes e depois do processo de digestão *in vitro*.

Capítulo 1

Revisão Bibliográfica

1. Consumo de frutas

Na década de 2000, verificou-se no Brasil uma mudança do estado nutricional em relação ao observado nas décadas anteriores, com diminuição dos índices de desnutrição e aumento do número de obesos (BATISTA FILHO e RISSIN, 2003). Fato semelhante também é evidenciado, nas últimas décadas, nos Estados Unidos e na China (WANG et al, 2002). A adiposidade, quantidade de gordura corporal, em crianças e adolescentes é vista com interesse por sugerir associação com problemas de saúde presentes na idade adulta (POWER et al, 1997), tais como a obesidade e a dislipidemia (FINKELSTEIN et al, 2007), isquemia coronária (COLEMAN et al, 1992) e até mesmo alguns tipos de câncer, como de próstata (NUNZIO et al, 2013) e de fígado (BLONSKI et al, 2010). Neste contexto, são enfatizadas as vantagens oferecidas por uma boa alimentação, como o consumo de frutas, que traz benefícios em vários aspectos da saúde humana (GARCIA-ALONSO et al, 2006, REISS et al, 2012, KARDUM et al, 2014, RUEL et al, 2014, GAN et al, 2015).

No entanto, algumas pesquisas têm demonstrado que o consumo de frutas no Brasil é insatisfatório. Uma pesquisa realizada no estado brasileiro de Santa Catarina, na cidade de Florianópolis, revelou que 80% dos pais tinham o hábito de comprar frutas e vegetais (designados como alimentos saudáveis) com frequência, embora menos da metade desses entrevistados afirmaram que consumiam frutas de forma regular (MOREIRA et al, 2015). O acompanhamento de mães de baixa renda e seus filhos, desde os seis meses até a faixa compreendida entre 2 – 3 anos de idade, em áreas distritais de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, revelou que 58% das crianças avaliadas não ingeriam uma porção de fruta ao dia, e que o padrão alimentar observado aos 12 meses foi mantido quando avaliado aos 2-3 anos de idade, ressaltando a importância de apresentar bons hábitos alimentares às crianças (VALMORBIDA e VITOLLO, 2014).

Na ilha mediterrânea do Chipre, foi verificado que crianças passaram a se alimentar com mais frutas ao observar esse hábito na rotina do professor, sendo até mais efetivo do que o conhecimento sobre alimentação saudável isoladamente (PERIKKOU

et al, 2013). Um estudo com homens americanos afrodescendentes sugere que a alimentação das crianças que moravam com eles era influenciada pela ingestão de frutas e vegetais por esses adultos, assim como a disponibilidade desses alimentos (HARRIS e RAMSEY, 2015).

De acordo com Asfaw (2008), apesar da disponibilidade de frutas e vegetais em vários países da América Latina e do Caribe, o consumo desses alimentos por seus habitantes pode ser menor que o recomendado de acordo com a estimativa da taxa de desperdício. Ainda segundo o mesmo autor, em relação ao Brasil, apenas se fosse considerado que o desperdício não tenha ultrapassado 10% sobre o total de frutas e vegetais, teríamos atingido a ingestão recomendada durante o período compreendido entre os anos de 1991 a 2002. Na Coreia do Sul, o consumo de frutas também tem se revelado baixo, sendo que apenas 23,5% da população estudada consumiam de 1 a 3 porções de frutas diárias recomendadas (LEE et al, 2013).

Uma pesquisa constatou que crianças francesas eram expostas à maior variedade de frutas do que crianças norte-americanas, enquanto as primeiras eram expostas a uma diversidade de 14 tipos diferentes de frutas, as segundas eram apresentadas somente a quatro variedades. Nesta mesma pesquisa, também foi verificado maior consumo de frutas pelas crianças francesas do que pelas americanas, indicando que essa exposição, dentre outros hábitos, pode ser uma forma viável de aumentar o consumo de frutas (KREMER-SADLIK et al, 2015).

O alto consumo de frutas, vegetais de folhas verdes, carotenóides e vitaminas A e C foi associado com a menor probabilidade de desenvolver glaucoma, e como apenas um único constituinte de frutas e vegetais pode não ser responsável por este benefício, é preferível a ingestão de frutas e vegetais ao invés de suplementos (GIACONI et al, 2012). Vários estudos epidemiológicos apontaram que quanto maior o consumo de frutas e vegetais, tende a ser menor a incidência de tumores, entretanto, essa relação não é observada com a ingestão de suplementos vitamínicos (BIANCHI e ANTUNES, 1999).

Por meio de um estudo de meta-análise, Gan et al (2015) concluíram que o consumo de frutas e vegetais diminuía as chances de incidência de doenças coronárias, sendo que a ingestão de 477 gramas diárias de frutas e vegetais reduziu em 12% essa incidência, e o consumo de 300 gramas diárias de frutas diminuiu em 16%.

Reiss et al (2012) sugerem que o aumento do consumo de frutas e vegetais reduziria a incidência de casos de câncer. Os autores estimaram, por meio de um estudo de meta-análise feito com a população americana, que se metade dessa população consumisse uma porção a mais de frutas e vegetais por dia, 20 mil casos de câncer seriam evitados.

O extrato aquoso da polpa do melão amargo (*Momordica charantia*) e da semente do feno grego (*Trigonella foenum-graecum*) foram efetivos no controle da glicose sanguínea em ratos que foram submetidos à indução de diabetes, assim como aliviaram os danos secundários que esta enfermidade estende a alguns órgãos, como rins e coração (TRIPATHI e CHANDRA, 2010).

Um estudo com ratos com tumores de próstata implantado no abdômen verificou que o grupo de animais que consumiu suco de romã e o grupo submetido à atividade física apresentaram o menor crescimento tumoral e maior tempo para a duplicação do tumor, embora esse resultado não tenha sido observado no grupo que consumiu o suco e também fez esforço físico concomitantemente (GUERITAT et al, 2014).

A ingestão de uma dieta contendo morangos ou mirtilos, por ratos, durante 8 semanas foi capaz de atenuar os danos neurotóxicos causados pela irradiação quando comparado à um grupo controle, avaliados por um período de até 30 dias após recebimento da radiação (POULOSE et al, 2014).

No Japão, foi observado que o consumo de laranja foi associado com a diminuição do risco para o câncer de pâncreas em mulheres, embora o mesmo benefício não tenha sido observado perante o consumo de outras frutas e vegetais (SHIGIHARA et al, 2014). Mulheres americanas afrodescendentes idosas que consumiam 3 ou mais porções de

frutas ou suco de frutas apresentaram menor incidência de glaucoma do que aquelas que consumiam menos de 1 porção diária (GIACONI et al, 2012).

Ruel et al (2014) verificaram maior consumo de frutas entre as pessoas saudáveis, e a menor ingestão de frutas entre pessoas com mais de uma doença crônica (multimorbidade) e Wu et al (2015) constataram que a ingestão de duas porções de frutas diárias e duas a três porções diárias de vegetais foi capaz de diminuir o risco de desenvolver diabetes tipo 2.

A diminuição da peroxidação lipídica verificada em adultos saudáveis após consumo de suco formulado com diversas frutas, sugere que o alto teor de compostos fenólicos presente na bebida tenha sido absorvido de forma suficiente pelo organismo humano (GARCIA-ALONSO et al, 2006).

Apesar do baixo consumo de frutas e vegetais (MENDES e CATÃO, 2010, SILVEIRA et al, 2015), algumas pesquisas tem mostrado que a busca por alimentos funcionais está vinculada com a intenção de saúde e bem-estar (GOETZKE et al, 2014), e que o tipo de conhecimento recebido a respeito desses alimentos é essencial para o consumo, destacando a importância de receberem informação a respeito dos benefícios da ingestão de determinados alimentos e do motivo que esses alimentos geram esses benefícios (WANSINK et al, 2005).

A elucidação do valor nutricional e do efeito terapêutico de frutas e hortaliças tem ocasionado um aumento no interesse por esses alimentos, que por conter diferentes fitoquímicos, podem estar relacionados com o retardo do envelhecimento e com a prevenção de determinadas doenças (LIMA et al, 2002). Além disso, a ingestão frequente e contínua de alimentos que contenham compostos bioativos, que atuam de forma favorável no processo inflamatório, e a prática de atividade física, podem ser um método adequado para minimizar os riscos de desenvolver doença crônica não transmissível (BASTOS et al, 2009).

2. Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante

Os radicais livres reagem com substratos biológicos podendo lesionar as biomoléculas, como DNA e RNA, e conseqüentemente, prejudicar o organismo (BARREIROS et al, 2006). Se houver um desequilíbrio entre as substâncias antioxidantes e pró oxidantes, é caracterizado o estresse oxidativo (BARBOSA et al, 2010), que é descrito como um dos fatores responsáveis pelo envelhecimento celular (ENGERS et al, 2011). Nesse contexto, os antioxidantes atuam protegendo o organismo, de forma a evitar esses prejuízos para as células do corpo humano (BIANCHI e ANTUNES, 1999).

Diversos trabalhos têm sugerido relação entre o estresse oxidativo e vários problemas de saúde, dentre eles, câncer de próstata (BATTISTI et al, 2011), câncer de mama (YEON et al, 2011), doenças coronárias (WEINBRENNER et al, 2003) e a infertilidade (AGARWAL et al, 2006).

O conhecimento da capacidade antioxidante dos alimentos permite aprimorar ferramentas que possam ajudar a relacionar o teor de compostos antioxidantes ingeridos com a incidência de doenças associadas ao estresse oxidativo (KUSKOSKI et al, 2006). Assim, diversos estudos têm avaliado o potencial antioxidante de compostos naturais e suas propriedades, para verificar a viabilidade de substituição dos antioxidantes sintéticos pelos naturais (RAMALHO e JORGE, 2006).

A ingestão de substâncias antioxidantes é benéfica à saúde, uma vez que irá ajudar o organismo a combater o estresse oxidativo, e esses compostos podem ser obtidos através de uma dieta rica em frutas e vegetais, fontes de flavonoides, carotenoides e outros elementos fitoquímicos (TEOW et al, 2007), além das especiarias (DEL RÉ e JORGE, 2012). Dentre esses compostos, os polifenóis, com destaque para os flavonoides, são antioxidantes mais efetivos que as vitaminas C e E, visto que

possuem uma estrutura química compatível com o sequestro de radicais (BARREIROS et al, 2006).

Lee et al (2013) verificaram que a maior ingestão de carotenoides, flavonoides e ácido gálico foi encontrada nas pessoas que atingiam a meta de consumo recomendada de frutas e vegetais. E a inclusão de alimentos ricos em antioxidantes, como determinadas frutas e vegetais, no cardápio de mulheres com baixo consumo desse tipo de alimento, poderia diminuir o risco de lesões associadas ao câncer cervical em pacientes portadoras do vírus HPV (SIEGEL et al, 2010).

Dentre diversas frutas exóticas do nordeste brasileiro, a mangaba e o murici demonstraram os melhores resultados quanto ao potencial antioxidante (ALMEIDA et al, 2011). Frutas tropicais coletadas no estado do Ceará, assim como seus subprodutos, apresentaram altos valores de licopeno, antocianinas, beta-caroteno, flavonoides amarelos e fenólicos totais, indicando que essas espécies não tradicionais poderiam ser melhor aproveitadas devido ao seu conteúdo nutricional (SILVA et al, 2014). Frutas produzidas na região sul do Brasil também apresentaram conteúdo relevante de compostos bioativos e boa atividade antioxidante (DENARDIN et al, 2015).

Malta et al (2013) estudaram frutos brasileiros do Cerrado e concluíram que as frutas analisadas, murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich), gabioba (*Campomanesia cambessedeanana* Berg) e a polpa da guapeva (*Pouteria garneriana* Radlk), são boas fontes de substâncias antioxidantes e de agentes antiproliferativos. Toaldo et al (2015) encontraram conteúdos fenólicos relevantes em videiras, com destaque àquelas cultivadas em sistema orgânico.

A casca de jaboticaba possui quantidade significativa de compostos fenólicos e seu extrato demonstrou atenuar possíveis danos oxidativos em células fibroblásticas pulmonares (CALLONI et al, 2015). Compostos bioativos também foram encontrados em frutas e vegetais colhidos na região sul da Tailândia, com ênfase ao alto teor de antioxidantes em folhas jovens de caju (KONGKACHUICHAJ et al, 2015). Extratos da

casca de diversas variedades de pêsego apresentaram alto conteúdo fenólico e mostraram propriedades antioxidantes promissoras (LIU et al, 2015).

Alta concentração de compostos fenólicos e elevada atividade antioxidante foram observados nos sucos de uvas verde e vermelha, sendo mais expressivo na amostra com teor mais alto de antocianinas e flavonoides (MORENO-MONTORO et al, 2015). A ingestão do suco de uva da espécie *Vitis labrusca* L demonstrou efeito redutor nos peróxidos lipídicos do soro e do plasma, explicado pela absorção dos polifenóis (TOALDO et al, 2015).

A ingestão de sucos de frutos tropicais, com grande quantidade de compostos fenólicos, demonstrou ser efetiva na melhora da defesa antioxidante, sendo que um dos efeitos foi a diminuição na peroxidação lipídica no fígado, avaliada em sistema animal utilizando ratos (PEREIRA et al, 2014). Foram relatados anteriormente que outros frutos tropicais, como a naranjilla (*Solanum quitoense*), o tamarilho (*Solanum betaceum*) e amoras andinas (*Rubus adenotrichus* e *Rubus glaucus*) apresentaram alta capacidade antioxidante (MERTZ et al, 2009).

Um preparado de extrato de morango com fibras de grãos, rico em polifenóis e com alta capacidade antioxidante, ingerido por um período de 4 semanas, apresentou maior influência no processo fermentativo através da análise do ceco de ratos quando comparado com outros alimentos também combinados de extratos de frutas e grãos, (KOSMALA et al, 2014). Denev et al (2014) constataram alto poder antioxidantes nos extratos de seis frutas que avaliaram, embora com diferença no perfil fenólico, alguns desses extratos de frutos (*Aronia melanocarpa*, *Ribes nigrum* e *Surbus aucuparia*) demonstraram também atividade antimicrobiana contra diversos microrganismos testados e alguns extratos revelaram atividade mitogênica, estimulando a produção de linfócito em hamsters, sendo o melhor resultado encontrado para o extrato de groselha (*Ribes nigrum*) a 10%.

Outros alimentos, como alguns tipos de feijão e lentilha demonstraram atividade antineoplásica, a qual foi atribuída aos compostos fenólicos antioxidantes (XU e CHANG,

2012). A atividade antioxidante das antocianinas presentes no extrato de farelo de arroz preto, e administrada durante sete semanas, exerceu efeito benéfico no fígado de ratos que tiveram hepatotoxicidade induzida pelo tetracloreto de carbono (HOU et al, 2013).

Escudero-López et al (2015) avaliaram a ingestão de uma bebida fermentada de laranja por ratos saudáveis durante 12 semanas e verificaram o aumento da atividade das enzimas antioxidantes, melhora do perfil lipídico (ao apresentar a maior nível de HDL e o menor nível de LDL entre os quatro grupos estudados), diminuição da peroxidação lipídica e prevenção do estágio inflamatório, sugerindo que esta bebida pode estar relacionada com a diminuição do risco de doenças cardiovasculares.

A administração de antioxidantes também atenuou os efeitos da droga antineoplásica cisplatina em cachorros, a frequência emética diminuiu e a latência dos episódios de vômitos aumentou, sugerindo que as substâncias antioxidantes possam ter reagido com os radicais livres gerados pela cisplatina (GUPTA e SHARMA, 1996).

Um estudo conduzido com mulheres adultas de uma comunidade do estado do Amazonas, habituadas ao consumo de peixe, constatou que aquelas que consumiam mais frutas apresentaram menores níveis de mercúrio, detectado por meio da análise capilar durante um período de 12 meses (PASSOS et al, 2003). O consumo de substâncias antioxidantes, obtidas principalmente da dieta alimentar, em detrimento de suplementos, também demonstrou influenciar positivamente a qualidade do esperma de adultos jovens (ZAREBA et al, 2013).

McKay et al (2015) demonstraram a biodisponibilidade de compostos fenólicos e flavonoides do suco de cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) consumidos por adultos, agindo como antioxidantes e atingindo máxima concentração 8 horas após o consumo. O consumo do suco de *Aronia melanocarpa* L (chokeberry) demonstrou aumento da atividade de enzimas que atuam como antioxidantes em mulheres saudáveis que ingeriram a bebida durante período de 3 meses (KARDUM et al, 2014).

Suco de cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) oferecido a mulheres com síndrome metabólica durante 8 semanas, 2 copos por dia, totalizando 480 mL diários, diminuiu a

quantidade de malonaldeído e de lipoproteínas de baixa densidade, indicando redução da oxidação lipídica, e aumentou a capacidade antioxidante plasmática, efeito que pode ser atribuído aos polifenóis contidos na bebida (BASU et al, 2011).

Bub et al (2003) conduziram um estudo que avaliou a ingestão de dois sucos por homens adultos não fumantes, cada suco com um tipo diferente de flavonoide majoritário, concomitantemente à uma dieta com baixa ingestão de polifenóis, durante um período de 10 semanas. Os autores concluíram que em ambos os grupos houve aumento do teor antioxidante, diminuição de danos oxidativos ao DNA e melhora do sistema imunológico.

Denev et al (2014) constataram atividade antimicrobiana, antioxidante e mitogênica em extratos de seis frutas avaliadas (*Aronia melanocarpa*, *Crataegus monogyna*, *Ribes nigrum*, *Rosa canina*, *Sorbus aucuparia* e *Vaccinum myrtillus*), sendo apenas duas delas consumidas na forma fresca (a groselha; *Ribes nigrum* e o mirtilo; *Vaccinum myrtillus*). Os autores sugerem que, embora nem todas as frutas analisadas sejam consumidas *in natura*, alimentos funcionais poderiam ser produzidos a partir delas, beneficiando a população.

Contreras-Calderón et al (2011) verificaram a presença de antioxidantes em frutas e nos sub-produtos de diversas frutas colombianas, dentre elas, a banana, o caju e resíduos de *Callocarpum mamosum*, sugerindo que poderiam oferecer produtos para a indústria de alimentos, farmacêutica e cosmética.

Na literatura há diversos estudos relatando os benefícios da ingestão de polifenóis, que dependem da quantidade ingerida e da sua biodisponibilidade (OZCAN et al, 2014), entretanto, mais pesquisas são necessárias para o conhecimento de antioxidantes em espécies vegetais, que atenderiam tanto a indústria farmacêutica quanto a indústria alimentícia (DEGÁSPARI e WASZCZYNSKY, 2004).

3. Oligossacarídeos, Frutooligossacarídeos e Prebióticos

Oligossacarídeos são carboidratos que podem ser classificados como funcionais quando possuem a capacidade para modular a microbiota intestinal, agir em diferentes aspectos das atividades gastrointestinais e diminuir a propensão para alguns quadros clínicos, como a obesidade, a diabetes e as doenças cardíacas, atuando, dessa forma, na promoção e manutenção da saúde (QIANG et al, 2009).

Dentre os oligossacarídeos, é destacada a importância dos frutooligossacarídeos (FOS), que são carboidratos de configuração complexa, também denominados como “açúcares não convencionais”, capazes de chegar intactos ao estômago, devido à resistência que possuem perante a enzimas digestivas (FORTES, 2005). As fontes de frutooligossacarídeos são predominantemente vegetais, como yacon (SCHEID et al, 2014), alcachofra (MACHADO et al, 2015), *Stevia rebaudiana* (LOPES et al, 2016) e chicória (ROBERFROID, 2000), mas também tem sido reportada em diversas frutas e seus derivados, como o morango (BLANCH et al, 2012), carambola e cajá-manga (BENKEBLIA e LOPEZ, 2015), suco de laranja (VEGA e ZUNIGA-HANSEN, 2015) e produtos à base de maçã e banana (L'HOMME et al, 2003).

Oligossacarídeos como os frutooligossacarídeos (FOS) e os galactooligossacarídeos (GOS) já são conhecidos pelos seus efeitos benéficos, atuando, por exemplo, como prebióticos (COSTALOS et al, 2008, VEEREMAN-WAUTERS et al, 2011), que são os alimento capazes de suprimir o crescimento de bactérias patogênicas e concomitantemente estimular o crescimento das bactérias benéficas no trato intestinal (AZMI et al, 2012), podendo aumentar a contagem de *bifidobacterium* fecal, como foi constatado em um estudo envolvendo recém-nascidos saudáveis alimentados com fórmula contendo 0,8 g/L de prebióticos contendo frutooligossacarídeos (VEEREMAN-WAUTERS et al, 2011).

Outro estudo, com pacientes de uma unidade de cuidados intensivos pediátricos, demonstrou que a alimentação por via enteral, contendo 0,26% de inulina e frutooligossacarídeos, elevou a contagem de *Lactobacillus paracasei* e *Bifidobacterium longum* durante um período de 14 dias (SIMAKACHORN et al, 2011).

Recém-nascidos saudáveis alimentados com fórmula contendo 0,4% de prebiótico (90% de galactooligossacarídeo e 10% de frutooligossacarídeo) durante seis semanas apresentaram maior contagem de bifidobactérias e menor contagem de *E. coli* em relação aos neonatos alimentados com a mesma fórmula sem adição do prebiótico, embora tenha sido constatada a ocorrência de regurgitação, a satisfação e a tolerância em relação ao alimento não diferiram entre os grupos (COSTALOS et al, 2008).

Fezes de crianças de 1 a 3 meses de idade que consumiram uma fórmula específica contendo uma mistura de 0,8 g de galactooligossacarídeo e frutooligossacarídeo/100 mL foram avaliadas e apresentaram um aumento significativo na contagem de bifidobactérias após 6 semanas de estudo (HAARMAN e KNOL, 2005). O conteúdo fecal de adultos que consumiram 15 g de oligofrutose ou inulina diariamente também revelou um aumento no número de bifidobactérias (GIBSON et al, 1995). No entanto, a inclusão de 7 gramas por dia de frutooligossacarídeos na fórmula utilizada para alimentação enteral em pacientes em regime hospitalar não demonstrou efeito bifidogênico, o que sugere maiores investigações na quantidade de frutooligossacarídeos administrada e possíveis interações com antibióticos (MAJID et al, 2011).

O acompanhamento de mulheres na pós-menopausa com suplementação de isoflavona, demonstrou que o grupo que consumiu isoflavona e prebiótico, constituído de 7 g diárias de frutooligossacarídeos, obteve um aumento na população de *Bifidobacterium* durante os 60 dias do ensaio (CLAVEL et al, 2005). Pacientes que tiveram o cólon removido e parte do íleo foi utilizado para a reconstrução do reservatório pélvico foram divididos em três grupos e suplementados com a mesma quantidade de frutooligossacarídeo e amido resistente, além do grupo com placebo. Os resultados mostraram que ocorreu a fermentação dos frutooligossacarídeos mesmo na porção do

íleo, além de sugerir diminuição da citotoxicidade do conteúdo desse reservatório (ALLES et al, 1997).

Portadores de neoplasias hematológicas em regime de internação hospitalar receberam dieta adicionada de 12 g de frutooligossacarídeos durante 15 dias, e foi observado aumento da contagem de bifidobactérias, entretanto, como o pH fecal não sofreu alterações, foi sugerida a possibilidade de que somente algumas espécies de bifidobactérias tenham sido afetadas (BURIGO et al, 2007). Em crianças asiáticas portadoras de câncer, a dieta enteral acrescida de 2g/L de frutooligossacarídeos, administrada por um período de 30 dias, revelou melhores resultados na queda do PINI (Índice de Prognóstico Inflamatório e Nutricional), que é um instrumento utilizado para calcular o índice predito de morbidade e mortalidade em pacientes hospitalizados (ZHENG et al, 2006).

Um grupo de crianças de 25 a 59 meses, habitantes de uma favela urbana de Bangladesh, foi acompanhado durante um período de 6 meses de ingestão de solução isotônica contendo 2 g de frutooligossacarídeos, enquanto outro grupo recebia a solução placebo diariamente. Embora não foram apresentadas diferenças significativas em relação ao ganho de peso e frequência dos episódios de diarreia, foi constatada redução significativa na duração desses episódios, sendo menor no grupo que ingeriu o prebiótico (NAKAMURA et al, 2006). O consumo de frutooligossacarídeos também foi benéfico para idosos, que apresentaram diminuição da constipação intestinal, aumento da massa fecal e ausência de efeitos adversos no estado nutricional com a ingestão de 3 a 10 g diárias de frutooligossacarídeos por um período de 30 dias. (CHEN et al, 2000). A saciedade aguda e a fome não foram alteradas perante a ingestão de duas doses de 5 ou 8 g de frutooligossacarídeos por 20 homens e mulheres adultos quando comparado com um grupo controle (HESS et al, 2011).

Barshop et al (2013) verificaram que a administração oral de frutooligossacarídeos, por um período de 2 dias, foi segura e tolerada por um grupo pequeno de pacientes com intolerância à frutose. Também foi aceita e bem tolerada uma

fórmula nutricional adicionada e enriquecida com frutooligossacarídeo e beta-caroteno por pacientes adultos com problemas renais (COCKRAM et al, 1998).

Um conjunto de 60 crianças com diversos graus de dermatite atópica foi dividido entre uma primeira parte, que recebeu tratamento prebiótico com frutooligossacarídeo, e uma segunda parte que recebeu tratamento simbiótico com frutooligossacarídeo e *Lactobacillus salivarius*. Após o período de 8 semanas de estudo, foi verificado que aquelas que receberam o tratamento simbiótico apresentaram melhora mais pronunciada do quadro de dermatite quando comparado com a utilização do prebiótico isoladamente (WU et al, 2012). A ingestão conjunta de frutooligossacarídeo e *Bifidobacterium longum* por adultos portadores de cirrose ocasionou diminuição dos níveis plasmáticos de amônia durante um período de 90 dias (MALAGUARNERA et al, 2007), o que é visto como benéfico, uma vez que a amônia está relacionada com a encefalopatia hepática (SHAWCROSS et al, 2010) e sua severidade (ONG et al, 2003).

Em regiões tropicais e sub-tropicais há grande diversidade de frutas consumidas por pequenas populações, que pela possibilidade de constituir fonte potencial de frutooligossacarídeos poderiam ser mais exploradas (BENKEBLIA e LOPEZ, 2015), uma vez que a ingestão diária dessas moléculas, devido às suas propriedades funcionais, promove diversos benefícios para a saúde humana (PASSOS e PARK, 2003).

4. Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e ocupa a área central do território nacional, faz conexão com quatro, dos outros cinco, biomas brasileiros, compreende diversos estados (Goiás, Distrito Federal, Tocantins, Pará, Rondônia, Acre, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Maranhão, Piauí, Bahia, São Paulo e Paraná) e abrange as nascentes das três das maiores bacias hidrográficas do país (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), sua posição geográfica resulta em um

vasto potencial hídrico para o bioma que, conseqüentemente, favorece a sua biodiversidade (ARRUDA e ALMEIDA, 2015). A área do Cerrado é equivalente a 2,04 milhões de km², correspondendo a 23% do território nacional, e o solo deste bioma apresenta limitações agrícolas em relação à fertilidade (LOPES et al, 1996). O relevo é plano ou suavemente ondulado, a temperatura média anual é boa e apresenta pouca variação, no entanto, apesar de alto índice pluviométrico, a região é predominada por uma estação seca e outra chuvosa (GOEDERT, 1989). O bioma cerrado é pouco valorizado e, conseqüentemente, vem sofrendo uma rápida devastação dando lugar para pastagens e plantio de oleaginosas (ROESLER et al, 2007).

O cerrado apresenta mais de 58 espécies de frutas, que possuem alto valor nutritivo e também se destacam pelos seus atributos sensoriais, como cor, sabor e aroma característicos, e a incorporação desses frutos na culinária tem atraído a atenção de vários segmentos da sociedade, como agricultura, indústrias e as instituições de pesquisas e órgãos de saúde (ARRUDA e ALMEIDA, 2015).

Vários trabalhos científicos demonstraram que frutos do cerrado são uma boa fonte de nutrientes, como verificado na cagaita (CARDOSO et al, 2011), na amêndoa do pequi e do baru, na castanha de uma espécie de cajuzinho-do-cerrado (SOUSA et al, 2011), na curriola (*Pouteria ramiflora*), na gabioba (*Campomanesia cambessedeani*) e no murici (*Byrsonima verbascifolia*) (MORZELLE et al, 2015).

