Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública

**Efeito das farinhas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea
stigonocarpa* Mart.) *in natura* e extrusada no
metabolismo lipídico e parâmetros fermentativos em
hamsters e resposta glicêmica em humanos após a
extrusão.**

Camila Mattos Rocha Olivieri

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em
Nutrição em Saúde Pública para obtenção do título
de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Nutrição em Saúde Pública

Orientador: Prof. Tit. José Alfredo Gomes Arêas

São Paulo
2016
(Versão revisada)

**Efeito das farinhas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea
stigonocarpa* Mart.) *in natura* e extrusada no
metabolismo lipídico e parâmetros fermentativos em
hamsters e resposta glicêmica em humanos após a
extrusão.**

Camila Mattos Rocha Olivieri

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em
Nutrição em Saúde Pública para obtenção do título
de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Nutrição em Saúde Pública

Orientador: Prof. Tit. José Alfredo Gomes Arêas

São Paulo

2016

(Versão revisada)

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida **exclusivamente** para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da tese.

*Dedico este trabalho ao meu grande amor e esposo, Bruno,
por todo seu amor, incentivo e compreensão,
aos meus pais, Ruth e Luiz Sérgio e meus sogros Rute e Johnny
pelo carinho e apoio, e à minha família pela torcida.*

*“Do mesmo modo que o metal enferruja com a ociosidade e a água parada perde sua pureza,
assim a inércia esgota a energia da mente.”*

Leonardo da Vinci

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me prover de saúde e determinação e permitir que eu alcançasse esta conquista;

Ao meu esposo Bruno, por seu companheirismo, compreensão e dedicação hoje e sempre;

Aos meus pais por sempre me incentivarem aos estudos e formarem seus filhos mesmo com as dificuldades;

Ao meu irmão Fábio e minha cunhada Sharon, por todo o carinho e pelas revisões dos textos em inglês;

Ao Professor José Alfredo pela oportunidade de trabalhar em seu grupo e orientação durante estes quatro anos;

À professora Ana Carolina Conti e Silva por me “apresentar” a Faculdade de Saúde Pública da USP;

Às Professoras Deborah Bastos e Elizabeth Torres pela disponibilidade da estrutura do Laboratório de Bromatologia;

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas correções e considerações durante a pré-banca e defesa;

Aos voluntários, que gentilmente se disponibilizaram em participar do ensaio do índice glicêmico;

À professora Dra. Hiro Goto por ceder as dependências do Biotério do Instituto de Medicina Tropical da Universidade de São Paulo para o experimento animal;

Aos funcionários do Biotério de Experimentação do Instituto de Medicina Tropical, Andréa, Talita e Renato pelo manejo dos animais durante o experimento, e aos funcionários do

Centro de Bioterismo da Faculdade de Medicina da USP, Maria Luiza, Eduardo e Robson por todo auxílio no sacrifício dos animais;

Às especialistas de laboratório Dra. Geni e Dra. Liania, por todo o suporte com as análises e equipamentos, e pelo carinho de sempre;

Ao técnico de laboratório Sr. Bastos por toda a ajuda e “força” com a extrusora;

Aos colegas Amanda Carlos, Augusto Carioca, Aurea Trevisan, Bianka Salvador, Cintia Silva, Gustavo Fontanari, Júlia Florido, Lucile Matsumoto, Marcelo Marques, Manoela Lopes, Nara Zandonadi, Nathalia Correa, Nidilaine Dias e Simone Alves, por todos os momentos de descontração dentro e fora do laboratório e por tornarem meus dias mais leves;

À companheira Cintia Silva por dividir comigo os conhecimentos iniciais sobre o jatobá;

Às alunas de iniciação científica Mariana Kowalski e Tássia Vivian por realizarem trabalhos paralelos a este e que sem dúvida nos ajudaram a conhecer melhor o jatobá;

Às companheiras Bianka Salvador e Rosana Soares por lerem minuciosamente este trabalho e fazerem importantes considerações;

À querida técnica de laboratório Rosana Soares, por toda paciência, carinho e por me auxiliar sempre com seu conhecimento técnico;

Aos funcionários do Departamento de Nutrição Eduardo, José Bezerra, Maria Carolina, Marina, Mônica e Roseli pela disponibilidade;

Aos funcionários da Secretaria de Pós Graduação, Alessandra, Diego, Marilene, Ulisses e Vânia pela presteza;

À CAPES pela bolsa de doutorado concedida;

E se por ventura esqueci-me de alguém, que direta ou indiretamente tenha contribuído para a execução deste trabalho, muito obrigada!