Diversos estudos têm confirmado o potencial terapêutico de várias espécies nativas do cerrado, que são utilizadas pela comunidade local no tratamento de várias doenças, dentre elas, a malária (MESQUITA et al, 2007). A identificação dos compostos ativos presentes nos extratos de espécies vegetais do cerrado será útil para essa região, visto que possivelmente irá aumentar seu potencial científico, social e ambiental (ALBERNAZ et al, 2010).

Roesler et al (2007) avaliaram diversas frutas do cerrado e seus subprodutos, constatando atividade antioxidante nos extratos etanólico e aquoso da casca de pequi (*Caryocar brasiliense*), extrato etanólico da semente da cagaita (*Eugenia dysenterica*),

extrato etanólico da semente e casca de araticum (*Annona coriácea*) e extrato etanólico da casca de banha de galinha (*Swartzia langsdorfii*).

Frutas do cerrado brasileiro têm um interessante potencial antioxidante e antiproliferativo, que uma vez conhecidos, poderiam ser aplicados na indústria de alimentos e farmacêutica (MALTA et al, 2013). Souza et al (2012) estudaram diversas frutas do Cerrado e destacaram a forte atividade antioxidante da polpa do marolo (*Annona crassiflora*) em relação aos demais frutos analisados. Candido et al (2015) constataram que a polpa do buriti (*Mauritia flexuosa*) oriundo do Cerrado é uma fonte interessante de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

Resíduos de frutos do Cerrado também têm demonstrado atividade antioxidante, e poderiam ser melhor aproveitados e pesquisados, como verificado na casca do pequi (ROESLER et al, 2008), na semente da lobeira (*Solanum lycocarpum*), no epicarpo e mesocarpo do pequi (*Caryocar brasiliense*) e no pedúnculo do quiabo-da-lapa (*Cipocereus minensis*) (MORAIS et al, 2013).

5. Frutos do Cerrado

5.1. Cajuzinho-do-cerrado

O cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile*) (Figura 1), pertence à família *Anacardiaceae* e é também conhecido como cajuí, é um arbusto esparramado, de caule tortuoso e comprido, e com reservas aquosas que tornam essa planta resistente a secas (PIMENTEL, 1972).

Esse fruto apresentou elevados teores de ácido ascórbico, em diferentes fases de maturação, quando comparados com outros frutos do cerrado brasileiro, e que não foram degradados após 30 dias de congelamento (SILVA et al, 2009).



Figura 1. Cajuzinho-do-Cerrado (Foto: Nivaldo Ferr)

Estudos têm apontado que a planta do cajuzinho e seus extratos apresentam atividade antimicrobiana (FERREIRA et al, 2012, PEREIRA et al, 2011), larvicida (PORTO et al, 2008) e terapêutica (LUIZ-FERREIRA et al, 2008).

Nery et al (2010) demonstraram que o extrato aquoso e o etanólico das folhas do cajuzinho-do-cerrado foram eficientes em combater larvas nelmatoídes em ovelhas. E o óleo extraído das folhas do cajuzinho-do-cerrado mostrou atividade larvicida contra o *Aedes aegypti* (PORTO et al, 2008). O extrato aquoso das folhas do cajuzinho-do-cerrado também demonstrou relevância para a lavoura de cana-de-açúcar ao apresentar atividade inseticida frente à *Mahanarva fimbriolata*, praga comum deste cultivo (PISTORI et al, 2013).

Extratos com as folhas do cajuzinho-do-cerrado demonstraram atividade antimicrobiana perante vários microrganismos associados com infecções e desordens bucais (PEREIRA et al, 2011). Os taninos extraídos das folhas do cajuzinho-do-cerrado

demonstraram inibição perante *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis* (FERREIRA et al, 2012).

O extrato metanólico das folhas do cajuzinho-do-cerrado apresentou atividade antioxidante perante à oxidação neutrofílica induzida por *Helicobacter pylori*, responsável pela gastrite, embora os autores constataram que essa atividade foi maior em outras plantas estudadas (BONACORSI et al, 2013). Atividade anti-ulcerogênica gástrica com o extrato das folhas do cajuzinho, usando como solvente extrator o acetato de etila, também foi verificada por meio do aumento do nível de prostaglandina E2 e da produção de muco em ratos Wistar (LUIZ-FERREIRA et al 2010) e o extrato metanólico das folhas secas do cajuzinho-do-cerrado demonstrou proteção da mucosa gástrica perante os efeitos deletérios da gastrite (LUIZ-FERREIRA et al, 2008). O extrato aquoso do caule do cajuzinho-do-cerrado foi eficiente em regular os níveis de glicose sanguínea em ratos com diabetes induzida (URZÊDA et al, 2013).

De acordo com o conhecimento popular, as folhas do cajuzinho, sob o processo de decocção, são utilizadas para o tratamento de inflamação ovariana (VILA VERDE et al, 2003).

Demonstrando as mesmas propriedades terapêuticas que o caju, a fruta do cajuzinho-do-cerrado pode ser usada no tratamento da anemia e como tônico, e o suco do pseudofruto é indicado para anemias e diabetes, além do uso externo para queimaduras e úlceras (AGRA et al, 2007).

5.2. Cagaita

A cagaita (*Eugenia dysenterica*) (Figura 2) pertencente à família *Myrtaceae*, é uma fruta de baixa caloria, fonte de vitamina A, C e folatos (CARDOSO et al, 2011). Sua árvore pode apresentar a altura máxima de 11 metros e o diâmetro da copa entre 1,80 a 10,30 metros (SILVA et al, 2001). Essa planta está distribuída em diversos estados

brasileiros da região do Cerrado: Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São, Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal (ARRUDA e ALMEIDA, 2015).



Figura 2. Cagaita (Foto: Henrique Silvano Arruda)

Embora a comercialização da cagaita esteja restrita quase exclusivamente aos mercados regionais, pequenas indústrias têm utilizado a cagaita como matéria-prima para a fabricação de sorvetes e refrescos, e a região central brasileira tem absorvido a produção de alimentos processados a partir da polpa da cagaita, entretanto, a divulgação da fruta poderia abrir novos mercados (MARTINOTTO et al, 2008). De acordo com a cultura popular, diversas partes do fruto têm sido utilizadas no tratamento de algumas enfermidades, como diabetes tipo 1 e icterícia, além da polpa, que apresenta efeito laxante e por isso, deve ser consumida com moderação, especialmente se os frutos foram fermentados ao sol (ARRUDA e ALMEIDA, 2015).

O extrato etanólico das folhas de cagaita, contendo taninos, flavonoides, terpenos e saponinas, foi considerado eficaz contra o rotavírus (CECILIO et al, 2012) e na

concentração de 100 ppm, foi eficiente contra o molusco *Biomphalaria glabrata*, hospedeiro intermediário da esquistossomose, embora em concentrações mais baixas, não demonstrou eficiência (BEZERRA et al, 2002).

O óleo das folhas de cagaita, em concentração de 250 µg/mL ou inferior, foi suficiente para inibir 70,3% dos *Cryptococcus* isolados de pacientes com meningite criptocócica. No entanto, o óleo não foi tão eficiente como foram as drogas antifúngicas avaliadas (COSTA et al, 2000).

Foi demonstrado experimentalmente, em ensaio animal com ratos, que a cagaita causa um efeito laxativo e que esta ação é possivelmente atribuída à um peptídeo responsável pelo aumento da motilidade intestinal (LIMA et al, 2010).

Para a área alimentícia, uma alternativa diversa para a utilização da polpa de cagaita é a fabricação de vinho, que pode ser produzido com a utilização de uma metodologia simples e acessível, além de ter sido avaliado satisfatoriamente pelos provadores (OLIVEIRA et al, 2011). Também é viável a fabricação de outros derivados, como o vinagre e o álcool, que podem ser obtidos por meio de fermentação, e diversos alimentos, como doces, geleias, sorvetes, sucos, balas, pães e compotas (ARRUDA E ALMEIDA, 2015).

Cardoso et al (2011) ressaltam que, devido à rica composição nutricional da fruta, o consumo e a exploração tecnológica da cagaita deveria ser mais incentivado à população do Cerrado, suprimindo carências alimentícias especialmente para as pessoas com maior dificuldade em adquirir alimentos ricos em nutrientes similares.

5.3. Mama-cadela

A mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*) (Figura 3), pertencente à família *Moraceae*, é um arbusto pequeno que produz frutos saborosos, de aproximadamente 2 cm de diâmetro e de coloração amarelo-alaranjado (PIMENTEL, 1972). Diversas

substâncias aromáticas foram isoladas das raízes da mama-cadela, sendo derivadas do precursor das cumarinas (MONTEIRO et al, 2002). A dihidrofurocumarina, possível vasodilatador coronário, foi isolada anteriormente do extrato etanólico (VILEGAS e POZETTI, 1993), e a cumarina, denominada gaudichaudine, já havia sido isolada do extrato de diclorometano da raiz (VIEIRA et al, 1999).



Figura 3. Mama-cadela (Fonte: Frutos Atrativos do Cerrado)

O uso do extrato das raízes de mama-cadela requer precaução, uma vez que foi demonstrado ser mutagênico perante *Salmonella typhimurium* (VARANDA et al, 2002). Além disso, um estudo com exudato de raízes de mama-cadela administrado em ratos albinos demonstrou que, apesar da baixa toxicidade, diversos efeitos colaterais foram apresentados com dosagens a partir de 1400 mg/kg, sendo a diarreia, com maior incidência, e dilatação de pupila, lesão ocular com hemorragia, olhos semi-cerrados e secos, dispneia e perda de peso, em menor incidência (CUNHA et al, 2008).

5.4. Mangaba

A mangaba (*Hancornia speciosa*) (Figura 4), família *Apocynaceae*, é uma espécie arbórea do Cerrado e tem atraído interesse dos setores industriais e comerciais por ser produtora de borracha (ARRUDA e ALMEIDA, 2015).



Figura 4. Mangaba (Foto: Henrique Silvano Arruda)

É uma árvore perene, com altura de 4 – 7 m, podendo atingir até 15 m, e os frutos, que devem ser consumidos somente depois de maduros, pois quando verdes possuem substância tóxica, apresentam sabor e aroma agradável, sendo consumidos *in natura* ou processados na forma de geleias, compotas, bolos, biscoitos, sorvetes, vinagre e bebidas, como refrescos e vinho (ARRUDA e ALMEIDA, 2015).

O extrato etanólico das folhas de mangaba administrado em ratos inibiu a alfa glicosidase intestinal e estimulou a captação de glicose pelos adipócitos, resultando em diminuição da concentração de glicose no sangue e demonstrando potencial efeito anti-diabético do extrato (PEREIRA et al, 2015).

O extrato etanólico da casca da mangaba atuou diminuindo a produção de suco gástrico, aumentando a produção de muco e inibindo a bactéria *Helicobacter pylori* em ratos machos, demonstrando bons resultados no tratamento de úlcera (MORAES et al, 2008) e o extrato das folhas da mangaba, quando administrado em ratos, demonstrou atividade anti-hipertensiva (SILVA et al, 2011).

5.5. Jaracatiá



Figura 5. Jaracatiá (Foto: autoria própria)

O jaracatiá (*Jacaratia spinosa*) (Figura 5), pertence à família *Caricaceae*, e é popularmente conhecido como mamãozinho, mamoeiro-bravo, mamoeiro-do-mato e mamuí, podendo ser encontrado desde o sul da Bahia até o Rio Grande do Sul, passando por Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul (AGUIAR et al, 2012). O fruto tem aproximadamente 10 cm de comprimento por 4 a 6 cm de diâmetro, pesando de 8 a 30 g, com a casca fina, de cor amarelada ou alaranjada quando bem madura e contém muitas e pequeninas sementes de cor castanha (MUNIZ, 2008).

Culturas indígenas utilizam plantas para fins terapêuticos, sendo diferente as plantas utilizadas por diferentes culturas, o que é explicado devido aos diferentes biomas em que habitam (RODRIGUES, 2007). Na região de São Pedro do Iguaçu, no Paraná, os habitantes usam o fruto do jaracatiá, bem como o suco, como forma de tratar doenças gastrointestinais e infecciosas (BOLSON et a, 2015).

Rocha et al (2011) quantificaram os compostos fenólicos e taninos de diferentes frutas do cerrado extraídas com acetona, metanol e etanol, e foi constatado que a mama-cadela e o jaracatiá apresentaram altos valores de fenólicos totais quando extraídos com

acetona 70% e etanol 95%, respectivamente. Para a cagaita, só foi possível a extração e quantificação desses compostos com uso da acetona 70%. Em relação aos taninos condensados, os autores verificaram que a mama-cadela e o jaracatiá obtiveram melhores resultados com acetona 70%, enquanto para a cagaita o melhor solvente foi o metanol.

5.6.Tucumã



Figura 6. Tucumã (Foto: autoria própria)

A tucumã (*Astrocaryum huaimi*) (Figura 6) pertence à família *Arecaceae*, e popularmente também é conhecida como tucumã de Goiás ou tucumã do brejo, é uma palmeira com caules de até 10 m de altura e 5-20 cm de diâmetro, sendo encontrada nos estados de Goiás e Mato Grosso, e também na Bolívia e no Peru (LORENZI et al, 2010). É muito pouco estudada, quase não encontrando na literatura nenhum trabalho sobre esse fruto.

Por fim, muitos autores (ARRUDA et al, 2016, MALTA et al, 2013, ROCHA et al, 2013) têm demonstrado que a vasta diversidade de frutas encontradas no território brasileiro do Cerrado apresenta interessante riqueza nutricional, podendo ser melhor aproveitada diretamente pela população, e de forma indireta, pelas indústrias de alimentos ou farmacêutica. Nesse contexto, se justifica a necessidade de mais estudos para melhor conhecimento dos frutos desse bioma e suas propriedades.

Referências Bibliográficas

- AGARWAL, A. et al. Relationship between oxidative stress, varicocele and infertility: a meta-analysis. **Reproductive BioMedicine Online**, v. 12, p. 630–633, 2006.
- AGRA, M. F. et al. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p.114-140, 2007
- AGUIAR, L. F. et al. A Caracterização bioquímica da composição do cerne de Jaracatiá (*Jaracatia spinosa*). **Acta Iguazu**, v.1, p. 65-71, 2012
- ALBERNAZ, L. C. Investigation of plant extracts in traditional medicine of the Brazilian Cerrado against protozoans and yeasts. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 131, p.116–121, 2010.
- ALLES, M. S. et al. Bacterial fermentation of fructooligosaccharides and resistantstarch in patients with an ileal pouch anal anastomosis. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 66, p. 1286-1292, 1997.
- ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155–2159, 2011.
- ARRUDA, H. S.; ALMEIDA, M. E. F. 2015. **Frutos do Cerrado - Panorama, Resgate Cultural e Aproveitamento Culinario**. Novas Edicoes Academicas. 133f.
- ARRUDA, H. S.; PEREIRA, G. A.; PASTORE, G. M. Oligosaccharide profile in Brazilian Cerrado fruit araticum (*Annona crassiflora* Mart.). **LWT - Food Science and Technology**, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.017>
- ASFAW, A. Fruits and vegetables availability for human consumption in Latin American and Caribbean countries: Patterns and determinants. **Food Policy**, v. 33, p.444–454, 2008.
- AZMI, A. F. M. N. et al. Prebiotic Activity of Polysaccharides Extracted from *Gigantochloa Levis* (*Buluh beting*) Shoots. **Molecules**, v. 17, p. 1635-1651, 2012.
- BARBOSA, K. B. F. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, p. 629-643, 2010.
- BARREIROS, A. L. B. S. et al. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, p. 113-123, 2006.

BARSHOP, B. A. et al. Fructo-oligosaccharide tolerance in patients with hereditary fructose intolerance. A preliminary nonrandomized open challenge short-term study. **Nutrition Research**, v. 23, p. 1003-1011, 2003.

BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; ARÊAS, J. A. G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 53, p. 646-656, 2009.

BATTISTI, V. et al. Oxidative stress and antioxidant status in prostate cancer patients: Relation to Glease score, treatment and bone metastasis. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 65, p. 516 – 524, 2011.

BASU, A. et al. Low-energy cranberry juice decreases lipid oxidation and increases plasma antioxidant capacity in women with metabolic syndrome. **Nutrition Research**, v. 3, p. 190–196, 2011.

BATISTA FILHO, M.; RISSIN A. Nutritional transition in Brazil: geographic and temporal trends. **Caderno de Saúde Pública**, v. 19, p. 181-191, 2003.

BENKEBLIA, N.; LOPEZ, M. G. Saccharides and fructooligosaccharides composition of green and ripe *Averrhoa carambola*, *Blighia sapida* and *Spondias dulcis* fruits. **Food Chemistry**, v. 176, p. 314–318, 2015.

BEZERRA, J. C. B. et al. Molluscicidal activity against *Biomphalaria glabrata* of Brazilian Cerrado medicinal plants. **Fitoterapia**, v. 73, p. 428-430, 2002.

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

BLANCH, M. et al. Characterisation and functionality of fructo-oligosaccharides affecting water status of strawberry fruit (*Fragraria vesca* cv. Mara de Bois) during postharvest storage. **Food Chemistry**, v. 134, p. 912–919, 2012.

BLONSKI, W. et al. Non-viral causes of hepatocellular carcinoma. **World Journal of Gastroenterology**, v. 16, p. 3603-3615, 2010.

BOLSON, M. et al. Ethno-medicinal study of plants used for treatment of human ailments, with residents of the surrounding region of forest fragments of Paraná, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 161, p. 1-10, 2015

BONACORSI, C. et al. Comparison of Brazilian Plants Used to Treat Gastritis on the Oxidative Burst of Helicobacter pylori-Stimulated Neutrophil. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/851621>

BUB, A. et al. Fruit juice consumption modulates antioxidative status, immune status and DNA damage. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 14, p. 90–98, 2003.

BURIGO, T. et al. Efeito bifidogênico do frutooligossacarídeo na microiota intestinal de pacientes com neoplasia hematológica. **Revista de Nutrição**, v. 20, p 491-497, 2007.

CALLONI, C. et al. Jaboticaba (*Plinia trunciflora* (O. Berg) Kausel) fruit reduces oxidative stress in human fibroblasts cells (MRC-5). **Food Research International** , v. 70, p. 15–22, 2015.

CANDIDO, T. L. N; SILVA, M. R.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon biomes. **Food Chemistry**, v. 177, p. 313–319, 2015.

CARDOSO, L. M. et al. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, v. 44, p. 2151-2154, 2011.

CECILIO, A. B. et al. Screening of Brazilian medicinal plants for antiviral activity against rotavirus. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 141, p. 975-981, 2012

CHEN, H. L. et al. Effects of fructooligosaccharide on bowel function and indicators of nutritional status in constipated elderly man. **Nutrition Research**, v. 20, p. 1725-1733, 2000.

CLAVEL, T. et al. Isoflavones and Functional Foods Alter the Dominant Intestinal Microbiota in Postmenopausal Women. **The Journal of Nutrition**, v. 135, p. 2786-2792, 2005.

COLEMAN, M. P. et al. A prospective study of obesity, lipids, apolipoproteins and ischaemic heart disease in women. **Atherosclerosis**, v. 92, p.111-185, 1992.

CONTRERAS-CALDERÓN, J. et al. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v. 44, p. 2047–2053, 2011.

COSTA, T. R. et al. Antifungal activity of volatile constituents of *Eugenia dysenterica* leaf oil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 72, p. 111–117, 2000.

COCKRAM, D. B. et al. Safety and tolerance of medical nutritional products as a sole sources of nutrition in people on hemodialysis. **Journal of Renal Nutrition**, v. 8, p. 25-33, 1998.

COSTALOS, C. et al. The effect of a prebiotic supplemented formula on growth and stool microbiology of term infants. **Early Human Development**, v. 84,p. 45-49, 2008.

CUNHA, L. C. da et al. Acute toxicity of *Brosimum gaudichaudii* Trécul. root extract in mice: determination of both approximate and median lethal doses. **Revista brasileira de farmacognosia**, v. 18, n. 4, p. 532-538, 2008.

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

DEL RÉ, P.V.; JORGE, N. Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, p.389-399, 2012.

DENARDIN, C. C. et al. Antioxidant capacity and bioactive compounds of four Brazilian native fruits. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 23, p. 387- 398, 2015.

DENEV, P. et al. Biological activities of selected polyphenol-rich fruits related to immunity and gastrointestinal health. **Food Chemistry**, v. 157, p.37–44, 2014.

ENGERS, V. K.; BEHLING, C. S.; FRIZZO, M. N. A influência do estresse oxidativo no processo de envelhecimento celular. **Revista Contexto & Saúde**, v. 10, p. 93-102, 2011.

ESCUADERO-LÓPEZ, B. et al. Consumption of orange fermented beverage reduces cardiovascular risk factors in healthy mice. **Food and Chemical Toxicology**, v. 78, p. 78–85, 2015.

FINKELSTEIN, E. A. et al. Age-Specific Impact of Obesity on Prevalence and Costs of Diabetes and Dyslipidemia. **Value in Health**, v. 10, p. S45-S51, 2007

FORTES, R. C. Os frutooligossacarídeos, a inulina e suas implicações na indústria de alimentos. **Nutrição Brasil**, v.4, p.52-61, 2005.

FERREIRA, P. R. B. et al. Atividade antibacteriana de frações tânicas de folhas de *Anacardium humile*. **Ciência Rural**, v.42, p.1861-1864, 2012.

GAN, Y. et al. Consumption of fruit and vegetable and risk of coronary heart disease: A meta-analysis of prospective cohort studies. **International Journal of Cardiology**, v. 183, p.129–137, 2015.

GARCIA-ALONSO, J. Acute intake of phenolic-rich juice improves antioxidant status in healthy subjects **Nutrition Research**, v. 26, p. 330 – 339, 2006.

GIACONI, J. A. et al. The Association of Consumption of Fruits/Vegetables With Decreased Risk of Glaucoma Among Older African-American Women in the Study of Osteoporotic Fractures. **American Journal of Ophthalmology**, v.154, p.635-644, 2012.

GIBSON, G. R. et al. Selective stimulation of Bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. **Gastroenterology**, v. 108, p. 975-982, 1995.

GOEDERT, W. Região dos Cerrados: potencial agrícola e política para o seu desenvolvimento. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 24, p. 1- 17. 1989.

GOETZKE, B.; NITZKO, S.; SPILLER, A. Consumption of organic and functional food. A matter of well-being and health? **Appetite**, v. 77C, p. 94–103, 2014.

GUERITAT, J. et al. Exercise training combined with antioxidant supplementation prevents the antiproliferative activity of their single treatment in prostate cancer through inhibition of redox adaptation. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 77, p. 95–105, 2014.

GUPTA, Y. K.; SHARMA, S. S. Antiemetic activity of antioxidants against cisplatin-induced emesis in dogs. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v 1, p. 179-184, 1996.

HAARMAN, M.; KNOL, J. Quantitative Real-Time PCR Assays To Identify and Quantify Fecal Bifidobacterium Species in Infants Receiving a Prebiotic Infant Formula. **Applied and Environmental microbiology**, v. 71, p. 2318-2324, 2005.

HARRIS, T. S.; HAMSEY, M. Paternal modeling, household availability, and paternal intake as predictors of fruit, vegetable, and sweetened beverage consumption among African American children. **Appetite**, v. 85, p.171–177, 2015.

HESS, J. R. et al. Effects of short-chain fructooligosaccharides on satiety responses in healthy men and women. **Appetite**, v. 56 , p. 128-134, 2011.

HOU, F. et al. Hepatoprotective and antioxidant activity of anthocyanins in black rice bran on carbon tetrachloride-induced liver injury in mice. **Journal of Functional Foods**, v. 5, p.1705 – 1713, 2013.

KARDUM, N. et al. Effects of polyphenol-rich chokeberry juice on cellular antioxidant enzymes and membrane lipid status in healthy women. **Journal of Functional Foods**, v. 9, p. 89–97, 2014.

KONGKACHUICHAJ, R. et al. Nutrients value and antioxidant content of indigenous vegetables from Southern Thailand. **Food Chemistry**, v 173, p. 838–846, 2015.

KOSMALA, M. et al. The effects of strawberry, black currant, and chokeberry extracts in a grain dietary fiber matrix on intestinal fermentation in rats. **Food Research International**, v. 64, p. 752–761, 2014.

KREMER-SADLIK, T. et al. Eating fruits and vegetables. An ethnographic study of American and French family dinners. **Appetite**, v. 89, p.84–92, 2015.

KUSKOSKI, E. M. et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v.36, p. 1283-1287, 2006.

LEE, H. S. et al. Dietary Intake of Phytonutrients in Relation to Fruit and Vegetable Consumption in Korea. **Journal of The Academy of Nutrition And Dietetics**, v, 113, p.1194-1199, 2013.

L'HOMME, C. et al. Effect of food-processing on the degradation of fructooligosaccharides in fruit. **Food Chemistry**, v. 82, p.533–537, 2003.

LIMA, T. B. et al. Identification of *E. dysenterica* laxative peptide: A novel strategy in the treatment of chronic constipation and irritable bowel syndrome. **Peptides**, v. 31, p. 1426-1433, 2010.

LIMA, V. L. A. G. et al. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, v.59, p.447-450, 2002.

LIU, H.; CAO, J.; JIANG, W. Evaluation and comparison of vitamin C, phenolic compounds, antioxidant properties and metal chelating activity of pulp and peel from selected peach cultivars. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, p. 1042-1048, 2015.

LOPES, A . S. Soils under Cerrado: A Success Story in Soil Management. **Better Crops International**, v. 10, p. 9 -15, 1996.

LOPES, S. M. S. et al. Chemical characterization and prebiotic activity of fructooligosaccharides from *Stevia rebaudiana* (Bertoni) roots and in vitro adventitious root cultures. **Carbohydrate Polymers**, v. 152, p. 718–725, 2016.

LORENZI, H. et al. **Flora Brasileira: Arecaceae (Palmeiras)**. 2010. Editora Plantarum. 384f.

LUIZ-FERREIRA, A. et al. Should *Anacardium humile* St. Hil be used as an antiulcer agent? A scientific approach to the traditional knowledge. **Fitoterapia**, v.79, p.207-209, 2008.

LUIZ-FERREIRA, A. et al. Mechanisms of the Gastric Antiulcerogenic Activity of *Anacardium humile* St. Hil on Ethanol-Induced Acute Gastric Mucosal Injury in Rats. **Molecules**, v. 15, p. 7153-7166, 2010.

MACHADO, M. T. C. et al. Prebiotic oligosaccharides from artichoke industrial waste: evaluation of different extraction methods. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p.141 – 148, 2015.

MAJID, H. A. et al. Faecal microbiota and short-chain fatty acids in patients receiving enteral nutrition with standard or fructo-oligosaccharides and fibre-enriched formulas. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v. 24, p.260-268, 2011.

MALAGUARNERA, M. et al. Bifidobacterium longum with Fructo-Oligosaccharide (FOS) Treatment in Minimal Hepatic Encephalopathy: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. **Digestive Disease and Science**, v. 52, p. 3259-3265, 2007.

MALTA, L. G. et al. Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 53, p.417–425, 2013.

MARTINOTTO, C. et al. **Cagaiteira (*Eugenia Dysenterica* DC)**. Universidade Federal de Lavras. Boletim Técnico - n.º 78 - p. 1-21 – 2008.

McKAY, D. L. et al. Flavonoids and phenolic acids from cranberry juice are bioavailable and bioactive in healthy older adults. **Food Chemistry**, v. 168, p. 233–240, 2015.

MENDES, K. L.; CATÃO, L. P. Avaliação do consumo de frutas, legumes e verduras por adolescentes de Formiga – MG e sua relação com fatores socioeconômicos. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, p. 291-296, 2010.

MERTZ, C. et al. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, p. 381–387, 2009.

MESQUITA, M. L. et al. In vitro antiplasmodial activity of Brazilian Cerrado plants used as traditional remedies. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 110, p. 165–170, 2007.

MONTEIRO, V. F. F. et al. Prenylated Coumarins, Chalcone and New Cinnamic Acid and Dihydrocinnamic Acid Derivatives from *Brosimum gaudichaudii*. Journal of the **Brazilian Chemical Society**, v. 13, n. 2, p. 281-287, 2002.

MORAES, T. M. et al. Hancornia speciosa: Indications of gastroprotective, healing and anti-Helicobacter pylori actions. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 120, p. 161–168, 2008.

MORAIS, M. L. et al. Determinação do potencial antioxidante in vitro de frutos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 355-360, 2013.

MOREIRA, C. C. et al. Perceived Purchase of Healthy Foods Is Associated With Regular Consumption of Fruits and Vegetables. **Journal of Nutrition Education and Behavior**, 2015. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1499404614007982>

MORENO-MONTORO, M. Phenolic compounds and antioxidant activity of Spanish commercial grape juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v 38, p.19–26, 2015.

MORZELLE, M. C. et al. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabioba e murici provenientes do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, p. 96-103, 2015.

MUNIZ, H. J. T. **Colecionando Frutas**. 2008. Editora Arte & Ciência. 352f.

NAKAMURA, S. et al. Prebiotic effect of a daily fructooligosaccharide intake on weight gain and reduction of acute diarrhea among children in a Bangladesh Urban Slum: a randomized double-masked placebo-controlled study. **Tropical Medicine and Health**, v. 34, p. – S-51, 2006.

NERY, P.S. et al. Effects of *Anacardium humile* leaf extracts on the development of gastrointestinal nematode larvae of sheep. **Veterinary Parasitology**, v. 171, p.361-364, 2010.

NUNZIO, C. D. et al. Abdominal obesity as risk factor for prostate cancer diagnosis and high grade disease: A prospective multicenter Italian cohort study. **Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations**, v. 31, p. 997–1002, 2013

OLIVEIRA, M. E. S. et al. Fruit wine produced from cagaita (*Eugenia dysenterica DC*) by both free and immobilised yeast cell fermentation. **Food Research International**, v. 44, p. 2391-2400, 2011

ONG, J. P. et al. Correlation between Ammonia Levels and the Severity of Hepatic Encephalopathy. **The American Journal of Medicine**, v. 114, p. 188-193, 2003.

OZCAN, T. et al. Phenolics in Human Health. **International Journal of Chemical Engineering and Applications**, v. 5, p. 393-396, 2014.

PASSOS, C. J. et al. Eating tropical fruit reduces mercury exposure from fish consumption in the Brazilian Amazon. **Environmental Research**, v. 93, p.123–130, 2003.

PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Frutooligosacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, v.33, p385-390, 2003.

PEREIRA, A. C. et al. *Hancornia speciosa Gomes (Apocynaceae)* as a potential anti-diabetic drug. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 161, p. 30-35, 2015.

PEREIRA, A. C. S. et al. Effect of antioxidant potential of tropical fruit juices on antioxidant enzyme profiles and lipid peroxidation in rats. **Food Chemistry**, v. 157, p.179–185, 2014.

PEREIRA, E. M. R. et al. In vitro Antimicrobial Activity of Brazilian Medicinal Plant Extracts against Pathogenic Microorganisms of Interest to Dentistry. **Planta Medica**, v.77, p.401-404, 2011.

PERIKKOU, A. et al. A Novel Approach for Increasing Fruit Consumption in Children. **Journal of The Academy of Nutrition and Dietetics**, v.113, p. 1188-1193, 2013.

PIMENTEL, G. **Fruticultura brasileira**. 13 ed. São Paulo: Nobel, 1972. 446f.

PISTORI, M.G.B. et al. Effect of *Anacardium humile* St. Hill (*Anacardiaceae*) Aqueous Extract on *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (*Hemiptera: Cercopidae*). **Acta Scientiarum**, v.35, p. 413-417, 2013.

PORTO, K. R. A. Atividade larvicida do óleo de *Anacardium humile* Saint Hill sobre *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (*Diptera, Culicidae*). **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.41, p. 586-589, 2008.

POULOSE, S. M. Protective effects of blueberry- and strawberry diets on neuronal stress following exposure to ⁵⁶Fe particles. **Brain Research**, v. 1593, p. 9–18, 2014.

POWER, C. et al. Measurement and long-term health risks of child and adolescent fatness. **International Journal of obesity and related metabolic disorders**, v. 21, p. 507-526, 1997.

QIANG, X.; YONGLIE, C.; QIANBING, W. Health benefit application of functional oligosaccharides. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, p. 435–441, 2009.

RAMALHO, V.C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, p. 755-760, 2006

REISS, R. et al. Estimation of cancer risks and benefits associated with a potential increased consumption of fruits and vegetables. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 4421–4427, 2012.

ROBERFROID, M. B. Chicory Fructooligosaccharides and the Gastrointestinal Tract. **Nutrition**, v. 16, p. 677-679, 2000.

ROCHA, M. S. et al. Caracterização físico-química e atividade antioxidante (in vitro) de frutos do cerrado Piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, p.933 – 941, 2013.

ROCHA, W. S. et al. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 1215-1221, 2011.

RODRIGUES, E. Plants of restricted use indicated by three cultures in Brazil (Caboclo-river dweller, Indian and Quilombola). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 111, p. 295–302, 2007.

ROESLER, R. et al. Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterisation of components by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 110, p. 711–717, 2008.

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

RUEL, G. et al. Association between nutrition and the evolution of multimorbidity: The importance of fruits and vegetables and whole grain products. **Clinical Nutrition**, v. 33, p. 513-520, 2014.

SCHEID, M. M. A. et al. Freeze-dried powdered yacon: effects of FOS on serum glucose, lipids and intestinal transit in the elderly. **European Journal of Nutrition**, v. 53, p 1457–1464, 2014.

SHAWCROSS, D. L. et al. Ammonia and the Neutrophil in the Pathogenesis of Hepatic Encephalopathy in Cirrhosis. **Hepatology**, v. 51, p. 1062-1069, 2010.

SHIGIHARA, M. Consumption of fruits, vegetables, and seaweeds (sea vegetables) and pancreatic cancer risk: The Ohsaki Cohort Study. **Cancer Epidemiology**, v. 38, p. 129–136, 2014.

SIEGEL, E. M. et al. Dietary consumption of antioxidant nutrients and risk of incident cervical intraepithelial neoplasia. **Gynecologic Oncology**, v. 118, p. 289–294, 2010.

SILVA, A. M. L. et al. Avaliação do teor de ácido ascórbico em frutos do cerrado durante o amadurecimento e congelamento. **Estudos**, v. 36, p.1159-1169, 2009.

SILVA, G. C. et al. *Hancornia speciosa* Gomes induces hypotensive effect through inhibition of ACE and increase on NO. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 137, p. 709–713, 2011.

SILVA, L. M. R. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p.398–404, 2014.

SILVA, R. S. M. et al. Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia dysenterica* dc.) no sudeste do estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, p. 330 - 334, 2001.

SILVEIRA, E. A. et al. Baixo consumo de frutas, verduras e legumes: fatores associados em idosos em capital no Centro-Oeste do Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 20, p. 3689 – 3699, 2015.

SIMAKACHORN, N. et al. Tolerance, Safety, and Effect on the Faecal Microbiota of an Enteral Formula Supplemented With Pre- and Probiotics in Critically Ill Children. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**, vol 53, p. 174-181, 2011.

SOUSA, A. G. O. et al. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**, v. 44, p. 2319–2325, 2011.

SOUZA, V. R. et al. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, p. 381–386, 2012.

TEOW, C. et al. Antioxidant activities, phenolic and B-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry**, v. 103, p. 829-838. 2007.

TOALDO, I. M. et al. Bioactive potential of *Vitis labrusca* L. grape juices from the Southern Region of Brazil: Phenolic and elemental composition and effect on lipid peroxidation in healthy subjects. **Food Chemistry**, v. 173, p. 527–535, 2015.

TRIPATHI, U. N.; CHANDRA, D. Anti-hyperglycemic and anti-oxidative effect of aqueous extract of *Momordica charantia* pulp and *Trigonella foenum graecum* seed in alloxan-induced diabetic rats. **Indian Journal of Biochemistry & Biophysics**, v. 47, p. 227 – 233, 2010.

URZÊDA, M. A. et al. Evaluation of the Hypoglycemic Properties of *Anacardium humile* Aqueous Extract. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2013

VALMORBIDA, J. L.; VITOLO, M. R. Factors associated with low consumption of fruits and vegetables by preschoolers of low socio-economic level. **Jornal de Pediatria**, v. 90, p. 464-471, 2014.

VARANDA, E. A. et al. Genotoxicity of *Brosimum gaudichaudii* measured by the Salmonella/ microsome assay and chromosomal aberrations in CHO cells. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 81, p. 257-264, 2002.

VEEREMAN-WAUTERS, G. et al. Physiological and Bifidogenic Effects of Prebiotic Supplements in Infant Formulae. **Journal of Pediatric and Gastroenterology Nutrition**, v 52, p. 763-771, 2011.

VEGA, R.; ZUNIGA-HANSEN, M. E. The effect of processing conditions on the stability of fructooligosaccharides in acidic food products. **Food Chemistry**, v. 173, p. 784–789, 2015.

VIEIRA, I. J. C. et al. A New Coumarin from *Brosimum Gaudichaudii* Trecul. **Natural Product Letters**, v 13, p. 47-52, 1999

VILA VERDE, G. M. et al. Levantamento etnobotânico das plantas medicinais do cerrado utilizadas pela população de Mossâmedes (GO). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.13, p. 64-66, 2003

VILEGAS, W. POZETTI, G. L. Coumarins from *Brosimum gaudichaudii*, **Journal of Natural Products**, v. 36, No. 3, p. 416-417, 1993

WANG, Y. et al. Trends of obesity and underweight in older children and adolescents in the United States, Brazil, China, and Russia. **American Society for Clinical Nutrition**, v. 75, p. 971-977, 2002.

WANSINK, B.; WESTGREN, R. E.; CHENEY, M. M. Hierarchy of nutritional knowledge that relates to the consumption of a functional food. **Nutrition**, v. 21, p. 264 –268, 2005.

WEINBRENNER, T. et al. High oxidative stress in patients with stable coronary heart disease. **Atherosclerosis**, v. 168, p. 99 – 106, 2003.

WU, K. G. et al. *Lactobacillus salivarius* plus fructo-oligosaccharide is superior to fructo-oligosaccharide alone for treating children with moderate to severe atopic dermatitis: a double-blind, randomized, clinical trial of efficacy and safety. **British Journal of Dermatology**, v. 166, p. 129-136, 2012.

WU, Y. et al. Fruit and vegetable consumption and risk of type 2 diabetes mellitus: A dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, v. 25, p 140-147, 2015.

XU, B.; CHANG, S. K. C. Comparative study on antiproliferation properties and cellular antioxidant activities of commonly consumed food legumes against nine human cancer cell lines. **Food Chemistry**, v. 134, p.1287–1296, 2012.

YEON, J. H. et al. Evaluation of dietary factors in relation to the biomarkers of oxidative stress and inflammation in breast cancer risk. **Nutrition**, v. 27, p. 912 – 918, 2011.

ZAREBA, P. et al. Semen quality in relation to antioxidant intake in a healthy male population. **Fertility and Sterility**, v 100, No. 6, p.1572-1579, 2013.

ZHENG, S. et al. Nutritional support of pediatric patients with cancer consuming an enteral formula with fructooligosaccharides. **Nutrition Research**, vol 26, p. 154-162, 2006.

Capítulo 2

Determinação e Quantificação de Oligossacarídeos em Frutos do Cerrado com a utilização de dois solventes extratores

Autores: Ana Stela Rossato

Glaucia Maria Pastore

Artigo em preparação a ser submetido ao periódico Food Research International ou outro.

Resumo

O objetivo desse trabalho foi verificar a presença de alguns tipos de oligossacarídeos em frutos da região brasileira do Cerrado. Os frutos analisados foram: cagaita, cajuzinho-do-cerrado, jaracatiá, mama-cadela e tucumã. Cada fruto foi separado em duas frações, liofilizados e a partir de cada uma de suas frações liofilizadas foram preparados dois extratos, utilizando como solvente extrator a água e o etanol 70%. As análises de identificação e quantificação dos oligossacarídeos foram realizadas por Cromatografia de Troca Aniônica de Alta Eficiência acoplada ao Detector Amperométrico Pulsado (CTAAE-PAD). Os resultados obtidos apontam que, para a maioria das amostras, o etanol 70% foi mais eficiente do que a água para a extração dos oligossacarídeos. Também foram evidenciados um baixo teor e um perfil de oligossacarídeos bastante distinto entre os diferentes frutos analisados. Este trabalho demonstra a importância da escolha do solvente para a melhor extração dos oligossacarídeos e aponta para a necessidade de mais estudos para verificar a possibilidade de melhores resultados por meio de outras metodologias.

Palavras-chaves: oligossacarídeos, frutos do Cerrado, solvente, cromatografia de Troca Aniônica de Alta Eficiência acoplada ao Detector Amperométrico Pulsado

1. Introdução

Alimentos funcionais são alimentos que fornecem não apenas nutrição, mas também acarretam benefícios fisiológicos ao consumidor (JONES, 2002), e apesar do número de estudos em relação a esses alimentos e também aos componentes responsáveis por essa atividade benéfica ter aumentado nos últimos anos, ainda faltam pesquisas em relação aos mecanismos de ação que culturas probióticas desempenham no organismo, assim como o veículo e a concentração apropriada para sua utilização (OLIVEIRA et al, 2002). Os alimentos funcionais, da mesma forma que os nutracêuticos, que são substâncias de valor nutricional capazes de gerar benefício farmacológico, desde que tenham sua segurança e eficácia clinicamente comprovadas (SANTINI et al, 2017), são importantes para a promoção do aumento da expectativa de vida da população, uma vez que estão associados com a redução dos riscos de desenvolver diversas enfermidades crônicas (MORAES e COLLA, 2006)

Nenhum alimento específico (ou grupo de alimentos isoladamente) é capaz de fornecer todos os nutrientes requeridos para um bom estado nutricional para o organismo humano, portanto é aconselhável o consumo variado de alimentos e a substituição de alimentos com baixo valor nutricional por alimentos com maior propriedade nutricional (STRINGHETA et al, 2007).

Os carboidratos dietéticos pertencem a um grupo que engloba substâncias com propriedades químicas, físicas e fisiológicas diferentes e, dessa forma, podem ser responsáveis por diversos efeitos no corpo humano, como: fornecimento de energia, saciedade, alteração da glicose sanguínea e insulina, fermentação, equilíbrio da flora intestinal, entre outras funções (CUMMINGS e STEPHEN, 2007).

Oligossacarídeos não digeríveis são carboidratos, que podem ser extraídos de plantas (BADEL et al, 2011), com funções de interesse para a saúde humana devido aos seus efeitos fisiológicos e nutricionais (SAKO et al, 1999). Os oligossacarídeos denominados 1-cestose (GF2), nistose (GF3) e 1-frutofuranosil-nistose (GF4) pertencem

ao grupo de moléculas classificadas como frutooligossacarídeos (YUN e SONG, 1999), que são substâncias alimentícias denominados prebióticos, possuem baixo valor calórico e podem estar presentes em alimentos funcionais, exercendo efeito bifidogênicos no equilíbrio da microbiota intestinal (FORTES e MUNIZ, 2009). Na literatura, o termo frutooligossacarídeo (FOS) se refere, em geral, a moléculas sintetizadas a partir da sacarose, com máximo grau de polimerização sendo menor que dez, com ligações beta 2—1 entre unidades moleculares (CARABIN e FLAMM, 1999) e o efeito mais notável dessas biomoléculas consiste no mecanismo de propiciar o crescimento de bifidobactérias e inibir outras espécies bacterianas presentes no colón intestinal (BORNET et al, 2002).

De acordo com Gibson e Roberfroid (1995), os frutooligossacarídeos são componentes de alimentos prebióticos, que são ingredientes alimentícios não digeríveis e que, ao estimular o crescimento e/ou atividade de certas bactérias no colón intestinal, resultam em benefícios para a saúde humana. Além disso, os autores enumeram quatro critérios para a classificação de alimentos como prebióticos: não ser hidrolisado ou absorvido na parte superior do trato gastrointestinal, ser um substrato seletivo para um número limitado de bactérias da microbiota do colón, alterar a microbiota do colón de forma benéfica para a saúde e acarretar efeitos positivos à saúde do consumidor.

Pesquisas têm evidenciado os benefícios dos oligossacarídeos para a saúde e qualidade de vida do ser humano. A ingestão de 1,7 g diárias do prebiótico galactooligossacarídeo foi capaz de atenuar os sintomas da constipação intestinal de crianças e adolescentes (BELELI et al, 2015). Um estudo conduzido com animais de laboratório com indução medicamentosa de diabetes demonstrou que frutooligossacarídeos consumidos durante um período de seis semanas foram eficientes em diminuir a taxa de mortalidade em comparação com o grupo controle com diabetes, além de abaixar os níveis de proteinúria (MABEL et al, 2008). Os autores não observaram agravamento da hiperglicemia e da glicosúria, sugerindo direcionamento para mais pesquisas que comprovem se o uso dessa substância como adoçante traria benefícios aos pacientes acometidos de diabetes. Dionísio et al (2015) verificaram que uma bebida à base de yacon e caju, com quantidade relevante de frutooligossacarídeos e compostos

fenólicos, foi eficiente em reduzir o nível de glicose em ratos Wistar com indução de diabetes, evidenciando a necessidade de mais estudos para melhor compreensão do efeito desse alimento em portadores de diabetes e também para o conhecimento da aceitação sensorial do produto. Scheid et al (2014) relataram que a ingestão de uma dose diária de 7,4 g de frutooligossacarídeo presentes no yacon liofilizado por um período de nove semanas ocasionou a diminuição da glicose sérica em pessoas idosas e não foi acompanhada de efeito colaterais

Os alimentos probióticos, assim como os prebióticos e simbióticos, têm seu consumo justificado pelo fato de atuarem de forma benéfica à saúde humana (GIBSON e ROBERFROID, 1995). Assim, diversos estudos têm demonstrado a aceitação de alimentos probióticos e prebióticos perante o consumidor, como o leite fermentado probiótico concentrado de maçã com adição de inulina (MAESTRI et al, 2014), néctar de papaya com adição de oligofrutose e inulina (BRAGA e CONTI-SILVA, 2015), néctar de acerola com adição de inulina e probióticos microencapsulados (ANTUNES et al, 2013), chocolate com adição de frutooligossacarídeos (FOLLY et al, 2013), sobremesas cremosas de chocolate ao leite (VALENCIA et al, 2016), etc. Vários alimentos funcionais já estão disponíveis nos mercados brasileiros, tais como os iogurtes com prebióticos (para auxiliar o melhor o funcionamento intestinal), leites enriquecidos com ferro (prevenção e tratamento de anemia), alimentos adicionados de ômega-3 (controle do colesterol) e também bebidas com adição de frutooligossacarídeos, que além de agir na regulação do intestino, também alegam a vantagem de prevenção do câncer de mama e de cólon e atuação na redução dos riscos de doenças cardiovasculares (RAUD, 2008).

Alguns estudos identificaram a presença de frutooligossacarídeos em frutos tropicais, como na carambola (*Averrhoa carambola*), akee (*Blighia sapida*), cajá manga (*Spondias dulcis*) coletadas na Jamaica (BENKEBLIA e LOPEZ, 2015), em frutos coletados na Macedônia, como nectarina, melância, blueberry, framboesa e pêra (JOVANOVIC-MALINOVSKA et al, 2014), frutas coletadas na Austrália, como melância e framboesa (MUIR et al, 2009) e frutos coletados no Cerrado brasileiro, como o araticum (ARRUDA et al, 2016). Além das frutas, foi também verificado a presença de frutooligossacarídeos em diversos vegetais, tais como alcachofra (MACHADO et al,

2015), brócolis, alho, alface (MUIR et al, 2009) e em plantas aquáticas (PRAZNIK e SPIES, 1993), e também em alimentos para cachorros (HUSSEIN et al, 1998).

Alguns autores já haviam relatado que a população brasileira possui pouca informação em relação aos alimentos funcionais, Zapparoli et al (2013) observaram baixo consumo e conhecimento a respeito de alimentos funcionais por pessoas diabéticas, e acreditam que isso ocorre devido à pouca exploração desse tema no Brasil, além da escassez de ensaios clínicos, que resulta em entraves para capacitar profissionais de saúde e divulgar esses alimentos e seus benefícios à população. Além disso, diversos alimentos vegetais brasileiros são consumidos tradicionalmente desde o século 19 com alegação de promoção da melhora da saúde humana, entretanto, diversos desses vegetais nunca foram estudados para comprovação e identificação de seus efeitos no corpo humano (OLIVEIRA et al, 2012).

O cerrado é segundo maior bioma brasileiro e possui grande biodiversidade, sendo estimado que suas espécies abrangem 30% da totalidade brasileira, no entanto, o conhecimento sobre a flora e a fauna regional ainda é escasso (ARRUDA e ALMEIDA, 2015).

Diante desse contexto de valorização e incentivo ao consumo de alimentos saudáveis, torna-se bastante importante o estudo de frutos da região do Cerrado brasileiro, para identificação e conhecimento de suas substâncias, que nesse trabalho são os oligossacarídeos, e valorização dos alimentos dessa região do Brasil.

2. Material e Métodos

2.1. Soluções e reagentes químicos

A solução de hidróxido de sódio 50 % e o acetato de sódio, ambos de grau cromatográfico, foram fornecidos pela Merck (Frankfurt, Alemanha). Para o preparo de todas as soluções foi utilizada água ultrapura, obtida pelo sistema de purificação Milli-Q (Millipore, Bedford, modelo CT Q3UV, MA, EUA). Os padrões de grau cromatográfico de frutooligossacarídeos (FOS: 1-cestose - GF2; nistose - GF3 e 1F- β -frutofuranosilnístose - GF4) e malto-oligossacarídeos (MOS: maltotriose - G3; maltotetraose - G4; maltopentaose - G5; malto-hexaose - G6 e maltoheptaose - G7) foram fornecidos pela Sigma-Aldrich (St. Louis, EUA). O armazenamento de todos os reagentes obedeceu às especificações de cada fabricante.

2.2. Matéria-prima

Os frutos utilizados neste trabalho foram: tucumã (*Astrocaryum huaimi*), cagaita (*Eugenia dysenterica*), cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile*), jaracatiá (*Jacaratia spinosa*) e mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*). Foram coletados na região do cerrado brasileiro, entornos de Serra Dourada-GO e foram transportados até o Laboratório de Bioaromas e Compostos Bioativos - FEA - UNICAMP- Campinas em caixas apropriadas e imediatamente processados.

2.2.1. Processamento das frutas

Após a chegada das frutas, elas foram selecionadas, de forma a descartar as que apresentavam alguma anormalidade visível a olho nu, e a seguir foram lavadas em água corrente, e processadas da seguinte forma:

- a mama-cadela foi separada em duas frações, uma parte contendo a polpa e a casca da fruta (Fração denominada Polpa), e a segunda fração contendo apenas a semente (Fração denominada Semente)
- a cagaita foi separada como a mama-cadela, a casca e a polpa constituíram uma fração (Fração denominada Polpa) e a semente constituiu a outra fração (Fração denominada Semente)
- o jaracatiá também foi separado igualmente à mama-cadela e a cagaita, uma fração incluiu a casca e a polpa (Fração denominada Casca) e a outra fração incluiu as sementes (Fração denominada Semente)
- o cajuzinho-do-cerrado, também dividido em duas partes, a casca e a polpa juntamente em um mesmo bloco (Fração denominada Polpa), e no outro, a castanha (Fração denominada Castanha)
- e a tucumã foi descascada, sendo que a casca constituiu uma fração (Fração denominada Casca), e a semente formou outra fração (Fração denominada Semente) . A polpa não foi avaliada.

Cada fração foi transferida para um liquidificador ou triturador de alimentos e foi processada até a formação de uma massa homogênea. A seguir, foram acondicionadas em placas de petri, embaladas, congeladas e posteriormente liofilizadas (LIOTOP, modelo L101, São Carlos, Brasil). O pó resultante da liofilização de cada uma das amostras foi embalado, identificado e armazenado em congelador a -18°C até o momento de uso.

2.2.2. Procedimento de extração

A metodologia de extração para a análise de oligossacarídeos foi baseada nos descritos por L'homme et al (2001).

Para a extração cada amostra de fruta foi pesada em um balão volumétrico e, em triplicata foram realizados dois procedimentos de extração para cada fração de fruta: uma extração etanólica, com adição de etanol 70% até completar a proporção 1:10 e

uma extração aquosa, com adição de água milliQ na proporção 1:10. Posteriormente, o conteúdo foi transferido para Erlenmeyers, seguidos de agitação e repouso, e então os Erlenmeyers foram incubados por 2 horas em banho sob agitação (New Brunswick Scientific Classic Series, modelo C76, NJ, EUA) a 80 ° C e 120 rpm. Após esse período, os frascos foram resfriados em temperatura ambiente e transferidos para tubos apropriados para centrífuga (Hettich Zentrifugen, modelo Rotanta 460R, Tuttlingen, Alemanha), onde foram centrifugados a 5°C durante 10 minutos a 10000 rpm. A próxima etapa consistiu da filtração a vácuo do sobrenadante, e o filtrado seguiu para o rotavapor, com pressão ajustada de acordo com o solvente utilizado (água ou etanol) e temperatura mantida a 38°C. Ao fim, as amostras foram armazenadas em microtubos, identificadas e conservadas em freezer a – 18 ° C até o momento de uso.

2.3. Análises

2.3.1. Determinação de Oligossacarídeos

As análises foram realizadas utilizando o sistema Dionex ICS-5000, consistindo de uma bomba Single Grad Degas, um autoamostrador, um detector eletroquímico (ED) com eletrodo de trabalho de ouro e eletrodo de referência Ag/AgCl.

A identificação e quantificação dos açúcares presentes nos extratos foi realizada através da Cromatografia de Troca Aniônica de Alta Eficiência acoplada ao Detector Amperométrico Pulsado (CTAAE-DAP) de acordo com a metodologia previamente estabelecida por Sancho et al (2016) e L'homme et al (2001), com modificações. Os picos cromatográficos foram identificados por comparação com o tempo de retenção das misturas dos padrões dos oligossacarídeos.

A pré-coluna e a coluna cromatográfica utilizada para esta análise foram a CarboPAC PA-100 e as condições da corrida cromatográfica foram:

- 97% de NaOH 0,1M e 3% de Acetato de sódio 0,5 M em NaOH 0,1M durante 2 minutos, seguida por;

- Diminuição gradativa de 97% a 60% de NaOH 0,1M e aumento gradativo do Acetato de sódio 0,5 M em NaOH 0,1M de 3 a 40% durante 16 minutos,

Ao final de cada corrida seguiu-se a fase de limpeza com 100% da solução de Acetato de sódio 0,5 M em NaOH 0,1M durante 5 minutos e restituição da fase inicial (97% de NaOH 0,1M e 3% de Acetato de sódio 0,5 M em NaOH 0,1M) por 5 minutos.

Todo o processo da análise cromatográfica foi controlado e monitorado pelo Software de Automação Cromatográfica Chromeleon versão 7.0 (Dionex, CHM-1, EUA).

2.3.2. Preparo das amostras e dos padrões

Os extratos das frutas liofilizadas foram diluídos em água deionizada (Milli-Q) e filtrados em filtros de porosidade 0,22 μm . O volume de injeção de cada amostra foi de 25 μL , e o fluxo da fase móvel foi de 1,0 mL por minuto, com temperatura da coluna constante a 30 °C.

2.4. Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA), utilizando o teste Tukey, com $p \leq 0,05$ com auxílio do Software ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2009). Os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão da triplicata.

3.Resultados e Discussão

Dentro da classe de moléculas bioativas denominada oligossacarídeos, se encontram os frutooligossacarídeos (FOS), que são importantes devido a suas propriedades funcionais, principalmente com relação ao efeito prebiótico que promovem no corpo humano, mas também são distinguidos e destacados pelo baixo valor calórico (PASSOS e PARK, 2003).

Diversos estudos têm apontado as vantagens da ingestão de frutooligossacarídeos para a saúde humana e, dessa forma, é presenciado um aumento do interesse científico em descobrir novas fontes de frutooligossacarídeos, que têm sido quantificados em culturas tropicais, muitas vezes desconhecidas ou consumidas apenas pela população local (BENKEBLIA e LOPEZ, 2015). Os benefícios que os frutooligossacarídeos fornecem à saúde são decorrentes de serem moléculas não digeríveis pelo corpo humano e atuarem como substratos de apenas um certo grupo de bactérias (HIRAYAMA et al, 1993).

Entretanto, a identificação e a quantificação de oligossacarídeos em frutas e vegetais é uma via desafiadora da análise de alimentos, uma vez que os substratos são matrizes complexas, compostos de carboidratos com comprimento de cadeia bastante variável (JOVANOVIC-MALINOVSKA et al, 2014). Nesse contexto, diversos estudos têm demonstrado a viabilidade e eficiência da detecção e determinação de oligossacarídeos, como os frutooligossacarídeos (FOS), por meio da cromatografia de troca aniônica de alta eficiência acoplada ao detector amperométrico pulsado (CTAAE-PAD) (ARRUDA et al 2016, L`HOMME et al, 2001, L`HOMME et al, 2003, PICO et al, 2015), metodologia utilizada no presente estudo e cujos resultados estão descritos na Tabela 1.