ROCHA-OLIVIERI CM. **Efeito das farinhas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) *in natura* e extrusada no metabolismo lipídico e parâmetros fermentativos em hamsters e resposta glicêmica em humanos após a extrusão.** 2015. Tese - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Resumo

Introdução: A polpa farinácea do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) apresenta alto teor de fibra alimentar, em média 60 g/100 g, que são importantes para a redução do risco e controle de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). A extrusão termoplástica neutraliza aromas intensos, proporciona a formação de amido resistente, aumenta a fibra alimentar solúvel e melhora a textura do produto final. **Objetivo:** Estudar o efeito das farinhas de jatobá-do-cerrado *in natura* (FIN) e extrusada (FE) no metabolismo lipídico e parâmetros fermentativos em hamsters, bem como verificar a resposta glicêmica em humanos após a extrusão. **Métodos:** Processo de extrusão: velocidade de 200 rpm; matriz com 4 mm de diâmetro; taxa de compressão 3:1; alimentação constante de 70 gramas/minuto; temperatura de 150 °C; proporção farinha de jatobá-do-cerrado e amido de milho: 70:30 % e umidade a 25 %. Foi realizado um experimento animal com hamsters durante 21 dias, em que se analisou alguns parâmetros do metabolismo lipídico e colônico (fermentativos) dos animais, divididos em quatro grupos experimentais, se diferenciando pela dieta. As dietas controle (GC), *in natura* (GFI) e extrusada (GFE) eram hipercolesterolemizantes (13,5 % de gordura de coco e 0,1 % de colesterol) e a dieta referência (GR) com óleo de soja como fonte lipídica, não. Todas as dietas apresentavam 15 % de fibra alimentar, sendo que as dietas GR e GC tinham como fonte de fibra a celulose, e as dietas GFI e GFE tiveram as próprias fibras como fonte. A resposta glicêmica em humanos foi verificada por meio do ensaio do índice glicêmico e carga glicêmica da FE, com dez voluntários saudáveis que consumiram 25 gramas de carboidratos disponíveis do alimento teste (farinha extrusada) ou do pão branco como alimento controle. **Resultados:** Não foi observada diferença significativa entre o peso final, ingestão diária média e total, ganho de peso e CEA entre os animais dos quatro grupos. A concentração de triglicerídeos foi menor em 41 % e 38 % nos animais que receberam as dietas GFI e GFE, em relação aqueles que receberam a dieta GC, assim como também para o colesterol total (55 % e 47 %), LDL-c (70 % e 53 %) e não-HDL-c (63 % e 49 %) séricos, lipídeos totais hepáticos (39 % e 45 %) e o peso dos fígados dos animais também foi menor (21 % em ambos os grupos). Não houve diferença no colesterol hepático e excretado nas fezes dos animais dos quatro grupos. Os animais do GFE excretaram 57 % mais ácidos biliares nas fezes que os animais do GC. Com relação aos parâmetros fermentativos, observou-se maior excreção de fibras (1,24 ± 0,08 e 1,52 ± 0,09 gramas) nos animais dos grupos GR e GC respectivamente, em relação aos do GFI e GFE (0,50 e 0,48 gramas), porém o escore fecal (3,50 ± 0,19 e 3,38 ± 0,18) e o grau de fermentação (54 e 52 %) foi maior nos animais dos grupos GFI e GFE. Houve uma maior produção de AGCC no ceco dos animais dos grupos GFI e GFE (80 e 57,5 µmol/g de ceco respectivamente) e maior diminuição do pH no conteúdo cecal nos animais do grupo GFI (7,49 ± 0,10), em relação ao GC (8,06 ± 0,13). Os ácidos acético e propiônico, estiveram presentes em maior quantidade no ceco dos animais dos grupos GFI (58,5 e 6,1 µmol/g de ceco) e GFE (42,5 e 6,6 µmol/g de ceco) e os animais do GFI produziram mais ácido butírico (15 µmol/g de ceco), em relação aos demais grupos. Quanto à resposta glicêmica

da farinha pós extrusão, não houve diferença entre a área de resposta glicêmica da farinha extrusada e do pão branco, o índice glicêmico da farinha extrusada (glicose como controle) foi classificado como moderado, e a carga glicêmica (na porção de 30 gramas), baixa. **Conclusão:** As FIN e FE favoreceram a redução do colesterol total, LDL-c, não-HDL-c e dos triglicerídeos séricos, além da diminuição do acúmulo de lipídeos hepáticos. Foi observado também aumento expressivo na formação de AGCC e no grau de fermentação. A FE proporcionou um aumento na excreção de ácidos biliares nas fezes e apresentou índice glicêmico moderado e baixa carga glicêmica.