De acordo com a Tabela 1, podemos observar a diferente distribuição de oligossacarídeos entre as amostras de extratos de frutas analisadas.

Tabela 1. Quantificação de oligossacarídeos separados via CTAAE-PAD de amostras de frutos do cerrado (mg. g⁻¹ de fruto liofilizado)

Amostra	Solvente	Oligossacarídeos						
		GF2	GF3	G3	G4	G5	G6	G7
Cagaita Casca e Polpa	Etanol	n.d.	n.d.	0,061±0,002	0,21±0,01	0,050±0,003	n.d.	n.d.
	Água	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cagaita Semente	Etanol	n.d.	n.d.	0,0436±0,003 ^a	0,0756±0,006 ^a	0,021±0,002*	n.d.	n.d.
	Água	n.d.	n.d.	0,0345±0,0007 ^b	0,03165±0,0041 ^b	0,016±0,008*	n.d.	n.d.
Cajuzinho Casca e Polpa	Etanol	n.d.	0,116±0,0095 ^a	0,189 ± 0,008 ^a	n.d.	0,059 ± 0,002	n.d.	n.d.
	Água	n.d.	0,022±0,003 ^b	0,104 ± 0,014 ^b	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cajuzinho Semente	Etanol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Água	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Jaracatia Casca e Polpa	Etanol	0,432± 0,033 ^a	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Água	0,212 ± 0,011 ^b	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Jaracatia Semente	Etanol	0,237 ± 0,023 ^a	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Água	0,045± 0,0016 ^b	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Mama-cadela Casca e Polpa	Etanol	n.d.	n.d.	0,258 ± 0,016 ^b	0,087 ± 0,0014 ^b	0,036±0,0009 ^b	0,034 ± 0,001 ^b	n.d.
	Água	n.d.	n.d.	0,638 ± 0,008 ^a	0,531 ± 0,009 ^a	0,308 ± 0,015 ^a	1,088± 0,074 ^a	0,825 ±0,069
Mama-cadela Semente	Etanol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Água	n.d.	n.d.	0,114 ± 0,009	0,045 ± 0,0055	n.d.	0,018± 0,0016	0,031 ±0,0024
Tucumã Casca	Etanol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Água	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tucumã Semente	Etanol	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Água	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Letras diferentes indica variação significativa entre os extratos de uma mesma fração do fruto pelo teste Tukey ($p \leq 0.05$). N.d. não detectado ou detectado em traços.

*não foi possível fazer a análise estatística porque o quadrado dos resíduos é numericamente muito próximo

O frutooligossacarídeo GF2 (1-cestose) foi identificado apenas na amostra de jaracatiá, nas duas frações e nos dois extratos. Foi o único frutooligossacarídeo quantificado nestes quatro extratos, sendo que, em ambas as frações, apresentou maior quantidade no extrato etanólico, concluindo, dessa forma, que para esta amostra, o extrato etanólico foi mais eficiente que o extrato aquoso. A fração correspondente à casca e polpa do jaracatiá apresentou maiores valores para o GF2, em ambos os extratos, em comparação com a fração correspondente à semente do fruto. Entretanto, a semente de jaracatiá foi o único subproduto, dentre as amostras avaliadas, em que foi quantificado frutooligossacarídeo. Judprasong et al (2011) também relataram a presença de frutooligossacarídeo em semente. Os autores quantificaram maior teor de frutooligossacarídeo na semente de girassol em comparação com amostras de várias frutas, vegetais e especiarias analisadas, embora apenas a semente de girassol, dentre quatro amostras de sementes estudadas perante a presença de GF2, GF3 e GF4, revelou a presença de frutooligossacarídeos, majoritariamente GF2 e, em quantidade minoritária, GF3.

O GF3 foi identificado apenas na polpa do cajuzinho-do-cerrado, mas o maior teor de oligossacarídeo foi obtido quando foi utilizado o álcool 70% como solvente. Além disso, a extração com etanol 70% demonstrou melhor resultado para esta fração de amostra, com maior teor de G3 em comparação com a extração aquosa, e dentre os dois solventes, apenas o etanol 70% foi eficiente para extração do G5. Para a castanha do cajuzinho-do-cerrado, não foi possível a identificação de nenhum dos oligossacarídeos avaliados com a utilização desta metodologia de extração.

A identificação de frutooligossacarídeos nas amostras de jaracatiá e da polpa do cajuzinho-do-cerrado revelaram que o etanol 70% foi o melhor solvente extrator. No entanto, Li et al (2013) encontraram resultados semelhantes entre si com a utilização da água, etanol 20% e etanol 60% como solvente, e valores inferiores quando o processo de extração foi conduzido com etanol absoluto, fato que reafirma a importância de avaliar diferentes formas de extração para cada amostra, devido ao comportamento distinto que uma amostra poderia apresentar perante diferentes solventes, já constatado anteriormente por alguns autores (ARRUDA et al, 2016, JOVANOVIC-MALINOVSKA et

al, 2015). No entanto, é importante ressaltar que alguns alimentos, como a cebolinha, não apresentaram diferença significativa no teor de oligossacarídeos extraídos com diferentes solventes (JOVANOVIĆ-MALINOVSKA et al, 2015)

Apesar das amostras de jaracatiá e de cajuzinho-do-cerrado apresentarem diferentes tipos de frutooligossacarídeos, GF2 e GF3, respectivamente, Ohta et al (1998) verificaram, em ratos com dieta suplementada com frutooligossacarídeos, que tanto a ingestão de GF2 quanto de GF3 não apresentaram diferença significativa no efeito de aumento da absorção de cálcio e magnésio e aumento da excreção fecal de nitrogênio, sugerindo que ambos carboidratos exercem o mesmo efeito sobre a proliferação das bactérias intestinais.

As amostras de jaracatiá extraídas com etanol 70% apresentaram teor de frutooligossacarídeos equivalente a $0,237 \text{ mg.g}^{-1}$ (semente) e $0,432 \text{ mg.g}^{-1}$ (casca e polpa) de fruto liofilizado, e a fração da casca (e polpa) do jaracatiá extraída com água obteve $0,212 \text{ mg.g}^{-1}$ de fruto liofilizado. Esses valores são baixos em relação aos encontrados na literatura. Os teores de frutooligossacarídeos encontrados no presente estudo se assemelham apenas aos menores valores que Campbell et al (1997) encontraram para algumas amostras de frutas, como a maçã ($0,2$ a $0,6 \text{ mg.g}^{-1}$ de fruto seco), visto que foi encontrado conteúdo mais elevado na maioria das amostras avaliadas, como na banana e no pêssigo. No entanto, para o frutooligossacarídeo GF3, os autores também verificaram baixos teores ou ausência dessa substância nas frutas analisadas. Arruda et al (2016) também encontraram maior teor de GF2 para a polpa do araticum, compreendido entre $2,67$ e $3,0 \text{ mg.g}^{-1}$, embora a fruta tenha apresentado ausência de GF3.

Assim como no presente estudo, Muir et al (2009) não encontraram teores quantificáveis de GF2 e GF3 em várias das 41 frutas consumidas na Austrália que foram avaliadas.

A maior parte dos frutooligossacarídeos são fermentados no colón intestinal pela microbiota, resultando em baixa produção de energia, e uma parte muito pequena é

eliminada através da urina ou hidrolisada no trato gastrointestinal superior (MOLIS et al, 1996). Diversos trabalhos científicos têm relatado os benefícios da ingestão de frutooligossacarídeos. A dieta com cebola, por conter carboidratos como os frutooligossacarídeos, acarretou maior fermentação quando comparada com a dieta controle fornecida a ratos por um período de 1 mês, ocasionando aumento do acetato, butirato e propionato, além da diminuição do pH do conteúdo fecal, gerando alterações intestinais favoráveis, como o aumento do volume fecal (PASCOAL et al, 2013). A ingestão de yacon, conhecido por ser um alimento rico em frutooligossacarídeos, durante 30 dias, demonstrou auxiliar o sistema imunológico de ratos, ocasionando um efeito anti-inflamatório nos macrófagos e aumento nos teores de IgA encontrados nas fezes, que pode estar relacionado com o equilíbrio dos microrganismos do lúmen intestinal (DELGADO et al, 2012). A inclusão de frutooligossacarídeos produzidos pelo microrganismo *Aureobasidium pullulans*, durante seis semanas, na dieta alimentar de ratos com indução de diabetes tipo 2, foi satisfatória em reduzir a glicose sanguínea e diminuir o peso renal, cujo aumento está associado com as nefropatias acometidas em consequência do quadro clínico de diabetes, em comparação com o grupo controle com a doença (BHARTI et al, 2013).

Diversas pesquisas científicas têm apontado a ação benéfica dos oligossacarídeos presentes em frutas. Wichienhot et al (2010) verificaram o aumento do crescimento do *Lactobacillus delbrueckii* e *Bifidobacterium bifidum* perante a utilização dos oligossacarídeos extraídos da pitáia (*Hylocereus undatu*) como fonte de carbono. Além disso, os oligossacarídeos presentes no extrato de cranberry (*Vaccinium macrocarpon*), e isentos de compostos fenólicos, também agiram na modificação do biofilme formado por cepas de *E. coli* responsáveis por infecções no aparelho urinário humano (SUN et al, 2015).

No presente estudo, os teores de frutooligossacarídeos quantificados foram baixos. No entanto, a literatura apresenta vários fatores que podem influenciar o teor de frutooligossacarídeos extraído. De acordo com Benkeblia et al (2005), o tempo de estocagem exerce influência sobre o teor de frutooligossacarídeos. Os autores verificaram que o teor de frutooligossacarídeos de cebolas diminuiu em

aproximadamente 72% durante o período de armazenamento de 24 semanas a 15°C, embora tenha diminuído em apenas 2,5% durante período de armazenamento de 8 semanas. Imahori et al (2010) verificaram que o armazenamento a 1 ° C influenciou positivamente no conteúdo de frutooligossacarídeos quantificados em amostras de raízes de bardana, com aumento do teor até a oitava semana ou até a finalização do experimento de 12 semanas. Graefe et al (2004) observaram diminuição do teor de frutooligossacarídeos, durante um período de 12 dias, de raízes de três cultivares de yacon de duas diferentes altitudes do Peru. Scheid (2013) também verificaram diminuição do conteúdo de frutooligossacarídeos no yacon após 31 dias armazenados a 4 e 25 ° C. No presente estudo, os extratos de frutos foram estocados em temperatura de congelamento até o momento de uso, dessa forma, o tempo de estocagem também poderia ser uma hipótese para os baixos teores encontrados no presente trabalho, visto que o processo de extração não ocorreu imediatamente após a chegada e liofilização das frutas, assim como os extratos também não foram avaliados imediatamente após seu preparo.

L`HOMME et al (2001), ao evidenciaram os benefícios do consumo de frutas frescas ao quantificar os frutanos de amostras de frutas (maçã, pêra, ameixa e banana) e de sobremesas à base de frutas (maçã, banana e pêra) adoçadas, constataram maior quantidade de frutooligossacarídeos nas frutas que foram avaliadas *in natura* em comparação com as frutas processadas.

Os oligossacarídeos presentes na polpa da cagaita foram extraídos somente com a utilização do etanol 70% como solvente, destacando a presença de G3, G4 e G5, não sendo possíveis a quantificação utilizando água como solvente. As mesmas moléculas também foram identificadas na semente da cagaita, em ambos extratos, no entanto, em menores quantidades e também apresentando melhor recuperação de oligossacarídeos com a utilização do etanol como solvente extrator.

De todas as amostras avaliadas, a mama-cadela foi a única em que a extração aquosa demonstrou maior eficiência em comparação com a extração etanólica. Para a polpa da mama-cadela, em ambos os extratos houve identificação e quantificação de

G3, G4, G5 e G6, diferenciando apenas para o G7, que somente foi extraído com a água. Para a amostra de semente de mama-cadela, o uso do etanol 70%, nas condições deste experimento, não demonstrou eficiência, uma vez que não houve quantificação de nenhum oligossacarídeo e, para o extrato aquoso, foi identificado os mesmos oligossacarídeos presentes no extrato aquoso da polpa da mama-cadela, com exceção do G5, que não foi quantificado na amostra da semente. Tangkhavanich et al (2014) concluíram que a água subcrítica foi o melhor solvente para a extração de carboidratos presentes no caule de arroz, em comparação com o etanol subcrítico e etanol 75%. Os autores destacam a importância da escolha do solvente de acordo com a sua polaridade e que para o caule de arroz, a água subcrítica seria o melhor solvente para romper a estrutura de lignocelulose e permitir a liberação dos carboidratos. Da mesma forma, para o presente estudo, o solvente de maior polaridade (SNYDER et al, 1974) foi mais efetivo para a extração de oligossacarídeos da amostra de mama-cadela.

A tabela 2 apresenta o teor total de oligossacarídeos (GF2 + GF3 + GF4 + G3 + G4 + G5 + G6 + G7), que foi possível de ser quantificado das amostras de extratos de frutos do cerrado.

Apesar do etanol 70% ter demonstrado maior eficiência que a água para a maioria das extrações de oligossacarídeos, o extrato aquoso da polpa (e casca) da mama-cadela foi a amostra que apresentou o maior teor total de oligossacarídeos (GF2 + GF3 + GF4 + G3 + G4 + G5 + G6 + G7); 3,39 mg.g⁻¹ de fruto seco (Tabela 2), sendo significativamente maior que as demais amostras avaliadas e, assim, indicando a necessidade de mais estudos para esta fruta.

Para a tucumã, nas condições de extração realizadas neste estudo, não foi identificado nenhum oligossacarídeo.

L'HOMME et al (2001), ao observarem grande variação no teor de frutooligossacarídeos entre diferentes amostras de banana, maçã, pêra e ameixa, concluíram que não apenas a fruta, mas como sua variedade e o estágio de maturação são fatores que podem exercer influência na quantidade de frutooligossacarídeos

presentes. Benkeblia e Lopez (2015) observaram diminuição do conteúdo de nistose e aumento de 1-kestose e 1F- β -frutofuranosilnistose (DP-5) durante o amadurecimento de algumas espécies de frutas, sugerindo que o tetrassacarídeo nistose seja hidrolisado em 1-kestose, liberando frutose durante o amadurecimento, o que acarretaria no aumento da doçura da fruta. Der Agopian et al (2008) verificaram que cultivares diferentes de banana apresentaram variação no teor do frutooligossacarídeo 1-kestose, e apenas em uma amostra, das oito cultivares analisadas, foi possível a quantificação da nistose. Muir et al (2007) também encontraram variação no teor de frutooligossacarídeos e inulina de diferentes partes analisadas de uma mesma espécie vegetal. Além disso, os autores também constataram variação no teor de frutanos em diferentes amostras de cebolas avaliadas.

Outros fatores, como a utilização do gás carbônico, podem aumentar o teor de alguns frutooligossacarídeos, como foi observado elevação do teor de 1-kestose, nistose e cestopentaose em morangos, sugerindo que a atmosfera modificada favoreceu a conversão de frutose em frutooligossacarídeos (BLANCH et al, 2012).

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com outros estudos que apontam a escolha do solvente como fundamental para a determinação de oligossacarídeos. Jovanovic-Malinovska et al (2015) destacam que a escolha do solvente é um parâmetro muito importante do processo de extração, pois irá determinar a quantidade e o tipo de oligossacarídeos que serão extraídos da amostra vegetal. Embora neste trabalho tenha sido utilizado o etanol 70%, Ekvall et al (2007) obtiveram bons resultados com o uso do etanol 50% como solvente para a extração de oligossacarídeos da ervilha (*Pisum sativum*), que foram atribuídos à baixa polaridade do solvente, sendo mais eficiente do que a extração com etanol 80%. Wichienhot et al (2010) constataram que as duas concentrações de etanol utilizadas foram mais eficientes que a água para a extração dos oligossacarídeos de amostras da pitáia, sendo que o etanol 80% apresentou melhor resultado em comparação com o etanol 20%. Já Arruda et al (2016) obtiveram melhor recuperação de oligossacarídeos da polpa do araticum com a utilização de etanol 50% e do etanol 20% em comparação com a água e o etanol 80%, que apresentou o pior resultado. Portanto, a utilização da água e do etanol 70% sugerem

outra hipótese, de que os baixos teores encontrados para os oligossacarídeos podem ter sido consequência da escolha do solvente. Além disso, de acordo com Ekvall et al (2007), o etanol 80% é capaz de agir ocasionando desnaturação de proteínas, e esse precipitado proteico poderia dificultar a passagem de alguns oligossacarídeos para a solução, fato que poderia explicar o baixo teor de oligossacarídeos encontrado neste estudo com a utilização do etanol 70%.

Tabela 2. Teor total de oligossacarídeos em amostras de extratos de frutos do Cerrado. Resultados expressos em mg. g⁻¹ de fruto liofilizado.

Amostra	Solvente	Total de Oligossacarídeos
Cagaita –Casca e Polpa	Etanol 70%	0,32 ± 0,015 ^{bcd}
Cagaita- Semente	Etanol 70%	0,140± 0,01 ^{efg}
	Água	0,082 ± 0,004 ^{fg}
Cajuzinho – Casca e Polpa	Etanol 70%	0,364 ± 0,02 ^{bc}
	Água	0,126 ± 0,01 ^{efg}
Jaracatiá – Casca e Polpa	Etanol 70%	0,432 ± 0,03 ^b
	Água	0,212 ± 0,01 ^{def}
Jaracatiá – Semente	Etanol 70%	0,237± 0,02 ^{cde}
	Água	0,045± 0,0016 ^g
Mama-cadela – Casca e Polpa	Etanol 70%	0,415 ± 0,02 ^b
	Água	3,390 ± 0,16 ^a
Mama-cadela - Semente	Água	0,208 ± 0,006 ^{def}

Letras diferentes indicam variação significativa entre os extratos de uma mesma fração do fruto pelo teste Tukey ($p \leq 0.05$).

Além dos fatores destacados anteriormente, na literatura encontramos que outras variáveis, como o tempo de extração (OLIVEIRA et al, 2004) e emprego de diferentes técnicas de utilização do ultrassom como metodologia de extração (MACHADO et al, 2015) também podem alterar o conteúdo de oligossacarídeos de matrizes vegetais. Como descrito na Tabela 1, algumas amostras não apresentaram teor de oligossacarídeo detectável ou foi apenas detectado em traços, sendo impossível a

quantificação, dessa forma, outras técnicas de extração devem ser exploradas com a finalidade de verificar melhores resultados.

Apesar dos baixos teores de oligossacarídeos nos subprodutos de frutas analisados neste estudo, alguns estudos anteriores relataram que subprodutos da agroindústria apresentaram efeito favorável para a saúde humana. Souza et al (2014) demonstraram que partes desprezadas de resíduos agroindustriais podem apresentar efeitos prebióticos de interesse para a saúde humana, como foi verificado com o bagaço da mandioca, que é um resíduo industrial sem valor comercial, e que o consumo ocasionou efeitos benéficos à saúde ao aumentar a população de *Bifidobacterium* em adultos com IMC dentro da faixa de normalidade, sendo que esta elevação foi superior à observada pela ingestão de inulina (controle positivo). Os autores relataram que para adultos obesos, os efeitos da inulina foram mais acentuados, ainda assim, foi verificada maior população desse microrganismo quando comparado ao grupo controle padrão.

Ao determinarem o conteúdo de oligossacarídeos recuperados da polpa do araticum (*Annona crassiflora*), Arruda et al (2016) enfatizam a importância dessa informação, uma vez que permite que as pessoas possam aumentar a ingestão de oligossacarídeos propositalmente. Do mesmo modo, a determinação do teor de frutooligossacarídeos nos alimentos torna-se importante pois possibilita estimar a quantidade que determinada população ingere dessa substância, que por estar presente em diversas frutas e vegetais, faz parte da alimentação humana e, dessa forma, também torna possível o aumento da ingestão desse carboidrato, através do conhecimento e da escolha de produtos alimentícios com teores mais elevados (CAMPBELL et al, 1997). No entanto, é importante ressaltar que ao comparar diferentes estudos, a variação da ingestão de carboidratos pode ocorrer por dois motivos: consumo de alimentos diferentes por diferentes populações ou utilização de diferentes metodologias de análise (CUMMINGS e STEPHEN, 2007).

Por fim, para que os benefícios da ingestão de oligossacarídeos estejam estendidos à população, também é necessário que iniciativas sejam direcionadas para a conscientização e adaptação de bons hábitos alimentares (GIESE et al, 2011). Com a

globalização e conseqüentemente aumento do consumo de alimentos industrializados, e o aumento da devastação do Cerrado brasileiro, foi constatada uma diminuição no consumo de frutos dessa região, dessa forma, é importante a presença de iniciativas que valorizem esse bioma brasileiro, que conseqüentemente resultarão em benefícios para a saúde das pessoas, uma vez que a ingestão de frutos auxilia a alimentação diversificada e balanceada, ajudando na manutenção de bons hábitos alimentares (ARRUDA e ALMEIDA, 2015).

Conclusão

De acordo com os resultados apresentados neste trabalho, pode-se concluir que os frutos do bioma brasileiro do Cerrado possuem composição distinta de oligossacarídeos e, dentre esses frutos, o jaracatiá e a polpa do cajuzinho-do-cerrado revelaram a presença de frutooligossacarídeos quantificáveis, porém, em pequena quantidade.

Para a maioria das amostras analisadas, o etanol 70% demonstrou maior eficiência na extração dos oligossacarídeos, exceto para a mama-cadela, que obteve melhor resultado com a extração aquosa. Dessa forma, é possível concluir a importância da utilização do solvente adequado para cada amostra, visto que as diferentes matrizes vegetais, devido a sua complexidade, se comportam de forma diferente frente a diferentes solventes extratores. Além disso, como o extrato aquoso da mama-cadela apresentou o maior conteúdo dos oligossacarídeos totais quantificados, mais estudos deveriam ser direcionados para esta fruta.

Os teores quantificados de oligossacarídeos foram baixos, dessa forma, mais pesquisas são necessárias para verificar melhores condições de extração dos oligossacarídeos desses frutos por meio da utilização de outros solventes, outras metodologias e até mesmo com outras variáveis, como o tempo de estocagem.

Referências Bibliográficas

ANTUNES, A. E. C. et al. Acerola nectar with added microencapsulated probiotic. **LWT - Food Science and Technology**, v. 54, p. 125 - 131, 2013.

ARRUDA, H. S.; ALMEIDA, M. E. F. 2015. Frutos do Cerrado - Panorama, Resgate Cultural e Aproveitamento Culinario. **Novas Edições Acadêmicas**. 133f.

ARRUDA, H. S.; PEREIRA, G. A.; PASTORE, G. M. Oligosaccharide profile in Brazilian Cerrado fruit araticum (*Annona crassiflora* Mart.). **LWT - Food Science and Technology**, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.017>

BADEL, S.; BERNARDI, T.; MICHAUD, P. New perspectives for Lactobacilli exopolysaccharides. **Biotechnology Advances**, v. 29, p. 54 – 66, 2011.

BELELI, C. A. V. et al. Efeito do galactooligossacarídeo sobre os sintomas de constipação. **Jornal de Pediatria**, v. 91, p. 567 - 573, 2015.

BENKEBLIA, N. et al. Effect of long term storage on saccharides and fructooligoaccharides (FOS) of onion bulb *Allium cepa* L. Var. Tenshin. **Journal of Food Technology**, v. 3, p. 35- 40, 2005.

BENKEBLIA, N.; LOPEZ, M. G. Saccharides and fructooligosaccharides composition of green and ripe *Averrhoa carambola*, *Blighia sapida* and *Spondias dulcis* fruits. **Food Chemistry**, v. 176, p. 314 - 318, 2015.

BHARTI, S. K. et al. Antidiabetic activity and molecular docking of fructooligosaccharides produced by *Aureobasidium pullulans* in poloxamer-407-induced T2DM rats. **Food Chemistry**, v. 136, p. 813 – 821, 2013.

BLANCH, M. et al. Characterisation and functionality of fructo-oligosaccharides affecting water status of strawberry fruit (*Fragaria vesca* cv. Mara de Bois) during postharvest storage. **Food Chemistry**, v. 134, p. 912 – 919, 2012.

BORNET, F. R. J. et al. Nutritional aspects of short-chain fructooligosaccharides: natural occurrence, chemistry, physiology and health implications. **Digestive and Liver Disease**, v. 34, p. S111-s120, 2002.

BRAGA, H. F.; CONTI-SILVA, A. C. Papaya nectar formulated with prebiotics: Chemical characterization and sensory acceptability. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, p. 854 - 860, 2015.

CAMPBELL, J. M. et al. Selected Fructooligosaccharide (1-Kestose, Nystose, and 1F- α -Fructofuranosyl-nystose) Composition of Foods and Feeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 3076 – 3082, 1997.

CARABIN, I. G.; FLAMM, W. G. Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 30, p. 268 - 282, 1999.

CUMMINGS, J. H.; STEPHEN, A. M. Carbohydrate terminology and classification. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 61, p. S5–S18, 2007.

DELGADO, G. T. C. et al. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)-derived fructooligosaccharides improves the immune parameters in the mouse. **Nutrition Research**, v. 32, p. 884 – 892, 2012.

DER AGOPIAN, R. G. et al. Identification of fructooligosaccharides in different banana cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 9, p. 3305–3310, 2008.

DIONÍSIO, A. P. et al. Cashew-apple (*Anacardium occidentale* L.) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) functional beverage improve the diabetic state in rats. **Food Research International**, v. 77, p. 171 - 176, 2015.

EKVALL, J.; STEGMARK, R.; NYMAN, M. Optimization of extraction methods for determination of the raffinose family oligosaccharides in leguminous vine peas (*Pisum sativum* L.) and effects of blanching. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 13 – 18, 2007.

FOLLY, G. A. F. et al. Acceptance of handmade products containing nuts and fructooligosaccharides. **Nutricion Hospitalaria**, v. 28, p. 86 – 92, 2013.

FORTES, R. C.; MUNIZ, L. B. Efeitos da suplementação dietética com fructooligosacarídeos e inulina no organismo humano: estudo baseado em evidências. **Comunicação em Ciência da Saúde**, v. 20, p. 241 – 252, 2009.

GRAEFE, S. et al. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. **Field Crops Research**, v. 86, p.157–165, 2004.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary Modulation of the Human Colonie Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics. **The Journal of Nutrition**, v. 125, p. 1401 - 1412, 1995.

GIESE, E. C. et al. Produção, propriedades e aplicações de oligossacarídeos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 683 - 700, 2011.

HIRAYAMA, M.; NISHIZAWA, K.; HIDAKA, H. Production and characteristics of fructooligosaccharides. **Studies in Plant Science**, v. 3, p. 57 – 64, 1993.

HUSSEIN, H. S. et al. Selected Fructooligosaccharide Composition of Pet-Food Ingredients. **The Journal of Nutrition**, v. 128, p. 2803S–2805S, 1998.

IMAHORI, Y. et al. Changes in fructooligosaccharide composition and related enzyme activities of burdock root during low-temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 55, p.15 – 20, 2010.

JONES, P. J. Clinical nutrition: 7. Functional foods — more than just nutrition. **Canadian Medical Association Journal**, v. 166, p. 1555- 1563, 2002.

JOVANOVIC-MALINOVSKA, R.; KUZMANOVA, S.; WINKELHAUSEN, E. Application of ultrasound for enhanced extraction of prebiotic oligosaccharides from selected fruits and vegetables. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 22, p. 446–453, 2015.

JOVANOVIC-MALINOVSKA, R.; KUZMANOVA, S.; WINKELHAUSEN, E. Oligosaccharide profile in fruits and vegetables as sources of prebiotics and functional foods. **International Journal of Food Properties**, v. 17, p. 949 – 965, 2014.

JUDPRASONG, K. et al. Investigation of Thai plants for potential sources of inulin-type fructans. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 642–649, 2011.

L'HOMME, C.; PUIGSERVER, A.; BIAGINI, A. Effect of food-processing on the degradation of fructooligosaccharides in fruit. **Food Chemistry**, v. 82, p. 533–537, 2003.

L'HOMME, C. et al. Evaluation of fructans in various fresh and stewed fruits by high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection. **Journal of Chromatography A**, v. 920, p. 291–297, 2001.

LI, J. et al. Determination of Fructooligosaccharides in Burdock Using HPLC and Microwave-Assisted Extraction. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 5888–5892, 2013.

MABEL, M. J. et al. Physicochemical characterization of fructooligosaccharides and evaluation of their suitability as a potential sweetener for diabetics. **Carbohydrate Research**, v. 343, p. 56–66, 2008.

MACHADO, M. T. C. et al. Prebiotic oligosaccharides from artichoke industrial waste: evaluation of different extraction methods. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p.141 – 148, 2015.