Descritores: jatobá-do-cerrado, extrusão, fibras alimentares, resposta glicêmica, colesterol, ácidos graxos de cadeia curta.

ROCHA-OLIVIERI CM. [Effect of jatobá-do-cerrado flour (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) in natura and extruded in lipid metabolism and fermentation parameters in hamsters and glycemic response in humans after extrusion]. 2015. Thesis - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Portuguese.

Abstract

Introduction: The mealy pulp of jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) has high dietary fiber content, on average 60 g/100 g, which is important for reducing risk and control chronic non-communicable diseases (NCDs). The thermoplastic extrusion neutralizes intense flavors, formation of resistant starch, increases soluble dietary fiber and improves the texture of the final product. **Objectives:** Check the effect of jatobá-do-cerrado flour in natura (IF) and extruded (EF) on lipid metabolism and fermentation parameters in hamsters as well as the glycemic response in humans after extrusion. **Methods:** Extrusion cooking: speed of 200 rpm; 4 mm die diameter; compression ratio 3:1; constant feed rate 70 g/min; temperature 150 °C; ratio of jatobá-do-cerrado flour to corn starch: 70:30 % and 25 % moisture. A 21-day biological experiment with hamsters was conducted, in which parameters of the animals lipid metabolism and colonic (fermentation) were analyzed; they were divided into four groups, differing by diet. The control diets (CG), in natura (IFG) and extruded (EFG) were hypercholesterolemic (13.5% coconut fat and 0.1% cholesterol), and the reference diet (RG) with soybean oil as a lipid source was not. All diets had 15 % of dietary fiber, being that RG and CG diets had the cellulose fiber source, and IFG and EFG diets had the fibers themselves as a source. The glycemic response in humans was evaluated by the glycemic index and glycemic load test of EF, with ten healthy volunteers who consumed 25 grams of available carbohydrate food test (extruded) or white bread as food control. **Results:** There was no significant difference between final weight, average total and daily intake, weight gain and FER between animals of the four groups. The values of triglycerides were lower by 41 % and 38 % in the animals receiving the IFG and EFG diets, for those who received the CG diet, as well as for total cholesterol (55 % and 47 %), LDL-c (70 % and 53 %) and non-HDL-c levels (63 % and 49 %) serum, liver lipids (39 % and 45 %) and the animals' liver weight was lower (21 % in both groups). There was no difference in hepatic cholesterol and excreted in feces of animals of the four groups. The animals of the EFG group excrete 57 % more bile acids in stool than animals CG. Regarding the fermentation parameters, we observed increased excretion of fibers (1.24 ± 0.08 and 1.52 ± 0.09 g) in animals of RG and CG respectively, in relation to IFG and EFG (0.50 and 0.48 grams), but the fecal score (3.50 ± 0.19 and 3.38 ± 0.18) and the degree of fermentation (54 and 52%) were higher in animal IFG and EFG groups. There was a greater production of SCFA in the caecum of animals IFG groups and EFG (80 to 57.5 $\mu\text{mol/g}$ caecum respectively) and greater decrease in pH in the cecal contents of IFG animals group (7.49 ± 0.10) compared to the control group (8.06 ± 0.13). The acetic and propionic acids were present in higher amounts in the caecum of animals IFG groups (58.5 and 6.1 $\mu\text{mol/g}$ caecum) and EFG (42.5 and 6.6 $\mu\text{mol/g}$ caecum) and the animals of IFG group produced more butyric acid (15 $\mu\text{mol/g}$ caecum), compared to other groups. Concerning the glycemic response of flour after extrusion, there was no difference between the glycemic response area of extruded flour and white bread, the glycemic index of extruded flour (glucose as a control) was classified as moderate and glycemic load (the portion of 30 grams) low.

Conclusion: IF and EF aided in the reduction of total cholesterol, LDL-c, non-HDL-c and triglycerides, as well as decreased the accumulation of liver lipids. A significant increase in the SCFA and degree of fermentation was also observed. The EF increased the excretion of bile acids in stool, and presented moderate glycemic index and low glycemic load.