MAESTRI, B. et al. Avaliação do impacto da adição de inulina e de maçã em leite fermentado probiótico concentrado. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, p. 58 – 66, 2014.

MOLIS, C. et al. Digestion, excretion, and energy value of fructooligosaccharides in healthy humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 64, p. 324 – 328, 1996.

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

MUIR, J. G. et al. Fructan and Free Fructose Content of Common Australian Vegetables and Fruit. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 55, p. 6619–6627, 2007.

MUIR, J. G. et al. Measurement of Short-Chain Carbohydrates in Common Australian Vegetables and Fruits by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 57, p. 554–565, 2009.

OHTA, A. et al. Comparison of the nutritional effects of fructo-oligosaccharides of different sugar chain length in rats. **Nutrition Research**, v. 18, p. 109-120, 1998.

OLIVEIRA, M. N. et al. Aspectos tecnológicos de alimentos funcionais contendo probióticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 38, p. 1 – 21, 2002.

OLIVEIRA, V. B. et al. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 48, p. 170–179, 2012.

OLIVEIRA, R. A. et al. Otimização de extração de inulina de raízes de chicória. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.6, p.131 - 140, 2004.

PASCOAL, G. B. et al. Impact of onion (*Allium cepa* L) fructans fermentation on the cecum of rats and the use of in vitro biomarkers to assess in vivo effects. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 1, p. 89–97, 2013.

PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, v.33, p. 385 - 390, 2003.

PICO, J. et al. Quantification of sugars in wheat flours with an HPAEC-PAD method. **Food Chemistry**, v. 173, p. 674 – 681, 2015.

PRAZNIK, W.; SPIES, T. Fructo-oligosaccharides from *Urginea maritima*. **Carbohydrate Polymers**, v. 243, p. 91-97, 1993.

RAUD, C. Os alimentos funcionais: a nova fronteira da indústria alimentar análise das estratégias da Danone e da Nestlé no mercado brasileiro de iogurtes. **Revista de Sociologia e Política**, v. 16, p. 85 -100, 2008.

SAKO, T.; MATSUMOTO, K.; TANAKA, R. Recent progress on research and applications of non-digestible galacto-oligosaccharides. **International Dairy Journal**, v.9, p. 69 - 80, 1999.

SANCHO, R. A. S. et al. Evaluation of oligosaccharide profiles in selected cooked tubers and roots subjected to in vitro digestion. **LWT - Food Science and Technology** (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.046>.

SANTINI, A.; TENORE, G. C.; NOVELLINO, E. Nutraceuticals: A paradigm of proactive medicine. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 96, p. 53-61, 2017.

SCHEID, M. M. A. et al. Freeze-dried powdered yacon: effects of FOS on serum glucose, lipids and intestinal transit in the elderly. **European Journal of Nutrition**, v. 53, p 1457–1464, 2014.

SCHEID, M. M. A. **The effects of regular intake of freeze-dried powdered yacon in elderly people**. Tese. 103f. Universidade Estadual de Campinas. 2013.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: **7th World Congress on Computers in Agriculture, Reno. Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture**. St. Joseph: ASABE, v. CD 1-5. 2009.

SNYDER, L. R. Classification of the solvent properties of common liquids. **Journal of Chromatography**, v. 92, p. 223-230, 1974.

SOUZA, C. B. et al. Prebiotic effects of cassava bagasse in TNO's in vitro model of the colon in lean versus obese microbiota. **Journal of Functional Foods**, v. 11, p. 210 – 220, 2014.

STRINGHETA, P. C. et al. Políticas de saúde e alegações de propriedades funcionais e de saúde para alimentos no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, p. 181 – 194, 2007.

SUN, J. et al. Cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) oligosaccharides decrease biofilm formation by uropathogenic *Escherichia coli*. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 235 - 242, 2015.

TANGKHAVANICH, B.; KOBAYASHI, T.; ADACHI, S. Effects of repeated treatment on the properties of rice stem extract using subcritical water, ethanol, and their mixture. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 20, p. 2610–2614, 2014.

VALENCIA, M. S. et al. Development of creamy milk chocolate dessert added with fructooligosaccharide and *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LBC 81. **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, p. 104 - 109, 2016.

WICHIENCHOT, S.; JATUPORNPIPAT, M.; RASTALL, R. A. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food Chemistry**, v. 120, p. 850–857, 2010.

YUN, J. W.; SONG. S. K. Enzymatic production of fructooligosaccharides from sucrose. In: BUCKE, C. (Ed.) **Carbohydrate Biotechnoly Protocols**. Totowa, New Jersey: Humana Press. 1999. p. 141 - 151

ZAPAROLLI, M. R. et al. Alimentos funcionais no manejo da diabetes mellitus. **Revista Ciência & Saúde**, v. 6, p. 12-17, 2013.

Capítulo 3

Determinação de Fenólicos Totais e Capacidade Antioxidante de Frutos do Cerrado antes e depois do processo de digestão *in vitro*

Autores: Ana Stela Rossato

Glaucia Maria Pastore

Artigo em preparação a ser submetido ao periódico Food Research International ou outro.

Resumo

Este estudo teve como objetivo a avaliação de frutos da região brasileira do Cerrado para quantificação de suas substâncias fenólicas e determinação da capacidade antioxidante através de três diferentes métodos, antes e depois do processo de digestão *in vitro*. Seis frutos do Cerrado (cagaita, cajuzinho-do-cerrado, jaracatiá, mama-cadela, mangaba e tucumã) foram coletadas, processados e avaliados, assim como seus subprodutos. Os frutos foram analisados primeiramente na forma liofilizada, e depois foram submetidos ao processo de digestão *in vitro* e analisados para a comparação do efeito da digestão perante seus compostos fenólicos e atividade antioxidante mensurada por três métodos distintos (TEAC, DPPH e ORAC). Os resultados encontrados neste trabalho revelam que não apenas as polpas dos frutos, como também seus subprodutos contêm relevantes quantidades de compostos fenólicos e apresentaram atividade antioxidante, sugerindo que mais estudos devem ser feitos para verificar os benefícios desses frutos para a população humana. A semente da cagaita, que é comumente desprezada, apresentou o melhor resultado na maioria dos testes realizados (antes e após a digestão) e, dessa forma, deveria ser mais estudada a fim de se estabelecer sua segurança alimentar e, então, poderia verificar a viabilidade de sua utilização pelas indústrias farmacêutica e cosmética, além da população local.

Palavras-chaves: frutos do Cerrado, subprodutos, compostos fenólicos, antioxidante, digestão.

1. Introdução

Diversos trabalhos têm destacado os benefícios da inclusão das frutas na alimentação (GARCIA-ALONSO et al, 2006; REISS et al, 2012; KARDUM et al, 2014; RUEL et al, 2014; WU et al, 2015). As frutas constituem uma boa fonte de antioxidantes naturais (KUSKOSKI et al, 2006; McKAY et al, 2015; RAMFUL et al, 2011), assim como seus subprodutos (BABBAR et al, 2011; CONTRERAS-CALDERÓN et al; 2011, INADA et al, 2015; LIU et al, 2015; OMENA et al, 2012) e os vegetais (MELO et al, 2006), e a ingestão desses compostos pode estar relacionada com o retardamento do envelhecimento e com a prevenção de algumas doenças (LIMA et al, 2002).

Nos últimos anos foi observado que o índice de desnutrição da população brasileira diminuiu, em contrapartida, foi verificado aumento no número de indivíduos classificados como obesos (BATISTA FILHO e RISSIN, 2003), fato preocupante, uma vez que muitos estudos têm relacionado a obesidade com problemas de saúde, como problemas renais (MARIC-BILKAN, 2013), câncer (HILLON et al, 2010), depressão atípica (LOJKO et al, 2015), doenças coronárias (NGUYEN et al, 2010), dentre outros. Diante desse panorama, são ressaltados os benefícios que uma alimentação saudável ocasiona para o organismo humano, sendo bastante evidenciado as vantagens do consumo de frutas (BASTOS et al, 2009, REISS et al, 2012, KARDUM et al, 2014, GAN et al, 2015).

O aumento do número de pesquisas científicas, que permitiram à população um maior conhecimento sobre os alimentos, informações divulgadas a respeito da saúde e da expectativa de vida, tem contribuído para que o consumidor apresente maior interesse por hábitos alimentares saudáveis, com a finalidade de evitar enfermidades (DEL RÉ e JORGE, 2012).

Entretanto, vários estudos científicos têm demonstrado que a ingestão de frutas se apresenta, atualmente, como insatisfatória (COSTA et al, 2012; FIGUEIREDO et al, 2008; MOREIRA et al, 2015; OLIVEIRA et al, 2012; VALMORBIDA e VITOLLO, 2014),

apontando para a necessidade de ações com o objetivo de aumentar o consumo de frutas, como iniciativas de orientação sobre as recomendações nutricionais e familiarização das pessoas com os alimentos e as receitas, além de identificar os motivos para o baixo consumo de alguns alimentos (JAIME et al, 2007), do incentivo do consumo de frutas nas escolas, pelos professores (PERIKKOU et al, 2013), e pelos pais ou responsáveis, em casa (HARRIS e RAMSEY, 2015).

Apesar do consumo de frutas pela população brasileira não ser adequado (VALMORBIDA e VITOLLO, 2014, MOREIRA et al, 2015), de acordo com o IBRAF (2014), a produção nacional de frutas frescas em 2013 foi de 43 milhões de toneladas, tendo aumentado em 30% nos últimos 14 anos, sendo o terceiro maior produtor mundial de frutas e, juntamente com a produção da China e da Índia, os maiores produtores, correspondem a 30% da produção mundial (FAO, 2002) e o maior produtor de frutas tropicais (LIMA e VIANELLO, 2013).

A ingestão de frutas e vegetais é importante por fornecer ao organismo substâncias antioxidantes (MELO et al, 2008; MOO-HUCHIN et al, 2015; RAMFUL et al, 2011, TEOW et al, 2007), que atuam de forma a retardar ou prevenir a oxidação de substratos oxidáveis (PISOSCHI et al, 2009) e impedem o aumento dos danos oxidativos (BARBOSA et al, 2010), por neutralização dos radicais livres, quelação de metais ou impedindo a atuação de espécies reativas (DEL RÉ e JORGE, 2012).

Os compostos fenólicos têm despertado o interesse devido ao potencial antioxidante (ALVES et al, 2013) e aos possíveis efeitos terapêuticos (PÉREZ-VICENTE et al, 2002). Diversas substâncias presentes em alimentos vegetais, como vitaminas C e E, carotenoides, ácidos fenólicos, fitatos e fitoestrogênios, têm sido destacadas pela possibilidade de diminuir o risco de adquirir algumas enfermidades (PISOSCHI et al, 2009), sendo que a ingestão de frutas é preferível frente ao consumo de suplementos, uma vez que um único constituinte de frutas e vegetais pode não ser responsável por todo o benefício gerado pela ingestão desses alimentos (GIACONI et al, 2012).

Mudanças nos hábitos alimentares poderiam reduzir a incidência de algumas doenças, o aumento do consumo de frutas e vegetais, por exemplo, poderia diminuir o número de casos de câncer (REISS et al, 2012), de doenças coronárias (GAN et al, 2015), e de doenças crônicas (RUEL et al, 2014) e o maior do consumo de frutas como mamão e laranja demonstrou estar associado com a menor incidência de lesões intraepiteliais na região cervical em mulheres portadoras do vírus HPV (SIEGEL et al, 2010).

Pesquisas envolvendo frutas brasileiras têm demonstrado resultado promissores, como o extrato de murici e de gabioba, que apresentaram atividade antígeno-tóxica e antimutagênica (MALTA et al, 2012) e o suco feito à base de acerola, açaí, camu-camu, abacaxi e cajá revelou a presença de elevado teor de substâncias bioativas, possivelmente associadas com ação antiproliferativa e antimutagênica (CARVALHO-SILVA et al, 2014). Além da riqueza nutricional presente nas partes comestíveis das frutas, diversos estudos têm demonstrado que resíduos de frutas, que são comumente descartados, também são uma fonte importante de compostos bioativos e apresentam relevante atividade antioxidante (ARBOS et al, 2013; DAIUTO et al, 2014; SOUSA et al, 2011). Entretanto, diversos frutos apresentam alteração no teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante após o processo de digestão *in vitro* (PAVAN et al, 2014), indicando a importância da realização do processo digestivo *in vitro* para conhecer e compreender a biodisponibilidade do alimento estudado (De Lima et al, 2014).

Os biomas brasileiros se destacam pela grande biodiversidade de frutos tropicais, que contém relevante quantidade e variedade de substâncias bioativas (ROSSO, 2013). A presença de compostos bioativos nos frutos do Cerrado, mesmo em pequenas quantidades são suficientes para beneficiar o organismo humano e tem atraído a atenção dos consumidores até mesmo perante o mercado mundial de alimentos funcionais e nutracêuticos (ARRUDA e ALMEIDA, 2015). Nesse contexto, diversas pesquisas relatam que frutos do cerrado (ROESLER et al, 2007, MALTA et al, 2013) e frutos do nordeste brasileiro (ALMEIDA et al, 2011, LIMA et al, 2002; SILVA et al, 2014) são uma boa fonte de substâncias com poder benéfico à saúde do consumidor.

A vasta extensão territorial e as condições climáticas do Brasil resultaram em uma flora riquíssima, com inúmeras espécies vegetais, sendo que algumas já estão incorporadas nos hábitos alimentares dos brasileiros, mas ainda há muitas espécies que devem ser exploradas e estudadas, a fim de investigar seus benefícios (PEREIRA e CARDOSO, 2012). Entretanto, o bioma brasileiro do Cerrado tem vivenciado uma rápida degradação como consequência da pouca valorização de seus recursos naturais (ROESLER et al, 2007).

Assim, o estudo dessas frutas contribuiria para uma melhor exploração dos recursos nacionais. Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo analisar frutas do bioma Cerrado, tanto a parte comestível quanto seus subprodutos, que são rotineiramente desprezados, de modo a identificar o potencial antioxidante presente nesses alimentos, antes e após serem submetidos ao processo de digestão *in vitro*.

2. Material e Métodos

2.1. Soluções e reagentes químicos

O ácido gálico, os reagentes *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH), *2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt* (ABTS), *6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid* (Trolox), *2,2'-azobis-(2-methylpropionamide)-dihydrochloride* (APPH), a fluoresceína sódica e as enzimas utilizadas para a digestão *in vitro* foram adquiridos pela Sigma-Aldrich (St. Louis, EUA) e todas as soluções utilizadas neste experimento foram preparadas com água ultrapura ($18 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}^{-1}$) (Millipore, Bedford, modelo CT Q3UV, MA, EUA). Todos os demais reagentes e solventes utilizados foram de alto grau analítico. As condições de armazenamento dos reagentes foram atendidas de acordo com as recomendações dos fabricantes.

2.2. Frutas

As frutas utilizadas neste trabalho foram: tucumã (*Astrocaryum huaimi*), cagaita (*Eugenia dysenterica*), cajuzinho-do-cerrado (*Anacardium humile*), jaracatiá (*Jacaratia spinosa*), mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*) e mangaba (*Hancornia speciosa*) e foram coletadas na região do cerrado brasileiro, entornos de Serra Dourada-GO, transportadas até o Laboratório de Bioaromas e Compostos Bioativos – FEA – UNICAMP em caixas apropriadas e, então, imediatamente processadas.

2.2.1. Processamento das frutas

Após a chegada das frutas, elas foram lavadas e processadas da seguinte forma:

- a mama-cadela foi separada em duas frações, uma parte contendo a polpa e a casca da fruta (Fração denominada Polpa), e a segunda fração contendo apenas a semente (Fração denominada Semente)

- a cagaita foi separada como a mama-cadela, a casca e a polpa constituíram uma fração (Fração denominada Polpa) e a semente constituiu a outra fração (Fração denominada Semente)
- o jaracatiá também foi separado igualmente à mama-cadela e a cagaita, uma fração incluiu a casca e a polpa (Fração denominada Casca) e a outra fração incluiu as sementes (Fração denominada Semente)
- o cajuzinho-do-cerrado, também dividido em duas partes, a casca e a polpa juntamente em um mesmo bloco (Fração denominada Polpa), e no outro, a castanha (Fração denominada Castanha)
- a tucumã foi descascada, sendo que a casca constituiu uma fração (Fração denominada Casca), e a semente, outra fração (Fração denominada Semente) . A polpa não foi avaliada
- e a mangaba forneceu apenas uma fração, contendo a casca e a polpa do fruto (Fração denominada Polpa). As sementes não foram avaliadas.

Cada fração foi transferida para um liquidificador ou triturador de alimentos e foi processada até a formação de uma massa homogênea. A seguir, foram acopladas em placas de Petri, embaladas e congeladas e posteriormente liofilizadas (LIOTOP, modelo L101, São Carlos, Brasil). Depois da liofilização, foram maceradas e finalmente embaladas, identificadas e armazenadas em congelador.

2.3. Análises

2.3.1. Fenólicos Totais

Para a determinação dos fenólicos totais foi seguido o método baseado nos descritos de Cicco et al (2009), Cicco e Lattanzio (2011) e Ainswoth et al (2009) e foi utilizada a fruta (*in natura*) liofilizada.

Cada amostra foi pesada em tubo Falcon, adicionados 10 mL de metanol 50% e deixada em ultrassom (UNIQUE, modelo UCS-2850, 25 kHz, 120 W, Brasil) por 2 horas, em baixa temperatura e na ausência de luz. Após esse período foram pipetados, em tubos de ensaio, nesta ordem: 100 µL da amostra, 100 µL do reagente de Folin 50% e 800 µL de carbonato 5%, toda esta etapa ocorreu em banho de gelo e a seguir os tubos de ensaio foram incubados em banho (New Brunswick Scientific Classic Series, modelo C76, EUA) a 40°C por 20 minutos e ao término, imediatamente transferidos para banho de gelo para paralisar a reação, seguidos por agitação por aproximadamente 3 segundos e leitura em espectrofotômetro (Beckman, modelo DU600, CA, EUA) a 760 nm. Os resultados foram calculados de acordo com a curva do ácido gálico (10 - 80 µg.mL⁻¹) e expressos em mg de ácido gálico equivalente (GAE) por g de fruto liofilizado.

2.3.2. Atividade antioxidante

Para avaliar o potencial antioxidante foram realizados 3 ensaios: TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity), DPPH (*2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil*) e ORAC (Oxygen radical absorbance capacity), realizados com o fruto *in natura* liofilizado, e descritos a seguir:

2.3.2.1. TEAC - Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox

Para esta análise, foi seguido o método descrito por Le et al (2007). O radical cátion ABTS, preparado de 12 a 16 horas antes do ensaio, foi misturado com álcool 95%, até atingir absorvância entre 0,68 - 0,72 a 734 nm em fluorímetro (NOVOstar, modelo BMG Labtech, Offenburg, Alemanha). Foram pesados 10 mg de cada amostra de fruta liofilizada e adicionado 990 uL de álcool 95%, agitadas por 30 segundos e deixadas em ultrassom por 30 minutos em condições de ausência de luz e em baixa temperatura. Após os 30 minutos, as amostras foram filtradas e foram realizadas as diluições seriadas

com álcool 95%, seguidamente deixadas em ultrassom por 5 minutos nas mesmas condições citadas anteriormente. Para o padrão, foi feita uma curva com trolox. A leitura foi realizada à 734 nm no fluorímetro (NOVOstar, modelo BMG Labtech, Offenburg, Alemanha), em placas transparentes TPP e com 6 minutos de incubação, no seguinte sistema de reação: 50 µL trolox/amostra e 250 µL de solução de ABTS. Os resultados foram expressos em µmol Trolox equivalente (TE) por grama de amostra liofilizada.

2.3.2.2. DPPH – Atividade Sequestrante do radical *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil*

A metodologia para este ensaio foi baseada no método descrito por Thaipong et al (2006). A preparação das amostras foi feita em álcool (P.A.) e foi realizado um pré-teste para definir a concentração a ser utilizada para cada amostra. Agitação em vortex, seguido por ultrassom durante 30 minutos em condições de ausência de luz e baixa temperatura. O radical *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil* foi diluído em álcool etílico (P.A.) e a absorbância foi verificada em em fluorímetro (NOVOstar, modelo BMG Labtech, Offenburg, Alemanha), à 517 nm e ajustada entre 0,8 e 1,0. A reação foi executada em microplaca, pipetando, primeiramente, 50 µL da amostra, seguido de 250 µL da solução de DPPH. A microplaca foi, então, incubada por 30 minutos em ausência de luz e posteriormente foi feita a leitura a 517 nm.

O cálculo do potencial de inibição foi feito de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ inibição} = [(Abs_{DPPH} - Abs_{ext}) / Abs_{DPPH}] \times 100,$$

Onde Abs_{DPPH} é a absorbância da mistura de 50 µL de etanol com 250 µL de DPPH e Abs_{ext} é a absorbância da mistura de 50 µL do extrato com 250 µL de DPPH. E os resultados foram expressos em µmol Trolox equivalente (TE) por grama de amostra liofilizada.

2.3.2.3. ORAC – Capacidade de Absorção do Radical Oxigênio

A metodologia para esta análise foi baseada no método descrito por Dávalos e Gómez (2004). As amostras foram preparadas pesando 10 mg da fruta liofilizada e adicionando 990 µL de álcool 95% (solução mãe), agitadas, e colocadas em ultrassom por 30 minutos, em condições de ausência de luz e baixa temperatura. A primeira etapa consistiu de um pré-teste, em que foi feita a diluição seriada a partir da solução mãe. A mesma diluição seriada também foi realizada com solução tampão fosfato pH 7,4. Os microtubos foram colocados no ultrassom por 5 minutos, nas mesmas condições citadas anteriormente. O padrão foi executado por meio de uma curva com trolox. A leitura foi realizada em fluorímetro (NOVOstar, modelo BMG Labtech, Offenburg, Alemanha), em filtro de 520 nm de emissão e 485 nm de excitação, a 37 ° C, com duração de 80 ciclos, em placas de cor preta Costar 96, com o seguinte sistema de reação: 20 µL de tampão/amostra/trolox, 60 µL de AAPH e 120 µL de fluoresceína. O controle negativo foi feito com 200 µL de AAPH e o controle positivo com 200 µL de fluoresceína. A partir do pré-teste foi selecionada a melhor diluição para cada amostra e então foi realizada, em triplicata, com o mesmo sistema de reação.

Para o cálculo foi utilizada a equação da área da curva:

$$\text{AUC: } 1 + f_2/f_1 + f_3/f_1 + f_4/f_1 \dots f_{80}/f_1$$

Em que o número que segue a letra “f” corresponde à leitura da fluorescência no tempo indicado ($f_1 - 1$ minuto), totalizando 80 minutos e o resultado final foi expresso em µmol Trolox equivalente (TE) por grama de amostra liofilizada.

2.3.3. Digestão *in vitro*

A digestão *in vitro* foi baseada de acordo com o método descrito anteriormente por Miller et al (1981) e Faller et al (2012), com modificações. Cada amostra de fruta

liofilizada foi pesada, em triplicata, em erlenmeyers, adicionada de solução salina (140 mM NaCl, 5 mM KCl e 150 μ M BHT) na proporção 1:4 (m/v) e seguiu-se, então, a digestão gástrica, em que os erlenmeyers foram colocados no banho (New Brunswick Scientific Classic Series, modelo C76, EUA) a 21°C por 10 minutos, sob agitação de 200 rpm. Posteriormente, a solução foi acidificada com HCl 0,1M e 1M até pH 2,0, adicionado 0,5 mL de pepsina (0,2g de pepsina em 5 mL de HCl 0,1M) e então permaneceu em banho a 37 ° C por 1 hora, sob agitação de 200 rpm, para finalizar a fase gástrica. Após esse período foi realizada a fase intestinal, em que após o pH ter sido elevado até 6,9 com adição de NaHCO₃ 0.1M e 1M, foram adicionado 2,5 mL de pancreatina e bile (0,45 g de extrato de bile e 0,075 g de pancreatina em 37,5 mL de NaHCO₃ 0,1 M) e seguiu-se mais uma vez para banho-maria, a 37°C, por 2 horas. Por fim, o volume da amostra foi ajustado com adição de solução salina e centrifugado (Hettich Zentrifugen, modelo Rotanta 460R, Tuttlingen, Alemanha) a 2700 rpm por 10 minutos. Após essa etapa, o sobrenadante foi armazenado em microtubos, e conservado em refrigeração até o momento de uso. Posteriormente, foram realizados os ensaios descritos anteriormente (Fenólicos Totais, TEAC, DPPH e ORAC).

2.4. Análise estatística

Os resultados foram analisados pelo one way ANOVA usando o teste de Tukey, com nível de 5% de significância ($p < 0,05$), através do software ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2009).

3. Resultados e Discussão

3.1. Fenólicos Totais

Atualmente pode ser observado um aumento da demanda por alimentos naturais. Consumidores de todo o mundo estão mais informados e conscientes a respeito do valor nutricional e da segurança dos alimentos que adquirem, e nesse contexto, os alimentos naturais ganham destaque, pois os consumidores acreditam que são mais seguros, saudáveis e menos susceptíveis à contaminação (ZIN et al, 2002).

O conhecimento sobre as propriedades antioxidantes dos produtos acessíveis ao consumo é uma ferramenta importante para a população, que poderá escolher mais apropriadamente os alimentos que irá consumir, de acordo com suas propriedades benéficas ao organismo humano (De MORAIS et al, 2009).

Frutas, vegetais, grãos integrais e algumas bebidas, como chá e vinho, são fontes de polifenóis. No entanto, os compostos polifenólicos consistem em um grupo de substâncias bastante diversas entre si, que são classificadas de acordo com sua origem, função biológica ou estrutura química (TSAO, 2010). Uma alimentação rica em frutas e vegetais é benéfica à saúde devido à grande presença de compostos fenólicos, os quais, de acordo com diversos estudos, agem combatendo os radicais livres e, dessa forma, são substâncias importantes que atuam na prevenção de várias enfermidades, como arteriosclerose, diabetes, câncer, artrite e doenças degenerativas (ZIN et al, 2006). Ademais, os compostos fenólicos, estão relacionados com o mecanismo de adaptação e resistência do vegetal e também podem influenciar características sensoriais, como o sabor, e tecnológicas, como o escurecimento das frutas durante o processamento (ROCHA et al, 2011).

O uso do método de Folin-Ciocalteu, utilizado para a determinação de fenólicos totais, é vantajoso por ser considerado uma análise disponível comercialmente e, na

maioria das vezes, padronizada, com utilização de comprimento de onda que minimiza as possíveis interferências, além disso, é comumente aceito e praticado para análise de alimentos em todo o mundo, resultando, dessa forma, na existência de muitos dados disponíveis para a comparação (HUANG et al, 2005).

Os compostos fenólicos reagem, por meio de mecanismo de transferência de elétrons, com a solução de Folin-Ciocalteu em condições básicas (possibilitadas pela adição do carbonato de sódio), no entanto, o reagente de Folin-Ciocalteu não é específico apenas para compostos fenólicos, sendo assim, pode ser reduzido por outros compostos, por exemplo, vitamina C (HUANG et al, 2005).

Tabela 1. Determinação de Fenólicos totais em amostras de frutos do Cerrado (Resultados expressos em mg GAE/g de fruto liofilizado).

Frutos	Fenóis Totais (mg GAE/g de fruto liofilizado)	
	Antes da Digestão	Depois da Digestão
Cagaita – casca e polpa	22,39 ±1,2 ^{d A}	2,07±0,2 ^{cd B}
Cagaita – semente	48,21±4,7 ^{a A}	10,09±0,5 ^{a B}
Cajuzinho - casca e polpa	15,71±0,7 ^{ef A}	1,08±0,1 ^{ef B}
Cajuzinho - castanha	41,12±2,1 ^{b A}	7,52±0,6 ^{b B}
Jaracatiá – casca e polpa	10,62±0,9 ^{g A}	2,36±0,1 ^{c B}
Jaracatiá – semente	10,80±0,2 ^{fg A}	2,13±0,1 ^{cd B}
Mama-cadela – casca e polpa	4,86±0,5 ^{hi A}	1,50±0,1 ^{de B}
Mama-cadela – semente	2,52±0,2 ^{i A}	2,30±0,04 ^{c A}
Mangaba	8,81±0,9 ^{gh A}	1,66±0,1 ^{cde B}
Tucumã – casca	28,81±1,2 ^{c A}	1,65±0,5 ^{cde B}
Tucumã - semente	17,29±1,2 ^{e A}	0,73±0,02 ^{f B}

Análise estatística pelo método de Tukey, com $p < 0,05$. Letras minúsculas foram usadas para comparação entre amostras na mesma coluna (entre todas as amostras analisadas) e letras maiúsculas foram usadas para comparação entre amostras na mesma linha (antes e depois do processo de digestão para cada amostra).