Descriptors: jatobá-do-cerrado, extrusion cooking, dietary fiber; glycemic response, cholesterol, short chain fatty acids

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS.....	22
2.2 IMPORTÂNCIA DA FIBRA ALIMENTAR	24
2.2.1 Benefícios das Fibras Alimentares à Saúde	26
2.2.2 Mecanismos de Ação Atribuídos às Fibras Alimentares	27
2.3 JATOBÁ –DO –CERRADO.....	29
2.4 RESPOSTA GLICÊMICA.....	33
2.5 EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA	34
3 JUSTIFICATIVA.....	37
4 OBJETIVOS	38
4.1 OBJETIVO GERAL	38
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	38
5 MATERIAL E MÉTODOS	39
5.1 MATÉRIAS PRIMAS.....	39
5.2 MÉTODOS	40
5.2.1 Composição Centesimal das Farinhas de Jatobá-do-cerrado <i>in natura</i> , extrusada e do Amido de milho	40
5.2.2 Processo de Extrusão Termoplástica.....	41
5.2.3 Escolha da Farinha de Jatobá Extrusada para os Ensaios <i>in vivo</i>	43
5.3 EXPERIMENTO ANIMAL.....	44
5.3.1 Animais	44
5.3.2 Delineamento Experimental.....	45
5.3.3 Dietas Experimentais	48
5.3.4 Consumo Alimentar	53

5.3.5 Ganho de Peso.....	53
5.3.6 Coleta de Material Biológico	54
5.3.7 Análises no Fígado.....	56
5.3.8 Análises nas Fezes	57
5.3.9 Análise de pH e Determinação dos Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC) no Conteúdo Cecal	60
5.4 AVALIAÇÃO DA RESPOSTA GLICÊMICA DA FARINHA DE JATOBÁ EXTRUSADA EM HUMANOS.....	62
5.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	68
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
6.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS DE JATOBÁ-DO-CERRADO <i>IN NATURA</i> E EXTRUSADA E DO AMIDO DE MILHO	69
6.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS DIETAS DO EXPERIMENTO ANIMAL	72
6.3 CONSUMO DAS RAÇÕES E GANHO DE PESO DOS ANIMAIS	74
6.4 PERFIL DE LIPÍDEOS SÉRICOS	75
6.5 COLESTEROL E ÁCIDOS BILIARES NAS FEZES	79
6.6 LIPÍDEOS TOTAIS E COLESTEROL NO FÍGADO	82
6.7 PARÂMETROS FERMENTATIVOS.....	84
6.8 RESPOSTA GLICÊMICA DA FARINHA DE JATOBÁ EXTRUSADA EM HUMANOS	92
7 CONCLUSÕES.....	96
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
APÊNDICE 1 – Teores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel na farinha de jatobá <i>in natura</i> e nas farinhas extrusadas.	112
APÊNDICE 2 - Teores de amido resistente na farinha de jatobá <i>in natura</i> e nas farinhas extrusadas.	113
APÊNDICE 3 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para o ensaio do índice glicêmico em humanos.	114
ANEXO 1 – Aprovação do projeto pela Comissão de Ética no Uso de Animais em Pesquisa do Instituto de Medicina Tropical da USP.	116