GAE = equivalente de ácido gálico

De acordo com a Tabela 1, a semente da cagaita e a castanha do cajuzinho-do-cerrado, apesar de diferirem significativamente entre si, apresentaram os maiores

valores de fenólicos totais entre todas as amostras, antes da digestão e após o processo de digestão *in vitro*.

Rufino et al (2010) avaliaram 18 polpas de frutas e formularam a seguinte classificação: baixo teor de fenólicos totais (menor que 1000 mg GAE/100 g), médio teor (1000-5000 mg GAE/100 g) e alto teor (maior que 5000 mg GAE/100 g). Considerando a mesma classificação de Rufino et al (2010), este trabalho seria dividido por um grupo formado por frutos com médio teor de fenólicos totais: cagaita, cajuzinho-do-cerrado, jaracatiá e tucumã (ambas frações) e um grupo de frutos com baixo teor de fenólicos totais: mangaba e mama-cadela (ambas frações). Apesar de nenhuma das 11 amostras avaliadas se enquadrar como alto teor de fenólicos totais, a semente de cagaita (4821 mg GAE/100 g) apresenta um valor bem próximo de 5000 mg GAE/100 g. Depois de passarem pelo processo de digestão, apenas a semente da cagaita permaneceu no grupo de frutos com médio teor de fenólicos, os demais frutos passaram a constituir o grupo de baixo teor.

Na literatura não foram encontrados valores de fenólicos totais para a palmeira de *Astrocaryum huaimi*. No entanto, Garcia (2012) analisou o extrato etanólico da casca do *Astrocaryum aculeatum* e encontrou 790,0 mg GAE. 100 g⁻¹ de fruta fresca. Sagrillo et al (2015) quantificaram o teor 941,8 mg GAE. 100g⁻¹ para a casca e 872,1 mg GAE. 100g⁻¹ para a polpa. Para os frutos da palmeira *Butia capitata*, Pereira et al (2013) encontraram 636,95 mg GAE. 100g⁻¹ de fruta fresca.

Diversos autores, como Melo et al (2008) também encontraram grande variação em relação ao conteúdo de componentes fenólicos, verificado entre diferentes extratos de frutas brasileiras, sendo o menor teor encontrado para o extrato de manga (257 µg/mL) e o maior valor equivalente ao extrato de acerola (4962 µg/mL). Neste trabalho foi encontrada variação entre os resultados obtidos, sendo, antes da digestão, o maior resultando correspondente à semente de cagaita (48,21 mg GAE.g⁻¹) e o menor resultado para a semente de mama-cadela (2,52 mg GAE.g⁻¹).

Em concordância com os resultados obtidos neste trabalho, Roesler et al (2007) obtiveram valores de fenólicos totais elevados para a semente de cagaita, aquém apenas da casca de pequi e semelhante à semente de araticum para a extração etanólica, e inferior a casca de pequi e de araticum para a fração aquosa. Além disso, também constataram que a semente da cagaita possui quantidade de fenoís totais bastante superior à de sua polpa, para ambas extrações utilizadas.

No presente estudo, para a determinação dos fenólicos totais, as amostras foram extraídas com solução de metanol 50%. Ouchemoukh et al (2012) realizaram a determinação de fenólicos totais de cinco frutas utilizando três diferentes solventes extratores: água, metanol 50% e etanol 50%, e apenas para a ameixa seca não houve diferença significativa no teor de fenólicos entre as análises com os solventes distintos. As análises das demais frutas demonstraram que a escolha do solvente extrator foi capaz de interferir nos resultados obtidos para a determinação de compostos fenólicos totais.

Rocha et al (2011) também avaliaram polpas de cagaita, jaracatiá e mama-cadela, dentre outras frutas, em condições metodológicas diferentes, e constataram que a amostra de jaracatiá apresentou conteúdo fenólico superior às amostras de cagaita, o que não foi verificado neste trabalho.

Contreras-Calderón et al (2011) encontraram valores bastante altos para a polpa do caju em comparação com outras 23 frutas colombianas. No presente estudo, o cajuzinho-do-cerrado apresentou valor de fenólicos intermediário em comparação com outras polpas de frutas do Cerrado estudadas, o que sugere uma investigação maior dos frutos exóticos desse bioma brasileiro, que podem ser um grande provedor de frutas com alto teor de fenólicos. Outros estudos também apontaram para relevante teor fenólico em resíduos do cajueiro, como em extratos preparados a partir da casca do caule do caju, que apresentaram 51,3 – 58,0 mg GAE.g⁻¹ (ENCARNAÇÃO et al, 2016). Freire et al (2013) não observaram diferença significativa para o teor de fenólicos totais para a polpa de caju analisada *in natura* e quando analisado depois do processo de congelamento e armazenamento por 3 meses.

Concordando com os resultados apresentados neste trabalho, Rufino et al (2010) encontraram valores semelhante entre si para os polifenóis da polpa de caju e da mangaba. No entanto, neste trabalho, a polpa do cajuzinho obteve quase o dobro de fenólicos totais em relação à polpa da mangaba. Apesar disso, em concordância com o presente estudo, os autores também verificaram que, dentre as polpas de fruta analisadas, a mangaba foi uma das que apresentou menor conteúdo fenólico, 935 mg GAE. 100 g⁻¹, sendo razoavelmente semelhante ao resultado encontrado neste trabalho (881 mg GAE. 100 g⁻¹). Extratos de subprodutos do caju (*Anacardium occidentale*) demonstrarem diversas propriedades biológicas *in vitro* e *in vivo*, como atividade hipotensiva verificada em coelhos, dessa forma, acredita-se que mais estudos deveriam ser realizados com esta planta para esclarecimento de seus efeitos fisiológicos e farmacológicos e posterior utilização em benefício da saúde humana (TCHIKAYA et al, 2011).

Ao contrário do que foi encontrado neste estudo, Rocha et al (2011) constataram que a polpa da mama-cadela apresentou teor de fenólicos totais superior ao da polpa da cagaita. Isso pode ser explicado pela extração com acetona para obtenção dos extratos para as análises, diferente deste trabalho, que foi conduzido com amostras liofilizadas e utilizado o metanol como solvente para a metodologia de análise. Além disso, podemos sugerir que apesar do baixo resultado apresentado para a polpa da mama-cadela, essa fruta deveria ser mais explorada por meio de diferentes formas de extração. No entanto, é comum encontrar resultados diferentes na literatura, mesmo entre cultivares diferentes de goiabas, Freire et al (2012) encontraram diferença significativa na quantificação de fenólicos totais. Abreu et al (2012) demonstraram que entre algumas frutas de espécies diferentes, como a pitaiá, não houve variação significativa entre a composição fenólica da polpa, entretanto foi observado diferença significativa no teor de fenólicos totais da casca e em outros nutrientes.

Diversos fatores podem alterar o conteúdo dos compostos fenólicos, entre eles, as diferentes espécies de fruta (ABREU et al, 2012), diferentes partes da fruta (SILVA et al, 2007; ZIN et al, 2002), cultivares (FREIRE et al, 2012, CHIANG et al, 2013), processamento, como o cozimento (STANISAVLJEVIC et al, 2013), processo de

extração (ROESLER et al, 2007; MELO et al, 2008; MELO et al, 2011, PEREIRA et al, 2014), local de plantio (CANDIDO et al, 2015; ROCHA et al, 2011) e tempo de armazenamento (CAMPOS et al, 2011).

Além disso, a composição química da fruta pode sofrer alteração de acordo com as etapas de crescimento e as condições de processamento, as diferentes regiões geográficas que o alimento está inserido e o período do ano em que a fruta é coletada e analisada podem alterar não apenas a quantidade, como também os diferentes tipos de compostos fenólicos identificados, o que explicaria as diferenças de resultados encontrados na literatura (GONÇALVES et al, 2014).

De um modo geral, Roesler et al (2007) constataram que os subprodutos das frutas apresentaram maior teor de fenólicos quando comparados com a polpa. Neste trabalho, de acordo com a Tabela 1., esse comportamento foi observado em algumas amostras (cagaita e cajuzinho), mas não foi observado na mama-cadela antes do processo de digestão, cuja semente apresentou menor valor número que a fração correspondente à polpa com a casca da fruta.

Em termos nutricionais, apenas a determinação do teor de nutrientes não é suficiente, pois não condiz com a quantidade de nutriente que estará disponível para a absorção no intestino, portanto, nesse contexto, é necessário conhecer a biodisponibilidade desses componentes, mensurada após o processo de digestão (De LIMA et al, 2014).

Os menores valores encontrados nesta análise, antes da digestão, correspondem a ambas frações da mama-cadela, que não apresentaram diferença significativa entre a polpa e a semente. Contudo, após o processo de digestão *in vitro*, apenas a amostra de semente de mama-cadela não apresentou diminuição significativa da quantificação de compostos fenólicos. Embora a semente da mama-cadela tenha apresentado, entre as 11 amostras avaliadas, o conteúdo fenólico mais baixo antes da digestão, após a digestão, dentre as amostras que apresentaram maior teor de fenólicos, diferiu significativamente apenas da semente de cagaita e da castanha do cajuzinho-do-

cerrado, evidenciando a importância da avaliação de amostras após o processo digestivo para melhor conhecimento das propriedades das frutas. Esses resultados são distintos dos que foram encontrados por Stanisavljevic et al (2013), que observaram aumento no teor de fenólicos totais em todas as sementes de leguminosas analisadas e enunciaram duas possíveis explicações para o aumento do conteúdo de fenólicos após o processo digestivo de sementes: a liberação de peptídeos, que podem interagir com o reagente de Folin-Ciocalteu e a liberação de compostos fenólicos que estavam ligados à parede do material celular, que pode ter sido ocasionada tanto pelo processo digestivo ou também pelo processamento térmico.

Durante a digestão gastrointestinal, a hidrólise ácida pode ocasionar a liberação dos glicosídeos fenólicos em agliconas, que elevaria o teor de compostos fenólicos (KAMILOGLU et al, 2014). Entretanto, De Lima et al (2014) demonstraram que a digestão gastrointestinal possibilitou a biodisponibilidade de apenas uma pequena parte dos nutrientes presentes no alimento original, além disso, esse valor também apresentou variação de acordo com a matriz alimentar. Ademais, outros fatores, como a microbiota, também agem sobre os compostos fenólicos no corpo humano (SELMA et al, 2009).

Chiang et al (2013) utilizaram duas variedades de groselha para demonstrar a influência das enzimas no processo de digestão e verificaram que o grupo em que foram utilizadas as enzimas ativas, e perante as condições experimentais de digestão, apresentou resultado significativamente superior ao grupo controle, que continha enzimas inativadas. Além disso, as duas variedades apresentaram valores significativamente diferentes entre si.

Na Tabela 1 foram verificados dois tipos de comportamento; diminuição e inalteração do teor de fenólicos totais. Pavan et al (2014) também observaram diferentes comportamentos entre as amostras de polpas de frutas analisadas antes e após a digestão, o araticum e o mamão papaia apresentaram diminuição significativa do teor de fenólicos totais, e a jaca apresentou aumento significativo desse teor após o processo de digestão.

De acordo com a Tabela 1, foi constatado que a maioria das amostras exibiu diminuição do conteúdo de fenólicos totais após a digestão *in vitro*. Esses resultados diferem do que foi observado por Wootton-Beard et al (2011) após a análise de 23 sucos vegetais, em que foi verificado aumento do teor fenólico em 19 amostras. Kamiloglu et al (2014) relatam que as frutas, de modo geral, possuem fibras dietéticas, que podem prejudicar a biodisponibilidade do alimento, uma vez que bloqueiam a matriz e consequentemente, dificultam a chegada da enzima até os substratos, o que poderia ser uma explicação para a diminuição do teor de fenólicos no presente estudo. De Lima et al (2014), apesar de terem verificado redução dos fenólicos totais nas amostras de suco de caju e fibra de caju, constataram que a diminuição foi mais acentuada para a amostra de fibras do resíduo de caju, apesar do alto valor inicial de fenólicos totais.

Xiao et al (2014) estudaram a biodisponibilidade de seis compostos bioativos do extrato de *Radix isatidis* por meio do processo digestivo, sendo constatado diminuição de todos eles após a digestão. No entanto a biodisponibilidade variou de 6,5 a 24,01%.

Pinacho et al (2015) demonstraram que diferentes compostos fenólicos presentes no extrato de abrunheiro bravo (*Prunus spinosa* L.) se comportaram de maneira diferente durante as distintas fases do processo digestivo. Embora, de forma geral, a maioria dos compostos fenólicos apresentou comportamento estável durante a fase oral, com nenhuma perda superior a 4%, alguns compostos, como a catequina, epicatequina, a quercetina e o campferol apenas foram detectados após o término do processo de digestão intestinal, não sendo possível a identificação nas primeiras fases da digestão. Após a digestão gástrica, alguns compostos sofreram redução pequena, como o ácido gálico (1,82%) e outros apresentaram perdas um pouco maiores, como algumas catequinas (3,59 – 12,45%). Ao término da digestão intestinal diversas catequinas apresentaram perda total, o ácido gálico e o ácido cafeíco apresentaram quedas relativamente pequenas (2,98 e 4,30%, respectivamente), e algumas substâncias apresentaram diminuição em torno de 40%, revelando que os diversos compostos fenólicos sofrem diferentes metabolizações. Esse fator poderia ser uma hipótese para explicar a diferença de comportamento entre a amostra da semente da mama-cadela e

as demais amostras avaliadas no presente estudo, e também a diferença com os resultados encontrados na literatura.

Cilla et al (2009) também constataram redução dos compostos fenólicos analisados após o processo digestivo: 37-59% de redução dos ácidos hidroxicinâmicos, 37,6-51% para flavonas, 38-61% para flavonóis e 47-70,1% para flavan-3-óis. Além disso, os autores verificaram que a redução foi mais acentuada nas amostras com adição de leite ou de ferro, concluindo que outros alimentos podem interferir na digestão dos compostos fenólicos originais. Portanto, é importante ressaltar que os valores de fenólicos totais encontrados nesse trabalho são referentes a frutas que sofreram digestão isoladamente, visto que a ingestão de frutas com outros alimentos pode alterar esses resultados (KAMILOGLU et al, 2014).

Celep et al (2015) avaliaram o comportamento de diferentes compostos fenólicos presentes em vinhos durante as fases do processo de digestão e foi verificado que algumas substâncias, como o ácido cafeíco, foram resistentes perante às condições da etapa gástrica, enquanto outras substâncias, como o ácido p-cumárico, foram afetadas tanto na fase intestinal quanto na fase gástrica. Ademais, um mesmo composto, a rutina, demonstrou biodisponibilidade diferente em bebidas distintas, sugerindo a existência de interação entre essas moléculas de acordo com a composição do alimento, o que pode alterar seu comportamento durante a digestão. Kamiloglu et al (2014) analisaram diversas frutas e nozes durante e após a digestão, isoladamente e em conjunto, e concluíram que os compostos fenólicos apresentaram redução de seu teor absorvido na fração intestinal quando ambos os alimentos passavam pelo processo digestivo simultaneamente.

Stanisavljevic et al (2015) sugerem que alguns fatores, como a ligação dos compostos fenólicos na matriz alimentar juntamente com o meio ácido prolongado durante a digestão intestinal, podem favorecer a não biodisponibilidade de algumas moléculas, fazendo com que elas cheguem intactas até o cólon. Como no presente trabalho a fruta foi digerida na forma liofilizada, e não como extrato, os compostos

fenólicos não foram separados da matriz alimentar, o que pode ter ocasionado o favorecimento para a chegada intacta na porção final do processo digestivo *in vitro*.

Pereira et al (2014) também concluíram que sucos de frutas do nordeste brasileiro são uma boa fonte de compostos fenólicos e antioxidantes. A ingestão de formulações de sucos de frutas por ratos revelou diminuição nos níveis de TBARS no fígado dos animais, indicando menor peroxidação lipídica, sugerindo que estes benefícios podem estar relacionados aos compostos fenólicos, mas outras substâncias presentes nas frutas, como carotenóides, ácido ascórbico e fitoesteróis também podem estar envolvidas nesses resultados.

Concordando com os resultados apresentados na Tabela 1., em que foi verificado a presença de fenólicos em partes rotineiramente descartadas dos frutos avaliados, Abreu et al (2012) também encontraram boas fontes de nutrientes por meio da parte desprezada da pitaiá, que é a casca. No entanto, ressaltam que antes de recomendar o consumo à população, é necessário a investigação de possíveis substâncias antinutricionais no alimento.

Os compostos fenólicos podem estar relacionados com a atividade funcional de diversas frutas, nesse contexto, é importante o estudo desses alimentos com a finalidade de identificar suas propriedades funcionais, que além dos efeitos benéficos da sua ingestão, podem alavancar o desenvolvimento de novos medicamentos ou ingredientes para a fabricação de produtos alimentares (MALTA et al, 2012). Além disso, apesar do vasto conhecimento revelado a respeito dos benefícios da ingestão de polifenóis, ainda é escasso o conteúdo informativo a respeito de possíveis efeitos adversos relacionados com o consumo de alta doses dessas substâncias, como genotoxicidade ou interação com medicamentos, sugerindo a necessidade de mais estudos (OZCAN et al, 2014).

3.2. Atividade Antioxidante

Para os ensaios antioxidantes, a vantagem de estudar a matriz alimentar se refere ao fato de que os componentes antioxidantes são avaliados em conjunto, e não isoladamente, possibilitando, dessa forma, observar o efeito do sinergismo e das demais interações que ocorrem no alimento (HUANG et al, 2005). A existência de compostos bioativos não implica necessariamente em atividade farmacológica, uma vez que esses compostos devem estar biodisponíveis e serem absorvidos do trato intestinal para o sangue, e assim poderem ser capazes de exercer alguma atividade em locais específicos do organismo (XIAO et al, 2014).

Diferentes metodologias para avaliação da capacidade antioxidante têm sido desenvolvidas para abranger a grande diversidade química encontrada entre os compostos fenólicos, dentre esses ensaios, temos os que determinam a habilidade das moléculas antioxidantes em sequestrar espécies reativas e os que avaliam a eficiência dos antioxidantes em inibir a reação de peroxidação lipídica (De OLIVEIRA et al, 2009).

A atividade antioxidante está relacionada com a estrutura química das moléculas de polifenóis, principalmente com a posição e o número de hidroxilas, além de sofrer interferência das demais substâncias presentes (MELO et al, 2008).

3.2.1. TEAC

O radical ABTS é um cátion capaz de identificar a presença de agentes redutores e doadores de hidrogênio em soluções de amostras de frutas e vegetais (GARCÍA et al, 2001), sendo o TEAC um método bastante simples operacionalmente, e por isso tem sido amplamente utilizado em diversos laboratórios de pesquisa e, dessa

forma, diversos compostos e alimentos têm seus valores reportados na literatura (HUANG et a, 2005).

Em relação ao TEAC, os resultados reportados na Tabela 2 esclarecem que a semente de cagaita apresentou a melhor atividade antioxidante antes e após a digestão, não diferindo da semente de cajuzinho após a digestão *in vitro*. No entanto, apesar de ter obtido o resultado mais elevado, houve perda em relação ao seu potencial antioxidante inicial. A Tabela 1, assim como a Tabela 2, evidenciou que a semente de cagaita obteve os maiores valores, antes e após a digestão, dentre as 11 amostras analisadas.

Tabela 2. Determinação da atividade antioxidante de frutos do Cerrado pelo método TEAC, antes e depois da digestão *in vitro* (Resultados expressos em $\mu\text{mol TE/g}$ de fruto liofilizado).

Frutos	TEAC ($\mu\text{mol Trolox/g}$)			
	Antes da Digestão		Depois da Digestão	
Cagaita – casca e polpa	35,2± 1,8	c A	24,0± 0,6	cd B
Cagaita –semente	108,8± ,7	a A	96,9± 2,7	a B
Cajuzinho - casca e polpa	12,8± 1,2	fg B	18,3± 1,7	de A
Cajuzinho - castanha	44,6± 2,9	b B	95,9± 2,3	a A
Jaracatiá – casca e polpa	29,1± 1,5	d B	40,8± 0,6	b A
Jaracatiá – semente	26,2± 0,6	de A	24,8± 0,4	cd A
Mama-cadela – casca e polpa	7,3± 0,4	g B	13,3± 1,3	ef A
Mama-cadela – semente	9,2± 0,2	g B	21,2± 2,1	cd A
Mangaba	15,5± 1,3	f B	25,3± 1,7	c A
Tucumã – casca	22,5± 0,9	e A	20,6± 1,8	cd A
Tucumã - semente	12,4± 0,3	fg A	9,4 ± 0,1	f B

Análise estatística pelo método de Tukey, com $p < 0,05$. Letras minúsculas foram usadas para comparação entre amostras na mesma coluna (entre todas as amostras analisadas) e letras maiúsculas foram usadas para comparação entre amostras na mesma linha (antes e depois do processo de digestão para cada amostra).

Ao analisar somente o resultado do TEAC (Tabela 2) após a digestão para as amostras contendo a polpa da fruta, podemos observar que a fração da polpa da cagaita não diferiu significativamente das polpas (fração casca e polpa) do cajuzinho-do-cerrado

e da mangaba, diferindo apenas da polpa do jaracatiá (que apresentou valor superior) e da polpa da mama-cadela (que apresentou valor inferior). Antes da digestão, a polpa da cagaita diferiu de todas as outras amostras testadas. Assim, destacando, a importância do conhecimento do comportamento das amostras após o processo de digestão.

A castanha do cajuzinho-do-cerrado apresentou a segunda maior atividade antioxidante antes da digestão, embora correspondendo à um valor menor que a metade do valor encontrado para a semente da cagaita. E após a digestão, seu potencial antioxidante aumentou, sendo equivalente ao da semente de cagaita. Moo-Huchin et al (2015) também encontraram evidências de que o caju seja uma boa fonte de compostos fenólicos e atividade antioxidante, por meio da avaliação pelo método TEAC, dentre outros métodos, da casca do caju (*Anacardium occidentale*) vermelho (3050,9 $\mu\text{mol}/100$ g de matéria seca) e amarelo (3322,3 $\mu\text{mol}/100$ g de matéria seca) adquiridos no México, e sugerem que essa fruta deveria ser melhor explorada pelas indústrias.

Embora as frações de mama-cadela apresentaram os menores valores de TEAC antes da digestão, houve aumento do valor de TEAC após o processo digestivo (Tabela 2), indicando, de acordo com a metodologia *in vitro*, que houve aumento da sua capacidade antioxidante, apesar da diminuição do teor de fenólicos (Tabela 1).

A maioria das amostras apresentou aumento da atividade antioxidante após a digestão, exceto as frações da cagaita (apesar do alto valor encontrado para a semente) e a semente de tucumã, que apresentaram diminuição do potencial antioxidante, e a casca de tucumã e a semente de jaracatiá, que não apresentaram variação significativa.

Após o processo de digestão, as maiores atividades antioxidantes foram encontradas na semente de cagaita e na castanha de cajuzinho, seguida pela amostra da casca do jaracatiá, com valor inferior à metade do resultado encontrado nas frações citadas. Bhatt e Patel (2013) verificaram aumento da atividade antioxidante, pelo método TEAC, para amostras de extrato de alho, cru e cozido, após a digestão, evidenciando que o aumento da atividade antioxidante pode estar relacionado com a liberação de algumas moléculas durante a fase da digestão gastrointestinal.

Embora nenhuma das amostras avaliadas apresentou aumento na quantificação do teor de fenólicos totais após serem submetidas ao processo digestivo *in vitro*, ocorreu aumento da atividade antioxidante em algumas amostras e este resultado pode ser explicado pela ação de outras substâncias, como o ácido ascórbico e os carotenoides, que podem estar presentes nas amostras testadas, e atuar de forma sinérgica ou antagônica com a atividade antioxidante dos polifenóis (MELO et al, 2008).

Em concordância com os resultados encontrados no presente estudo, Tarko et al (2009) relataram grande aumento da atividade antioxidante de algumas frutas analisadas (maçãs e ameixas), enquanto foi observado diminuição em outras amostras e ausência de variação significativa na amostra de melão. Além disso, os autores também encontraram diminuição de teor de fenólicos em todas as amostras após o processo de digestão, o que não impossibilitou que algumas dessas amostras apresentassem aumento da atividade antioxidante mensurada através do teste de ABTS. Pavan et al (2014) verificaram diminuição do teor de fenólicos totais após a digestão *in vitro* do extrato da polpa do araticum, que também foi acompanhado do aumento da capacidade antioxidante através do TEAC e ORAC.

Kuskoski et al (2006) avaliaram a atividade antioxidante de diversas polpas de frutas através do TEAC e encontraram a melhor atividade antioxidante para a polpa de acerola (53,2 $\mu\text{mol/g}$ de matéria fresca), que foi superior a todas as polpas analisadas neste trabalho.

Almeida et al (2011) analisaram diversas frutas brasileiras e verificaram variação de 15,73 $\mu\text{mol TE/g}$ (murici) a 0,63 $\mu\text{mol TE/g}$ de amostra fresca (jaca). Para a mangaba, os autores encontraram um valor alto (10,84 $\mu\text{mol TE/g}$) em comparação com a maioria das frutas analisadas, diferente deste trabalho, em que a mangaba não se destacou perante às demais amostras analisadas em relação ao TEAC.

Çelik et al (2013) demonstraram, pelos dos métodos TEAC e DPPH, a presença de atividade antioxidante nas frações insolúveis de resíduos de várias matrizes alimentares após a digestão, sugerindo que alimentos funcionais poderiam ser

desenvolvidos com a fração solúvel e a fração insolúvel de alimentos com bom teor de antioxidantes.

Almeida et al (2011) avaliaram o teor de fenólicos totais, ácido ascórbico e antocianinas de diversas frutas exóticas da região do nordeste brasileiro e verificaram que os fenólicos totais obtiveram a melhor correlação com as análises de capacidade antioxidante, ressaltando a atividade antioxidante dessas substâncias, embora outras moléculas também podem estar relacionadas. Os compostos fenólicos, presentes em frutas e vegetais, podem ser liberados pela ação de enzimas digestivas ou microrganismos endógenos, e dessa forma, atuarem como antioxidantes (MELO et al, 2008).

3.2.2. DPPH

Diversos estudos têm enfatizado a importância do uso de vários métodos para a determinação da capacidade antioxidante, ao invés de analisar uma amostra através de uma única metodologia (WOOTON-BEARD et al, 2011).

O DPPH é um radical livre, estável à temperatura ambiente e sofre redução na presença de uma molécula de antioxidante doadora de hidrogênio, passando da cor violeta para a cor amarela (LUZIA e JORGE, 2010).

De acordo com a Tabela 3, foi constatado que, analisadas antes da digestão, a amostra de semente de cagaita apresentou o maior valor para a análise de DPPH, superior a todas as outras amostras avaliadas. Assim como na determinação de fenólicos totais (Tabela 1) e no TEAC (Tabela 2) observa-se que os maiores valores corresponderam à semente da cagaita e à castanha do cajuzinho-do-cerrado.

A Tabela 3 revela que todas as amostras apresentaram capacidade antioxidante antes do processo de digestão, que está relacionada à presença de substâncias como flavonóides, catequinas e outros compostos fenólicos capazes de inibir a atuação dos

radicais livres no organismo (De MORAIS et al, 2009). No entanto, por esta metodologia, apenas três amostras apresentaram atividade antioxidante após a digestão: a semente da cagaita, a semente do cajuzinho e a semente de tucumã. Dentre essas amostras, apenas a castanha do cajuzinho-do-cerrado apresentou aumento significativo da atividade antioxidante através do DPPH após a digestão, e foi o fruto que obteve maior atividade antioxidante após o processo de digestão *in vitro*. Nas outras duas amostras com presença de atividade após a digestão, houve diminuição significativa.

Tabela 3. Determinação da atividade antioxidante de frutos do Cerrado pelo método DPPH, antes e depois da digestão *in vitro* (Resultados expressos em $\mu\text{mol TE/g}$ de fruto liofilizado).

Frutos	DPPH ($\mu\text{mol Trolox/g}$)	
	Antes da Digestão	Após Digestão
Cagaita – casca e polpa	14,65 \pm 1,1 ^c	n.d.
Cagaita – semente	35,81 \pm 2,3 ^{aA}	11,53 \pm 1,6 ^{bB}
Cajuzinho - casca e polpa	14,59 \pm 1,3 ^c	n.d.
Cajuzinho - castanha	17,66 \pm 0,5 ^{bB}	28,32 \pm 1,7 ^{aA}
Jaracatiá – casca e polpa	12,79 \pm 0,3 ^c	n.d.
Jaracatiá – semente	1,34 \pm 0,07 ^e	n.d.
Mama-cadela – casca e polpa	2,51 \pm 0,08 ^e	n.d.
Mama-cadela – semente	2,57 \pm 0,3 ^e	n.d.
Mangaba	15,31 \pm 0,7 ^{bc}	n.d.
Tucumã – casca	2,11 \pm 0,6 ^e	n.d.
Tucumã - semente	6,40 \pm 0,54 ^{dA}	0,41 \pm 0,05 ^{cB}

Análise estatística pelo método de Tukey, com $p < 0,05$. Letras minúsculas foram usadas para comparação entre amostras na mesma coluna (entre todas as amostras analisadas) e letras maiúsculas foram usadas para comparação entre amostras na mesma linha (antes e depois do processo de digestão para cada amostra)

n.d. = não detectado

O comportamento de algumas amostras após a digestão foi similar ao observado após a realização do teste TEAC (Tabela 2), a semente da cagaita e da tucumã apresentaram redução significativa da atividade antioxidante, e a castanha do cajuzinho apresentou aumento.

Arnao (2000) avaliou diversos sucos e vinhos pelo método TEAC e DPPH e constatou relevante diminuição (6,1 – 36,2%) nos resultados encontrados no DPPH quando comparados com o TEAC com leitura realizada a 730 nm. Quando o teste de TEAC foi realizado a 414 nm, os resultados foram mais próximos aos obtidos pelo método do DPPH, lidos a 515 nm. De acordo com o autor, na região do UV-visível, baixos comprimentos de ondas sofrem mais ação de interferentes, o que pode explicar esse resultado, além disso, quanto maior intensidade de cor na amostra, menor será a atividade antioxidante medida neste comprimento de onda, compostos coloridos ou produtos secundários podem atuar como interferentes, o que também ocorre quando a reação de ABTS é realizada em comprimento de onda de 414 nm, mas é solucionado com a leitura à 730 nm. Na reação do DPPH, de acordo com o mesmo autor, como não é possível a leitura em comprimento de onda mais alto que 515 nm, o resultado obtido pode estar subestimado.

A redução de atividade antioxidante após a digestão, verificada pelo método DPPH, também pode ser explicada pelas transformações moleculares que ocorrem na amostra durante a fase intestinal do processo de digestão *in vitro*, e que afetam a sua reatividade com o radical nitrogênio de menor relevância formado no ensaio do DPPH (WOOTON-BEARD et al, 2011).

No lúmen intestinal ocorre a hidrólise enzimática dos glicosídeos, permitindo, dessa forma, a absorção dos compostos bioativos, que passam da forma glicosilada para, na maioria das vezes, aglicona, que é uma forma viável para a absorção (BASTOS et al, 2009), sendo uma hipótese que poderia explicar o aumento da atividade antioxidante da amostra da castanha do cajuzinho-do-cerrado após o processo de digestão *in vitro* (Tabela 3). No entanto, outros ensaios são necessários para compreender o comportamento desta amostra.

Ao contrário do que foi observado nesse trabalho, Wooton-Beard et al (2011) encontraram altos valores de DPPH para diversos sucos de frutas e vegetais após a digestão *in vitro*, indicando a boa estabilidade dessas amostras perante o processo digestivo.

Chen et al (2014) avaliaram 33 extratos de frutas antes e após digestão, e diferentemente do que foi observado no presente estudo, a atividade antioxidante pode ser determinada em todos os extratos pelo método DPPH, antes e após a digestão. No entanto, os autores analisaram a digestão após a fase gástrica e após a fase duodenal, encontrando, em 32 das 33 amostras avaliadas, menores valores na fase duodenal quando comparados com a fase gástrica.

Wooton-Beard et al (2011) também evidenciaram que algumas amostras obtiveram maior resultado de DPPH após a fase gástrica em comparação com a fase intestinal. De forma análoga, as frutas analisadas por Kamiloglu et al (2014) apresentaram alta atividade antioxidante após a fase gástrica quando comparada com a fração absorvida após a fase intestinal, o que sugere mais estudos para as frutas e os subprodutos analisados no presente trabalho e que não demonstraram atividade antioxidante através do DPPH após a digestão (Tabela 3), mas que poderiam apresentar alguma atividade remanescente após a fase da digestão gástrica.

Bergamaschi (2010) cita que o baixo conteúdo fenólico pode interferir na análise de DPPH, e isso poderia ser uma possível explicação para o fato de que as amostras que apresentaram maior conteúdo fenólico após a digestão, a semente da cagaita e a castanha do cajuzinho-do-cerrado, foram as duas das três amostras que apresentaram capacidade antioxidante através deste teste (após processo digestivo). Mas não explicaria o fato da semente da tucumã, que apresentou o menor valor de fenólicos totais e mesmo assim apresentou atividade antioxidante através desta análise, embora com baixo teor em comparação às demais.

Outra explicação para a impossibilidade de detecção do valor de DPPH seria a instabilidade das amostras analisadas perante as condições do processo digestivo, uma vez que a ausência de variação da capacidade antioxidante, antes e após digestão, sugere que os compostos da matriz alimentícia são estáveis a mudanças de pH e à destruição enzimática nas condições realizadas no ensaio de digestão (RYAN e PRESCOTT, 2010), o que não foi verificado neste estudo. Ou ainda, poderia ser sugerida mais uma hipótese para a inviabilidade de determinação da redução do radical

DPPH para a maioria das amostras após o processo de digestão *in vitro*, que seria a baixa interação entre os compostos da matriz vegetal e o DPPH, resultando em uma reação mais lenta (BERGAMASCHI, 2010).

Na literatura podemos encontrar escassos relatos de substâncias em que a atividade antioxidante não foi detectada pelo método do DPPH, como o extrato seco de camomila e alfa-bisabolol, em algumas concentrações testadas (BEZERRA, 2009) e os extratos aquosos das amostras frescas de bacuri (*Platonia insignis*) e murici (*Byrsonima dealbata*) (RUFINO et al, 2010), entretanto, de modo distinto ao observado neste estudo, os autores verificaram que as amostras de bacuri e murici não apresentaram capacidade antioxidante detectada por nenhum dos métodos testados (TEAC e FRAP), e para o murici também não houve indicativo de presença de polifenóis através do teste Folin-Ciocalteu, além disso, quando as análises foram feitas com a fruta liofilizada, todas as 18 amostras avaliadas apresentaram valores de polifenóis e atividade antioxidante mensuráveis.

Dessa forma, mais estudos são necessários para entender o comportamento da ingestão desses frutos quando consumidos com outros alimentos, uma vez que estudos têm demonstrado que fatores externos, como a ingestão de suco de fruta com uma matriz alimentar de refeição padrão, é capaz de alterar o teor de fenólicos e DPPH (STANISAVLJEVIC et al, 2015) e o solvente e o pH das reações são alguns dos fatores que podem subestimar ou superestimar os valores da redução do radical DPPH (BERGAMASCHI, 2010), sendo que um pH mais ácido ou alcalino pode alterar a cinética da reação do DPPH (FOTI et al, 2004).

Infante et al (2013) também destacaram que partes não aproveitadas de frutas brasileiras, os resíduos agroindustriais de abacaxi, maracujá, caju e manga, demonstraram atividade antioxidante, mensurada pelas análises de DPPH, Redução de Ferro e Autoxidação do sistema beta-caroteno-ácido linoleico, sugerindo maiores investigações científicas para esclarecimento da segurança e da aplicabilidade desses subprodutos na indústria de alimentos.

3.2.3. ORAC

O ORAC é um método de determinação da atividade antioxidante que consiste na medida do decaimento da intensidade da fluorescência, emitida pela substância fluoresceína, durante um determinado período de tempo, em presença de uma substância a ser testada e essa reação química consiste na decomposição do AAPH, a 37 ° C, com liberação dos radicais peróxidos, que serão neutralizados na presença de antioxidante (ou mistura de antioxidantes) (YASHIN et al, 2013).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, o fruto que mostrou o maior valor para a atividade antioxidante antes da digestão, medida pelo método do ORAC foi a amostra de castanha do cajuzinho-do-cerrado (144,4 µmol TE/g), diferindo significativamente de todas as outras amostras avaliadas. A segunda amostra com maior atividade antioxidante para este teste foi a amostra da casca e polpa de jaracatiá (73,4 µmol TE/g), que obteve resultado próximo da metade do valor do cajuzinho-do-cerrado, e também diferiu significativamente de todas as outras amostras, e o terceiro maior conteúdo foi encontrado na semente da cagaita (60,4 µmol TE/g), que também diferiu significativamente das demais amostras. Os menores teores, antes do processo digestivo, foram encontrados para as amostras de polpa de cajuzinho-do-cerrado, polpa de mama-cadela e semente de tucumã. Dentre as polpas, o melhor resultado pertenceu à polpa do jaracatiá.

De acordo com a Tabela 4, a polpa do cajuzinho-do-cerrado, antes do processo digestivo, apresentou um dos menores valores, frente ao ORAC, dentre as amostras avaliadas, assim como KONGKACHUICHAI et al (2015) evidenciaram que a polpa do caju (*Anacardium occidentale*) demonstrou menor capacidade antioxidante, pelo método ORAC, quando comparada com outra fruta (*Alpinia conchigera*) e com a maioria dos 13 vegetais avaliados, colhidos na Tailândia.

Os resultados apresentados nesta análise, antes da digestão, estão compreendidos entre os valores descritos por Wang et al (1996) ao avaliar diversas frutas

comuns adquiridas em mercado norte-americano, sendo que o maior resultado pertencente à amostra de morango (153,6 $\mu\text{mol TE/g}$) e o menor, à amostra de banana (9,0 $\mu\text{mol TE/g}$).

Tabela 4. Determinação da atividade antioxidante de frutos do Cerrado pelo método ORAC, antes e depois da digestão *in vitro* (Resultados expressos em $\mu\text{mol TE/g}$ de fruto liofilizado).

Frutos	ORAC ($\mu\text{mol Trolox/g}$)			
	Antes da Digestão		Após Digestão	
Cagaita – polpa e casca	43,4 \pm 4,3	d A	35,2 \pm 2,3	cde B
Cagaita - semente	60,4 \pm 3,9	c A	49,4 \pm 1,7	b B
Cajuzinho – polpa e casca	23,4 \pm 0,4	ef A	24,8 \pm 1,9	f A
Cajuzinho - castanha	144,4 \pm 2,4	a A	44,0 \pm 4,5	bc B
Jaracatiá – casca e polpa	73,4 \pm 1,5	b B	86,5 \pm 7,4	a A
Jaracatiá – semente	40,1 \pm 2,3	d A	27,8 \pm 1,8	ef B
Mama-cadela – polpa e casca	20,6 \pm 1,8	f B	34,5 \pm 1,1	de A
Mama-cadela - semente	29,0 \pm 2,6	e B	39,9 \pm 3,9	cd A
Mangaba	47,3 \pm 2,9	d A	43,8 \pm 0,5	bc A
Tucumã - casca	42,4 \pm 3,3	d A	23,8 \pm 1,0	fg B
Tucumã –semente	16,2 \pm 1,2	f A	15,1 \pm 1,0	g A

Análise estatística pelo método de Tukey, com $p < 0,05$. Letras minúsculas foram usadas para comparação entre amostras na mesma coluna (entre todas as amostras analisadas) e letras maiúsculas foram usadas para comparação entre amostras na mesma linha (antes e depois do processo de digestão para cada amostra).

Em todos os testes precedentes; Fenólicos Totais, TEAC e DPPH (Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3), a semente da cagaita apresentou diminuição nos teores de fenólicos totais e redução da capacidade antioxidante após o processo de digestão, o que também foi verificado na análise de ORAC. De acordo com os resultados anteriores, apesar da diminuição do teor de fenólicos totais e da capacidade antioxidante dessa amostra após o processo de digestão, a semente da cagaita apresentou maior valor de fenólicos totais após processo de digestão e maior atividade antioxidante mensurada através do TEAC em comparação com as outras amostras. Entretanto, para esta análise, assim como para a análise de DPPH, o maior potencial antioxidante entre as amostras após o ensaio digestivo não pertenceu à cagaita, sendo atribuído para à fração da casca do jaracatiá

(86,5 $\mu\text{mol TE/g}$), no ORAC, e para a castanha do cajuzinho-do-cerrado, para o DPPH. Além disso, de todas as análises realizadas antes da digestão, o ORAC foi o único ensaio em que a semente da cagaita não mostrou o maior resultado dentre os frutos avaliados. Contudo, com os resultados da semente da cagaita, obtidos pelo ORAC e pelos demais testes, foi possível constatar que a semente do fruto possui fonte interessante de atividade antioxidante.

Em concordância com os resultados apresentados neste trabalho, Alves (2013) também relatou maior atividade antioxidante na polpa (conjunto da polpa e casca) da cagaita quando comparada com a polpa de uma espécie diferente de caju do cerrado. Ribeiro (2011) encontrou diferença significativa ao analisar a polpa da cagaita com e sem casca (13,10 e 9,72 $\mu\text{M de TE/g}$ na base úmida, respectivamente), em que foi constatado que a retirada da casca da fruta ocasionou uma diminuição significativa na atividade antioxidante, evidenciando o comportamento antioxidante de possíveis substâncias presentes na casca da cagaita. Donado-Pestana et al (2015) avaliaram a atividade antioxidante que compreendeu entre 8 a 28 $\mu\text{mol TE/mL}$ para extratos de polpa de cagaita ricos em fenólicos, que atuaram no combate à obesidade em ratos alimentados com dietas com alto teor de açúcar, indicando a necessidade de mais investigações para esclarecimento das propriedades benéficas da cagaita e seus mecanismos de ação.

Ao contrário do que foi observado neste trabalho, em que foi verificada amostras que apresentaram aumento, diminuição ou ausência de variação significativa da atividade antioxidante após processo de digestão, Huang et al (2014) não constataram aumento significativo da atividade antioxidante pelo método ORAC, verificado após a digestão de quatro variedades de bayberry chinesa (*Myrica rubra*).

Concordando com os resultados apresentados neste ensaio, os diferentes comportamentos após a digestão também foram verificados por Pavan et al (2014), que encontraram aumento significativo da atividade antioxidante medida pelo método ORAC para as amostras de jaca e de araticum, mas que para a papaia não foi observado variação significativa, evidenciando que extratos digeridos de frutas podem ter comportamento distintos após o processo digestivo.

Sancho et al (2015) constataram aumento no valor de ORAC para extratos de duas variedades de feijão após digestão. No entanto, apenas um desses aumentos foi significativo. Assim como constatado no presente trabalho para a casca e polpa do jaracatiá e para a casca e polpa da mama-cadela, os autores observaram aumento da atividade do ORAC apesar da diminuição do teor de fenólicos após o processo de digestão para ambas amostras avaliadas. O mesmo comportamento foi verificado por Cilla et al (2011) ao analisar a digestão de oito bebidas à base de frutas, em que o aumento verificado nos valores de ORAC não foi acompanhado de elevação no conteúdo de fenólicos totais.

Embora estudos explicam que a aumento da atividade antioxidante ocorre devido aos compostos fenólicos liberados (BHATT e PATEL, 2013), no presente trabalho, nas amostras que obtiveram aumento da atividade antioxidante após a digestão, não foi constatado o aumento dos fenólicos, concordando com Cilla et al (2011) que sugerem que também exista outra razão para esse aumento, além da digestão enzimática. E Zheng et al (2013) relatam que peptídios específicos podem contribuir para a variação de atividade antioxidante determinada pelo método ORAC.

Estudos demonstraram que os diversos compostos fenólicos possuem atividade antioxidante diferente, que pode estar relacionado com a estrutura molecular de cada um deles (LIEN et al, 1999). E Zin et al (2006) realizaram a separação de frações de extratos da raiz, do fruto e da folha da *Morinda citrifolia*, através de coluna cromatográfica e, para as frações da polpa, verificaram a maior atividade antioxidante na fração que não apresentava o maior teor de fenólicos. Os autores sugerem que o conteúdo fenólico não é o único responsável pela capacidade antioxidante, e que a estrutura molecular desses compostos desempenha um papel importante na capacidade antioxidante da matriz.

Assim como Neri-Numa et al (2013), que estudaram o extrato da polpa de araçá-boi (*Eugenia stipitata*) e encontraram teor médio de fenólicos totais e atividade antioxidante considerada alta; nota-se pelas Tabelas 1, 2, 3 e 4 que alguns frutos com baixo teor de fenólicos após a digestão demonstraram boa capacidade antioxidante em um ou mais dos ensaios realizados.

É válido ressaltar que diversos fatores podem contribuir para a discrepância de dados encontrados na literatura. Candido et al (2015) verificaram que o local de colheita também pode influenciar o potencial antioxidante do fruto, visto que o buriti coletado no bioma Cerrado apresentou melhor atividade antioxidante, mensurada por meio de quatro métodos, do que o buriti colhido no bioma da Amazônia. Espin et al (2016) encontraram diferenças significativas entre três variedades de tomate coletadas no Equador e também entre a mesma variedade quando coletada em locais diferentes.

Morales-Soto et al (2014) encontraram variação na capacidade antioxidante de diferentes frutas e vegetais mensuradas através da metodologia do ORAC quando coletadas em diferentes épocas do ano. Além disso, os autores constataram essa variação entre diferentes cultivares. Gironés-Vilaplana et al (2014) demonstraram que frutas coletadas em locais diferentes, podem ou não apresentar diferença significativa na atividade antioxidante pelo método ORAC, visto que amostras de açaí oriundas do Brasil e da Colômbia apresentaram valores próximos, mas diferiram significativamente de outra amostra oriunda de outro fornecedor brasileiro. Outros fatores, como o método de extração, também podem alterar os valores de ORAC (PRIOR et al, 1998). Frutas da mesma variedade também podem apresentar diferença na capacidade antioxidante através do ORAC, antes ou depois da digestão (HUANG et al, 2014).

Todos os resultados obtidos nesse trabalho se referem a fruta *in natura* após processo de liofilização. Todavia, quando o alimento sofre ação de diferentes tipos de processamento pode ocorrer perdas ou alteração da capacidade antioxidante, como verificado por Ti et al (2015) que analisaram o arroz negro e suas diferentes frações após processo de extrusão e constataram variação significativa em diferentes ácidos fenólicos e antocianinas. Neves et al (2012) observaram que a atividade antioxidante determinada pelos métodos ORAC e DPPH foi influenciada pelo tempo de armazenamento sob congelamento para a amostra de camu-camu, enquanto não foi observado esse mesmo efeito para outras frutas, sugerindo que algumas frutas possam ter sua atividade antioxidante reduzida durante o tempo de armazenamento congeladas, enquanto para outras espécies esta atividade não se altera. Dessa forma, outros fatores devem ser avaliados para fornecer melhor compreensão da atividade antioxidante dos frutos.

Vários outros fatores que não foram analisados neste trabalho também podem contribuir para variações do resultado da análise de ORAC, como verificado por Prior et al (1998), que avaliaram blubberies (*Vaccinium* sp) colhidas 49 dias após o amadurecimento e obtiveram maiores valores de ORAC quando comparadas com blueberries colhidas tão logo ficaram maduras.

Algumas partes das frutas são rotineiramente descartadas, o que pode representar um desperdício de nutrientes, uma vez que alguns subprodutos apresentam maiores teores de compostos fenólicos do que as partes utilizadas para a alimentação (NEVES et al, 2012).

A mama-cadela e a cagaita, que foram processadas da mesma forma, ou seja, a parte comestível (casca e polpa) constituiu uma fração e a parte não comestível (semente) representou a outra fração, apresentaram um padrão de comportamento semelhante. Em ambos os frutos, a parte não comestível apresentou maior atividade antioxidante verificada pelo método ORAC (Tabela 4) quando comparada com a parte comestível, apesar de esta diferença não ser significativa para a mama-cadela após o ensaio digestivo. A polpa do cajuzinho-do-cerrado também obteve valor inferior à fruta (castanha), entretanto, a castanha do cajuzinho é consumida, o que não acontece com a semente de cagaita e da mama-cadela. Desse modo, existe um desperdício de nutrientes que poderia ser evitado, agregando valor econômico à produção e contribuindo para o desenvolvimento de novos produtos (NEVES et al, 2010).

Antoniolli et al (2015) demonstraram um subproduto pode constituir uma forma barata de obtenção de compostos bioativos que deve ser mais explorado pelo sistema industrial, verificado através de estudo com o bagaço de uva.

Todavia, a complexidade e a diversidade encontrada nas matrizes alimentares, conduzindo a diferentes características físico-químicas, como polaridade e solubilidade, as diferentes metodologias empregadas, principalmente no que se refere ao solvente extrator, o radical utilizado, o mecanismo de reação e as diferentes condições particulares da análise fazem com que exista uma dificuldade ao comparar os resultados

de diversos métodos distintos, bem como a comparação com os dados encontrados na literatura (RIBEIRO, 2011).

Através do ORAC, diversos estudos têm demonstrado que a flora brasileira é uma grande fonte de substâncias com atividade antioxidante (ALVES, 2013; SILVA et al, 2007). E alguns autores, como Malta et al (2013), anteriormente estudaram os frutos desse bioma brasileiro, e encontraram valores elevados ao analisar extrato de frutas, como para o extrato da gabioba, que apresentou valor de $8027,5 \pm 378,6 \mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$ de fruta, e embora os demais extratos apresentaram resultados menores, os autores concluíram que as frutas do cerrado estudadas são fontes de substâncias antioxidantes e antiproliferativas e, dessa forma, estudos devem ser direcionados para futura utilização dessas substâncias químicas pelas indústrias.

Os resultados obtidos neste trabalho concordam com os diversos autores que citam a riqueza das frutas em relação às substâncias bioativas presentes nestes alimentos. Além disso, os organismos vivos consumidores de oxigênio utilizam de um sistema composto por enzimas, macromoléculas e moléculas (ácido ascórbico, alfa-tocoferol, beta-caroteno) com a função de bloquear as espécies reativas de oxigênio e, portanto, impedir que sejam causados danos as moléculas do organismo, principalmente DNA, lipídios e proteínas (WANG et al, 1996), sendo assim, a ingestão de substâncias antioxidantes, torna-se benéfica à saúde e mais estudos deveriam ser conduzidos com os frutos utilizados neste trabalho.

Conclusão

Pelos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que as onze amostras avaliadas, provenientes de seis frutos do Cerrado (cagaita, cajuzinho-do-cerrado, jaracatiá, mama-cadela, mangaba e tucumã), são fontes de compostos bioativos e atividade antioxidante. A semente da cagaita apresentou resultados superiores às demais amostras em algumas análises realizadas, o que indica que esse fruto deveria ser mais investigado quanto aos seus componentes e potencial antioxidante. É importante salientar que a semente da cagaita é rotineiramente descartada, gerando lixo e desperdiçando uma possível fonte de compostos benéficos à saúde. Dessa forma, conhecer melhor suas propriedades e mecanismo de ação, estudar e identificar o consumo seguro desse subproduto do fruto da cagaita e utilizá-lo de forma adequada para benefício da população pode enriquecer a região brasileira do Cerrado.

Ademais, os resultados encontrados neste trabalho concordam com diversos autores que já haviam estudado previamente os frutos do bioma brasileiro do Cerrado e concluído que nos frutos dessa região estão presentes grande riqueza de substâncias bioativas, sendo que esses frutos são, muitas vezes, desconhecidos do restante da população do país.

A aplicação do TEAC, DPPH e ORAC revelaram uma melhor compreensão da atividade antioxidante de cada amostra avaliada, que talvez não seria possível se apenas uma dessas análises fosse utilizada.

O processo de digestão *in vitro*, embora apresente limitações em relação ao sistema *in vivo*, fornece informações a respeito do comportamento das amostras perante à ação das enzimas digestivas e da variação de pH que sofrem durante o processo de digestão gastrointestinal. Pelos resultados obtidos antes e após o processo de digestivo, pode-se concluir a importância do conhecimento desses dados para compreender que as amostras podem se comportar de forma diferente perante as condições que são

submetidas durante este ensaio e, conseqüentemente, terem sua atividade aumentada, diminuída ou até mesmo não sofrerem alteração.

Ainda assim, os resultados obtidos antes do processo de digestão são importantes para destacar a riqueza dos frutos brasileiros do Cerrado (e seus subprodutos) avaliados e sugerir melhor aproveitamento dos mesmo pelas indústrias de alimentos, farmacêutica e cosmética.

Referências Bibliográficas

- ABREU, W. C. et al. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, p. 656-661, 2012
- AINSWORTH, E.A.; GILLESPIE, K. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. **Nature Protocole**, v.2, n.4, p. 875-877, 2007.
- ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155–2159, 2011.
- ALVES, A. M. **Caracterização física e química, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutas nativas do cerrado**. Dissertação. 65f. Universidade Federal de Goiás. 2013.
- ALVES, A. M. et al. Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 837-844, 2013.
- ANTONIOLLI, A. et al. Characterization of polyphenols and evaluation of antioxidant capacity in grape pomace of the cv. Malbec. **Food Chemistry**, v. 178, p. 172–178, 2015.
- ARBOS, K. A. et al. Atividade antimicrobiana, antioxidante e teor de compostos fenólicos em casca e amêndoa de frutos de manga. **Revista Ceres**, v. 60, p. 161-165, 2013.
- ARNAO, M. B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, p. 419–421, 2000.
- ARRUDA, H. S.; ALMEIDA, M. E. F. 2015. **Frutos do Cerrado - Panorama, Resgate Cultural e Aproveitamento Culinário**. Novas Edições Acadêmicas. 133f.
- BABBAR, N. et al. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, v. 44, p. 391–396, 2011.
- BARBOSA, K. B. F. et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, p. 629-643, 2010.
- BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; AREAS, J. A. G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 53, p. 646-656, 2009.

BATISTA FILHO, M.; RISSIN A. Nutritional transition in Brazil: geographic and temporal trends. **Caderno de Saúde Pública**, v. 19, p. 181-191, 2003.

BERGAMASCHI, K. B. **Capacidade antioxidante e composição química de resíduos vegetais visando seu aproveitamento**. Dissertação. 96f. Universidade de São Paulo. 2010.

BEZERRA, S. B. **Atividade Gastroprotetora e antimicrobiana do extrato seco de *Matricaria recutita* (camomila) e do alfa-bisabolol: possíveis mecanismos de ação**. Dissertação. 122f. Universidade Federal do Ceará. 2009.

BHATT, A.; PATEL, V. Antioxidant activity of garlic using conventional extraction and in vitro gastrointestinal digestion. **Free Radicals and Antioxidants**, v. 3, p. 30-34, 2013.

CAMPOS, R. P. et al. 1-MCP em mangabas armazenadas em temperatura ambiente e a 11°C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, volume Especial, p. 206-212, 2011.

CANDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon biomes. **Food Chemistry**, v. 177, p. 313–319, 2015.

CARVALHO-SILVA, L. B. et al. Antiproliferative, antimutagenic and antioxidant activities of a Brazilian tropical fruit juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, p. 1319-1324, 2014.

CELEP, E. et al. Effect of in vitro gastrointestinal digestion on the bioavailability of phenolic components and the antioxidant potentials of some Turkish fruit wines. **Food Research International**, v. 78, p. 209–215, 2015.

ÇELİK, E. E.; GÖKMEN, V.; FOGLIANO, V. Soluble Antioxidant Compounds Regenerate the Antioxidants Bound to Insoluble Parts of Foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 10329–10334, 2013.

CHEN, G. et al. Total phenolic contents of 33 fruits and their antioxidant capacities before and after in vitro digestion. **Industrial Crops and Products**, v. 57, p. 150–157, 2014.

CHIANG, C.; KADOUH, H.; ZHOU, K. Phenolic compounds and antioxidant properties of gooseberry as affected by *in vitro* digestion. **LWT- Food Science and Technology**, v. 51, p. 417-422, 2013.

CICCO, N.; et al. A reproducible rapid and inexpensive Folin Ciocalteu method in determining phenolic of plant methanolic extracts. **Microchemical Journal**, v.91, p.107-110, 2009.

CICCO, N.; LATTANZIO, V. The influence of initial carbonate concentration in the presence of methanol: a comparative study of real time monitored reactions. **American Journal of Analytical Chemistry**, v. 2, p. 840-848, 2011.

CILLA, A. et al. Availability of polyphenols in fruit beverages subjected to in vitro gastrointestinal digestion and their effects on proliferation, cell-cycle and apoptosis in human colon cancer Caco-2 cells. **Food Chemistry**, v. 114, p. 813–820, 2009

CILLA, A. et al. Influence of storage and in vitro gastrointestinal digestion on total antioxidant capacity of fruit beverages. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 87–94, 2011.

CONTRERAS-CALDERÓN, J. et al. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, v. 44, p. 2047–2053, 2011.

COSTA, L. C. F. et al. Fatores associados ao consumo adequado de frutas e hortaliças em escolares de Santa Catarina, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 28, p. 1133-1142, 2012.

DAIUTO, E. R. et al. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate ‘Hass’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 417-424, 2014.

DÁVALOS, A; GÓMEZ, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC- Fluorescein) assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p.48-54, 2004.

De LIMA, A. C. S. et al. In vitro bioaccessibility of copper, iron, zinc and antioxidant compounds of whole cashew apple juice and cashew apple fibre (*Anacardium occidentale* L.) following simulated gastro-intestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 161, p. 142–147, 2014.

De OLIVEIRA, A. C. et al. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, p. 689-702, 2009.

De MORAIS, S. M. et al. Ação antioxidante de chás e condimentos de grande consumo no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 315-320, 2009.

DEL RÉ, P.V.; JORGE, N. Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.14, p.389-399, 2012.

DONADO-PESTANA, C. M.; BELCHIOR, T.; GENOVESE, M. I. Phenolic compounds from cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit prevent body weight and fat mass gain induced by a high-fat, high-sucrose diet. **Food Research International**, v. 77, p.177-185, 2015

ENCARNAÇÃO, S. et al. Total phenolic content, antioxidant activity and pre-clinical safety evaluation of an *Anacardium occidentale* stem bark Portuguese hypoglycemic traditional herbal preparation. **Industrial Crops and Products**, v. 82, p. 171–178, 2016

ESPIN, S. et al. Phenolic composition and antioxidant capacity of yellow and purple-red Ecuadorian cultivars of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.). **Food Chemistry**, v. 194, p. 1073–1080, 2016

FAO, (2002). Tropical fruits. [http:// www.fao.org/docrep/](http://www.fao.org/docrep/)

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E.; LIU, R. H. Cellular antioxidant activity of feijoada whole meal coupled with an in vitro digestion. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 60, p.4826-4832, 2012.

FIGUEIREDO, I. C. R. et al. Fatores associados ao consumo de frutas, legumes e verduras em adultos da cidade de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, p. 777-785, 2008.

FOTI, M. C.; DAQUINO, C.; GERACI, C. Electron-Transfer Reaction of Cinnamic Acids and Their Methyl Esters with the DPPH• Radical in Alcoholic Solutions. **The Journal of Organic Chemistry**, v. 69, p. 2309-2314, 2004.

FREIRE, J. M. et al. Avaliação de compostos funcionais e atividade antioxidante em farinhas de polpa de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 847-852, 2012.

FREIRE, J. M. et al. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, v. 43, p. 2291-2296, 2013.

GAN, Y. et al. Consumption of fruit and vegetable and risk of coronary heart disease: A meta-analysis of prospective cohort studies. **International Journal of Cardiology**, v. 183, p.129–137, 2015.

GARCÍA, A. F. et al. Antioxidative capacity, nutrient content and sensory quality of orange juice and an orange-lemon-carrot juice product after high pressure treatment and storage in different packaging. **European Food Research and Technology**, v.213, p. 290-296, 2001

GARCIA, L. F. M. **Caracterização, avaliação antioxidante e citotóxica dos extratos da polpa e da casca de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*)**. Dissertação. 91f. Universidade Federal de Santa Maria. 2012

GARCIA-ALONSO, J. et al. Acute intake of phenolic-rich juice improves antioxidant status in healthy subjects. **Nutrition Research**, v. 26, p. 330 – 339, 2006.

GIACONI, J. A . et al. The association of consumption of fruits/vegetables with decreased risk of glaucoma among older african-american women in the study of osteoporotic fractures. **American Journal of Ophthalmology**, v.154, p.635-644, 2012.

GIRONÉS-VILAPLANA, A. et al. Evaluation of Latin-American fruits rich in phytochemicals with biological effects. **Journal of Functional Foods**, v. 7, p. 599 – 608, 2014.

GONÇALVES, A. E. S. et al. Frozen pulp extracts of camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) attenuate the hyperlipidemia and lipid peroxidation of Type 1 diabetic rats. **Food Research International**, v. 64, p. 1–8, 2014.

HARRIS, T. S.; HAMSEY, M. Paternal modeling, household availability, and paternal intake as predictors of fruit, vegetable, and sweetened beverage consumption among African American children. **Appetite**, v. 85, p.171–177, 2015.

HILLON, P. et al. Obesity, type 2 diabetes and risk of digestive cancer. **Gastroentérologie Clinique et Biologique**, v. 34, p. 529—533, 2010.

HUANG, D. et al. The chemistry behind antioxidant capacity assays: reviews. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1841-1856, 2005.

HUANG, H. et al. *In vitro* digestion combined with cellular assay to determine the antioxidant activity in Chinese bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) fruits: A comparison with traditional methods. **Food Chemistry**, v. 146, p. 363-370, 2014

IBRAF — Instituto Brasileiro De Fruticultura, 2014. O sistema agroalimentar de frutas e derivados. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/detalhe.aspx?id=1>

INADA, K. O. P. et al. Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 422–433, 2015.

INFANTE, J. et al. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Alimentos e Nutrição (Brazilian Journal of Food and Nutrition)**, v. 24, p. 87-91, 2013.

JAIME, P. C. et al. Educação nutricional e consumo de frutas e hortaliças: ensaio comunitário controlado. **Revista de Saúde Pública**, p. 1- 4, 2007.

KAMILOGLU, S. et al. Evaluating the in vitro bioaccessibility of phenolics and antioxidant activity during consumption of dried fruits with nuts. **LWT- Food and Science Technology**, v. 56, p. 284-289, 2014.

KARDUM, N. et al. Effects of polyphenol-rich chokeberry juice on cellular antioxidant enzymes and membrane lipid status in healthy women. **Journal of Functional Foods**, v 9, p. 89–97, 2014.

KONGKACHUICHAJ, R. et al. Nutrients value and antioxidant content of indigenous vegetables from Southern Thailand. **Food Chemistry**, v. 173, p. 838-846, 2015.

KUSKOSKI, E. M. et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v.36, 2006.

LE, K.; CHIU, F.; NG, K. Identification and quantification of antioxidants in *Fructus lycii*. **Food Chemistry**, v. 105, n.1, p. 353-363, 2007.

LIEN, E. J. et al. Quantitative structure-activity relationship analysis of phenolic antioxidants. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, p. 285–294, 1999.

LIMA, G. P. P.; VIANELLO, F. Food Quality, Safety and Technology. **Springer**. 2013.

LIMA, V. L. A. G. et al. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, v.59, p.447-450, 2002.

LIU, H.; CAO, J.; JIANG, W. Evaluation and comparison of vitamin C, phenolic compounds, antioxidant properties and metal chelating activity of pulp and peel from selected peach cultivars. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, p. 1042-1048, 2015.

LOJKO, D. et al. Atypical features in depression: Association with obesity and bipolar disorder. **Journal of Affective Disorders**, v. 185, p. 76–80, 2015.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Potencial antioxidante de extratos de sementes de limão (*Citrus limon*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 489-493, 2010.

MALTA, L. G. et al. Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 53, p.417–425, 2013.

MALTA, L. G. et al. In vivo analysis of antigenotoxic and antimutagenic properties of two Brazilian Cerrado fruits and the identification of phenolic phytochemicals. **Food Research International**, v. 49, p. 604-611, 2012.

MARIC-BILKAN, C. Obesity and Diabetic Kidney Disease. **Medical Clinics of North America**, v. 97, p. 59–74, 2013.

MCKAY, D. L. et al. Flavonoids and phenolic acids from cranberry juice are bioavailable and bioactive in healthy older adults. **Food Chemistry**, v. 168, p. 233–240, 2015.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, p. 193-201, 2008.

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

MELO, P. S. et al. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1088-1093, 2011.

MILLER, D. D. et al. An in vitro method for estimation of iron availability from meals. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 34, p. 2248-2256, 1981.

MOO-HUCHIN, V. M. et al. Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. **Food Chemistry**, v. 166, p. 17-22, 2015.

MORALES-SOTO, A. et al. Antioxidant capacity of 44 cultivars of fruits and vegetables grown in Andalusia (Spain). **Food Research International**, v. 58, p. 35–46, 2014.

MOREIRA, C. C.; MOREIRA, E. A.; FIATES, G. M. Perceived Purchase of Healthy Foods Is Associated With Regular Consumption of Fruits and Vegetables. **Journal of Nutrition Education and Behavior**, 2015. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1499404614007982>.

NAVES, L. P. et al. Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 185-190, 2010.

NERI-NUMA, I. A. et al. Evaluation of the antioxidant, antiproliferative and antimutagenic potential of araçá-boi fruit (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh — Myrtaceae) of the Brazilian Amazon Forest. **Food Research International**, v. 50, p. 70–76, 2013.

NEVES, L. C. et al. Characterization of the antioxidant capacity of natives fruits from the Brazilian Amazon region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 1165-1173, 2012.

NGUYEN, N. T. et al. Association of obesity with risk of coronary heart disease: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 –2006. **Surgery for Obesity and Related Diseases**, v. 6, p. 465– 469, 2010.

OLIVEIRA, A. C. A. et al. Consumo de frutas e hortaliças por estudantes do curso de Farmácia da Universidade Federal de Juiz de Fora. **HU Revista**, v. 37, p. 377-385, 2012.

OMENA, C. M. B. et al. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**, v. 49, p. 334–344, 2012.

OUCHEMOUKH, S. et al. Antioxidant activities of some dried fruits consumed in Algeria. **LWT- Food and Science Technology**, v. 49, p. 329-332, 2012.

OZCAN, T. et al. Phenolics in Human Health. **International Journal of Chemical Engineering and Applications**, v. 5, p.393-396, 2014.

PAVAN, V.; SANCHO, R. A. S.; PASTORE, G. M. The effect of in vitro digestion on the antioxidant activity of fruit extracts (*Carica papaya*, *Artocarpus heterophyllus* and *Annona marcgravii*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, p. 1247-1251, 2014.

PEREIRA, A. C. S. et al. Effect of antioxidant potential of tropical fruit juices on antioxidant enzyme profiles and lipid peroxidation in rats. **Food Chemistry**, v. 157, p.179–185, 2014.

PEREIRA, M. C. et al. Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of three Brazilian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 29, p. 19-24, 2013.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.3, p. 146-152, 2012.

PÉREZ-VICENTE, A.; GIL-IZQUIERDO, A.; GARCÍA-VIGUERA, C. In Vitro Gastrointestinal Digestion Study of Pomegranate Juice Phenolic Compounds, Anthocyanins, and Vitamin C. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2308-2312, 2002.

PERIKKOU, A. et al. A Novel Approach for Increasing Fruit Consumption in Children. **Journal of The Academy of Nutrition and Dietetics**, v.113, p. 1188-1193, 2013.

PINACHO, R. et al. Phenolic compounds of blackthorn (*Prunus spinosa* L.) and influence of in vitro digestion on their antioxidant capacity. **Journal of Functional Foods**, v.19, p. 49–62, 2015.

PISOSCHI, A. M.; CHEREGI, M. C.; DANET, A. F. Total Antioxidant Capacity of Some Commercial Fruit Juices: Electrochemical and Spectrophotometrical Approaches. **Molecules**, v. 14, p. 480-493, 2009.

PRIOR, R. L. et al. Antioxidant Capacity As Influenced by Total Phenolic and Anthocyanin Content, Maturity, and Variety of *Vaccinium* Species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 2686–2693, 1998.

RAMFUL, D. et al. Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. **Food Research International**, v.44, p. 2088–2099, 2011.

REISS, R. et al. Estimation of cancer risks and benefits associated with a potential increased consumption of fruits and vegetables. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 4421–4427, 2012.

RIBEIRO, E. M. G. **Atividade antioxidante e polifenóis totais do fruto de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) com e sem casca.** Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 77f. 2011.

ROCHA, W. S. et al. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 1215-1221, 2011.

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

ROSSO, V. V. Bioactivities of Brazilian Fruits and the Antioxidant Potential of Tropical Biomes. **Food and Public Health**, v. 3, p. 37-51, 2013.

RUEL, G. et al. Association between nutrition and the evolution of multimorbidity: The importance of fruits and vegetables and whole grain products. **Clinical Nutrition**, v. 33, p. 513-520, 2014.

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

RYAN, L.; PRESCOTT, S. L. Stability of the antioxidant capacity of twenty-five commercially available fruit juices subjected to an *in vitro* digestion. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, p. 1191–1197, 2010.

SAGRILLO, M. R. et al. Tucumã fruit extracts (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) decrease cytotoxic effects of hydrogen peroxide on human lymphocytes. **Food Chemistry**, v. 173, p. 741–748, 2015.

SANCHO, R. A. S.; PAVAN, V.; PASTORE, G. M. Effect of *in vitro* digestion on bioactive compounds and antioxidant activity of common bean seed coats. **Food Research International**, v. 76, p. 64-78, 2015.

SELMA, M. V.; ESPÍN, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Interaction between Phenolics and Gut Microbiota: Role in Human Health. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 57, p. 6485-6501, 2009.

SIEGEL, E. M. et al. Dietary consumption of antioxidant nutrients and risk of incident cervical intraepithelial neoplasia. **Gynecologic Oncology**, v. 118, p. 289–294, 2010

SILVA, E. M. et al. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1012-1018, 2007.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: **7th World Congress on Computers in Agriculture, Reno. Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture.** St. Joseph: ASABE, v. CD 1-5. 2009.

SILVA, L. M. R. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p.398–404, 2014.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, p. 202-210, 2011.

STANISAVLJEVIC, N. et al. Antioxidant and antiproliferative activity of chokeberry juice phenolics during in vitro simulated digestion in the presence of food matrix. **Food Chemistry**, v. 175, p. 516–522, 2015.

STANISAVLJEVIC, N. et al. Extractability of antioxidants from legume seed flour after cooking and in vitro gastrointestinal digestion in comparison with methanolic extraction of the unprocessed flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, p.2096–2104, 2013.

TARKO, T. et al. Transformations of Phenolic Compounds in an in vitro Model Simulating the Human Alimentary Tract. **Food Technology and Biotechnology**, v.47, p. 456-463, 2009.

TCHIKAYA, E. O. et al. *Anacardium Occidentale* Linn. (Anacardiaceae) Stem Bark Extract Induces Hypotensive and Cardio-Inhibitory Effects in Experimental Animal Models. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines**, v. 8, p. 452–461, 2011.

TEOW, C. et al. Antioxidant activities, phenolic and b-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry**, v. 103, p. 829-838, 2007.

THAIPONG, K. et al. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, p.669-675, 2006.

TI, H. et al. Effect of extrusion on phytochemical profiles in milled fractions of black rice. **Food Chemistry**, v. 178, p. 186–194, 2015.

TSAO, R. Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. **Nutrients**, v.2, p. 1231-1246, 2010.

VALMORBIDA, J. L.; VITOLO, M. R. Factors associated with low consumption of fruits and vegetables by preschoolers of low socio-economic level. **Jornal de Pediatria**, v. 90, p. 464-471, 2014.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Total Antioxidant Capacity of Fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 701-705, 1996.

WOOTTON-BEARD, P. C.; MORAN, A.; RYAN, L. Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin–Ciocalteu methods. **Food Research International**, v. 44, p. 217-224, 2011.

WU, Y. et al. Fruit and vegetable consumption and risk of type 2 diabetes mellitus: A dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, v. 25, p 140-147, 2015.

XIAO, P. et al. In vitro antioxidant and anti-inflammatory activities of *Radix isatidis* extract and bioaccessibility of six bioactive compounds after simulated gastro-intestinal digestion. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 157, p. 55–61, 2014.

YASHIN, A. et al. Antioxidant and Antiradical Activity of Coffee. **Antioxidants**, v. 2, p. 230-245, 2013.

ZHENG, L. et al. Comparison of in vitro digestion characteristics and antioxidant activity of hot- and cold-pressed peanut meals. **Food Chemistry**, v. 141, p. 4246-4252, 2013.

ZIN, Z. M. et al. Antioxidative activity of extracts from Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) root, fruit and leaf. **Food Chemistry**, v. 78, p. 227–231, 2002.

ZIN, Z. M. et al. Antioxidative activities of chromatographic fractions obtained from root, fruit and leaf of Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). **Food Chemistry**, v. 94, p. 169–178, 2006.

Discussão Geral

Os resultados apresentados no capítulo 2 evidenciaram que a escolha do solvente foi um fator importante para a determinação dos oligossacarídeos nas amostras de frutos do Cerrado. As amostras de jaracatiá, cagaita e a polpa do cajuzinho do cerrado obtiveram melhores resultados com a extração através do etanol 70%. Entretanto, a polpa da mama-cadela, que obteve o maior teor de oligossacarídeos dentre todas as amostras avaliadas, obteve melhores resultados com a extração aquosa. Esses resultados concordam com Jovanovic-Malinovska et al (2015) que citam que a quantidade e o tipo de oligossacarídeos extraídos de uma matriz vegetal são determinados pelo solvente extrator. Outros autores reportaram extrações utilizando diferentes concentrações de etanol, Ekvall et al (2007) encontrou melhores resultados com a utilização do etanol 50%, em comparação com o etanol 70%, para a extração de oligossacarídeos de ervilha e Wichienchot et al (2010) relataram melhor eficiência da extração com etanol 80% em comparação com o etanol 20% para a extração de oligossacarídeos da pituaia, sugerindo que outras concentrações etanólicas poderiam apresentar resultados diferentes para a quantificação de oligossacarídeos das frutas do Cerrado analisadas, dessa forma, é importante a realização de mais estudos para a determinação do solvente mais adequado (e sua concentração) para cada matriz vegetal.

Dentre as amostras avaliadas, apenas o jaracatiá e a polpa do cajuzinho apresentaram teores de frutoolissacarídeos quantificados, embora os teores da polpa do cajuzinho foram bastante inferiores aos resultados encontrados na literatura (CAMPBELL et al, 1997, MUIR et al, 2009). Mas a somatória de todos os oligossacarídeos analisados revela que a polpa da mama-cadela, através da extração aquosa, apresentou os melhores resultados, o que sugere mais pesquisas para a otimização de procedimentos de extração para este fruto.

O baixo conteúdo apresentando na maioria das amostras sugere três hipóteses. As frutas estudadas podem ter baixo conteúdo dos oligossacarídeos analisados, assim como foi constatado ausência dos frutooligossacarídeos pesquisados em uvas Thompson e traços de frutooligossacarídeos em morangos (CAMPBELL et al, 1997). A metodologia de extração pode não ter sido adequada para a matriz alimentar, como constatado através da extração dos frutooligossacarídeos da bardana (*Arctium lappa*) com diferentes solventes extratores, apresentando teores relevantes de Fos com o uso da água e do etanol (20% e 60%) e valores muito baixo com a utilização do etanol absoluto (LI et al, 2013). Além disso, outros autores citam que a utilização da técnica de extração assistida por micro-ondas (LI et al, 2013) e por ultrassom tem apresentado resultados relevantes (JOVANOVIC-MALINOVSKA et al, 2015), dessa forma, mais estudos poderiam ser realizados com diferentes metodologias para os frutos do Cerrado. E ainda, fatores como o tempo de estocagem (GRAEFE et al, 2004), podem ter influenciado no resultado.

Os resultados encontrados no capítulo 3 demonstraram, através de diversos testes, que a semente de cagaita e a castanha do cajuzinho do cerrado apresentaram o melhor potencial antioxidante antes e após o processo de digestão *in vitro*. Esses resultados estão de acordo com vários autores que citaram frutas e subprodutos de frutos do cerrado como fonte de antioxidante (CARDOSO et al, 2011, CANDIDO et al, 2015, MALTA et al, 2013, ROESLER et al, 2007). A castanha do cajuzinho do cerrado, assim como a castanha do caju, é comestível, no entanto, a semente da cagaita é desprezada, representando um possível desperdício de nutrientes, assim como diversos subprodutos de frutos que são descartados mas contêm, a princípio, maior fonte de substâncias benéficas à saúde do que a parte do fruto consumida (NEVES et al, 2012). Apesar dos bons resultados obtidos neste trabalho, são necessárias mais pesquisas antes de recomendar a ingestão dos subprodutos dos frutos do cerrado à população, pois é importante verificar a segurança alimentar desses resíduos (ABREU et al, 2012).

Os resultados apresentados no capítulo 3 para os testes de Fenólicos Totais, TEAC, DPPH e ORAC, evidenciaram o comportamento distinto que as amostras apresentaram após o processo de digestão *in vitro*, podendo ter sua disponibilidade

aumentada, diminuída ou sem sofrer variação significativa, sugerindo que, apesar das limitações apresentadas pelo modelo de digestão *in vitro* quando comparado com as condições biológicas, ele é uma ferramenta importante pois fornece conhecimento sobre a biodisponibilidade das substâncias analisadas (SANCHO et al, 2015), destacando um valor mais próximo do real do que quando as matrizes são avaliadas antes de se conhecer as frações que estarão disponíveis para absorção intestinal (De LIMA et al, 2014).

As análises de Fenólicos Totais demonstraram que após o processo de digestão não houve aumento significativo do teor de fenólicos em nenhuma das amostras avaliadas. No entanto, várias amostras apresentaram aumento da atividade antioxidante através dos testes realizados (TEAC, DPPH, ORAC), concordando com Pavan et al (2014) que observaram diminuição do conteúdo de fenólicos do extrato da polpa do araticum, porém, aumento da atividade antioxidante através do TEAC e ORAC.

Uma possível explicação para a diminuição do teor de fenólicos após o processo digestivo e a ausência dessa diminuição verificada em algumas amostras, após os testes da atividade antioxidante, seria as diferentes composições de fenólicos que as amostras possuem, que podem apresentar diferentes potenciais antioxidantes (LIEN et al, 1999) e se comportar de forma distinta durante o processo de digestão (PINACHO et al, 2015), e também apresentar diferente capacidade antioxidante, que provavelmente se deve não apenas à uma substância fenólica, mas sim a diversas, bem como o sinergismo que possa ocorrer entre elas (BROINIZI et al, 2007) ou demais interação entre compostos fenólicos com outras substâncias presentes na amostra (CARVALHO et al, 2014). Outra explicação seria o envolvimento de outras substâncias, além dos compostos fenólicos, no potencial antioxidantes das amostras avaliadas, (PEREIRA et al, 2014, ZIN et al, 2006) embora os compostos fenólicos sejam as principais substâncias responsáveis pela atividade antioxidante (ALMEIDA et al, 2011).

A utilização de diversos métodos para a determinação da capacidade antioxidante de cada amostra possibilitou uma maior compreensão do potencial antioxidante de cada fruto avaliado, concordando com trabalhos anteriores que destacam a importância de

mensurar essa atividade através de vários testes (HUANG et al, 2005, WOOTON-BEARD et al, 2011), visto que a escolha de apenas um método poderia gerar resultados difíceis de serem compreendidos.

Conclusão Geral

Os resultados reportados no capítulo 2 revelaram que, nas condições analisadas, o teor de oligossacarídeos dos frutos do cerrado foi baixo, e que mais estudos devem ser realizados para determinar se alguns fatores, como a metodologia utilizada, influenciaram os resultados obtidos. Além disso, a escolha do solvente demonstrou ser um fator importante na determinação dos oligossacarídeos.

As análises apresentadas no capítulo 3 demonstraram que as frutas do Cerrado possuem atividade antioxidante, com destaque para a semente da cagaita e a castanha do cajuzinho do Cerrado.

Os frutos do cerrado e seus subprodutos apresentaram comportamento distinto após o processo de digestão *in vitro*. Para as análises de Fenólicos Totais, todas as amostras apresentaram diminuição significativa, exceto a semente da mama-cadela, que não apresentou alteração significativa. Para as análises de TEAC, DPPH e ORAC, foi observado que algumas amostras aumentaram a atividade antioxidante, em outras foi observado diminuição ou ausência de alteração significativa e, várias amostras não tiveram atividade detectada pelo DPPH após a digestão. Esses resultados demonstraram a importância da realização do processo de digestão *in vitro*, como forma de conhecer melhor o alimento e seu comportamento no organismo humano. Futuros estudos *in vivo* são importantes para melhor esclarecimento dos benefícios da ingestão desses frutos, e também são necessários mais testes que determinem a segurança alimentar de subprodutos dos frutos do cerrado.

A realização das três análises para determinação da atividade antioxidante (TEAC, DPPH e ORAC) foi importante para melhor compreensão e conhecimento das amostras estudadas.

Os frutos do Cerrado podem trazer benefícios para a saúde do consumidor, dessa forma, mais estudos devem ser direcionados para a verificação dos efeitos fisiológicos no organismo humano, bem como pesquisa e desenvolvimento de produtos seguros utilizando os frutos e seus subprodutos, com o intuito de trazer benefícios para a população e também a valorização econômica do bioma brasileiro do Cerrado.

Referências Bibliográficas

ABREU, W. C. et al. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, p. 656-661, 2012

ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155–2159, 2011.

BROINIZI, P. R. B. et al. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 902-908, 2007.

CAMPBELL, J. M. et al. Selected Fructooligosaccharide (1-Kestose, Nystose, and 1F- α -Fructofuranosyl-nystose) Composition of Foods and Feeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 3076 – 3082, 1997.

CANDIDO, T. L. N.; SILVA, M. R.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon biomes. **Food Chemistry**, v. 177, p. 313–319, 2015.

CARDOSO, L. M. et al. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, v. 44, p. 2151–2154, 2011.

CARVALHO, A. V. et al. Mudanças nos compostos bioativos e atividade antioxidante de pimentas da região amazônica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, p. 399-408, 2014.

De LIMA, A. C. S. et al. In vitro bioaccessibility of copper, iron, zinc and antioxidant compounds of whole cashew apple juice and cashew apple fibre (*Anacardium occidentale* L.) following simulated gastro-intestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 161, p. 142–147, 2014.

EKVALL, J.; STEGMARK, R.; NYMAN, M. Optimization of extraction methods for determination of the raffinose family oligosaccharides in leguminous vine peas (*Pisum sativum* L.) and effects of blanching. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 13 – 18, 2007.

GRAEFE, S. et al. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. **Field Crops Research**, v. 86, p.157–165, 2004.

HUANG, D. et al. The chemistry behind antioxidant capacity assays: reviews. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1841-1856, 2005

JOVANOVIC-MALINOVSKA, R.; KUZMANOVA, S.; WINKELHAUSEN, E. Application of ultrasound for enhanced extraction of prebiotic oligosaccharides from selected fruits and vegetables. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 22, p. 446–453, 2015.

LI, J. et al. Determination of Fructooligosaccharides in Burdock Using HPLC and Microwave-Assisted Extraction. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 5888–5892, 2013.

LIEN, E. J. et al. Quantitative structure-activity relationship analysis of phenolic antioxidants. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, p. 285–294, 1999.

MALTA, L. G. et al. Assessment of antioxidant and antiproliferative activities and the identification of phenolic compounds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 53, p.417–425, 2013.

MUIR, J. G. et al. Measurement of Short-Chain Carbohydrates in Common Australian Vegetables and Fruits by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 57, p. 554–565, 2009.

NEVES, L. C. et al. Characterization of the antioxidant capacity of natives fruits from the brazilian amazon region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 1165-1173, 2012.

PAVAN, V.; SANCHO, R. A. S.; PASTORE, G. M. The effect of in vitro digestion on the antioxidant activity of fruit extracts (*Carica papaya*, *Artocarpus heterophyllus* and *Annona marcravii*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, p. 1247-1251, 2014.

PEREIRA, A. C. S. et al. Effect of antioxidant potential of tropical fruit juices on antioxidant enzyme profiles and lipid peroxidation in rats. **Food Chemistry**, v. 157, p.179–185, 2014.

PINACHO, R. et al. Phenolic compounds of blackthorn (*Prunus spinosa* L.) and influence of in vitro digestion on their antioxidant capacity. **Journal of Functional Foods**, v.19, p. 49–62, 2015.

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

SANCHO, R. A. S.; PAVAN, V.; PASTORE, G. M. Effect of *in vitro* digestion on bioactive compounds and antioxidant activity of common bean seed coats. **Food Research International**, v. 76, p. 64-78, 2015.

WICHIENTHOT, S.; JATUPORNPIPAT, M.; RASTALL, R. A. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food Chemistry**, v. 120, p. 850–857, 2010.

WOOTTON-BEARD, P. C.; MORAN, A.; RYAN, L. Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices

before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin–Ciocalteu methods. **Food Research International**, v. 44, p. 217-224, 2011

ZIN, Z. M. et al. Antioxidative activities of chromatographic fractions obtained from root, fruit and leaf of Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). **Food Chemistry**, v. 94, p. 169–178, 2006