ANEXO 2 – Aprovação do projeto pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina da USP.....	117
ANEXO 3 – Aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Faculdade de Saúde Pública da USP.....	118
ANEXO IV – Currículos Lattes.....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal, teor de minerais, ácido fítico, taninos, carotenoides e vitamina C do jatobá-do-cerrado (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.) em base seca	33
Tabela 2. Proporções de farinha de jatobá e amido de milho e parâmetros utilizados para a extrusão	44
Tabela 3. Necessidades nutricionais de hamsters em fase de crescimento	50
Tabela 4. Formulações planejadas para as dietas Referência, Controle, Farinha de jatobá <i>in natura</i> e Farinha de jatobá extrusada (g/Kg de dieta)	52
Tabela 5. Composição das dietas dos Grupos Referência, Controle, Farinha de jatobá <i>in natura</i> e Farinha de jatobá extrusada, em base seca (g.100 g ⁻¹)	53
Tabela 6. Formulação do pão branco	63
Tabela 7. Ciclos utilizados no preparo do pão branco	64
Tabela 8. Características dos sujeitos estudados	65
Tabela 9. Porções dos alimentos utilizados para a avaliação da resposta glicêmica, segundo a quantidade de 25 gramas de carboidratos disponíveis	68
Tabela 10. Composição centesimal (g.100 g ⁻¹) das farinhas de jatobá <i>in natura</i> e extrusada (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.) em base seca	71
Tabela 11. Composição centesimal (g.100 g ⁻¹) do amido de milho em base seca	73
Tabela 12. Peso inicial e final, ingestão diária média e total de dieta, ganho de peso e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) dos hamsters	75
Tabela 13. Concentrações séricas de colesterol total (CT), colesterol associado à LDL e à HDL, não-HDL-c, triglicerídeos (TG) e razão TG/HDL-c dos hamsters	77
Tabela 14. Colesterol e ácidos biliares excretados nas fezes dos hamsters	80
Tabela 15. Lipídeos totais e colesterol hepático dos hamsters	83
Tabela 16. Consumo da fração fibra alimentar, fração fibra alimentar excretada nas fezes, percentual de fermentação da fibra alimentar, peso e escore fecal dos hamsters	86
Tabela 17. Composição centesimal (g.100g ⁻¹) do pão branco em base seca	93
Tabela 18. Resposta glicêmica da farinha extrusada e do alimento controle	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Jatobá-do-cerrado (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.). Fruto intacto, sementes e polpa farinácea	32
Figura 2. a- Farinha de jatobá <i>in natura</i> (FIN); b- Farinha de jatobá extrusada; c- Farinha de jatobá extrusada moída e peneirada (FE)	40
Figura 3. Extrusora laboratorial ELM-20, MIOTTO	43
Figura 4. Animais dispostos em gaiolas individuais	47
Figura 5. Fluxograma do delineamento do experimento animal	48
Figura 6. Dietas fornecidas aos animais: 1 – Dieta Referência (GR); 2 – Dieta Farinha extrusada (GFE); 3 – Dieta Farinha <i>in natura</i> (GFI); 4 – Dieta Controle (GC)	51
Figura 7. Gaiola adaptada para a coleta de fezes	55
Figura 8. Fluxograma do ensaio do índice glicêmico em humanos	66
Figura 9. Porção de alimento teste (farinha extrusada) oferecida aos voluntários	67
Figura 10. Porção de alimento controle (pão branco) oferecida aos voluntários	68
Figura 11. Pesos dos fígados dos hamsters	84
Figura 12. Peso das fezes úmidas e dessecadas, correspondente a 4 dias de coleta, dos hamsters	88
Figura 13. pH do conteúdo do ceco dos hamsters	89
Figura 14. Peso do ceco completo, ceco vazio e conteúdo do ceco dos hamsters	90
Figura 15. Concentração dos AGCC (ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico) no conteúdo do ceco dos hamsters	91
Figura 16. Curvas de resposta glicêmica da farinha extrusada em comparação ao pão branco (alimento controle)	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Componentes da fibra alimentar de acordo com a *American Association of Cereal Chemists*. 26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACAT	acil-colesterol aciltransferase
ADA	Associação Americana de Diabetes
AGCC	ácidos graxos de cadeia curta
AIN – 93G	<i>American Institute of Nutrition for Growing Animals</i>
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
CEA	coeficiente de eficiência alimentar
CETP	proteína de transferência de colesterol esterificado
CG	carga glicêmica
CT	colesterol total
DCNT	doenças crônicas não transmissíveis
DCV	doenças cardiovasculares
DM	<i>diabetes mellitus</i>
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
FE	farinha de jatobá extrusada
FIN	farinha de jatobá <i>in natura</i>
GC	grupo controle
GFE	grupo farinha extrusada
GFI	grupo farinha <i>in natura</i>
GR	grupo referência
HDL	lipoproteína de densidade alta
HDL-c	HDL colesterol
HMG-CoA redutase	hidroximetilglutaril coenzima A redutase
IG	índice glicêmico
LCAT	lecitina colesterol aciltransferase
LDL	lipoproteína de densidade baixa
LDL-c	LDL colesterol
NRC	<i>National Research Council</i>
TG	triglicerídeos

1 INTRODUÇÃO

As doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) compõem um grande problema de saúde pública, e só no Brasil, representam mais de 70 % das causas de morte. Destacam-se entre elas, as doenças cardiovasculares, os cânceres, o *diabetes mellitus* (DM), as enfermidades respiratórias crônicas e as neuropsiquiátricas. Há grande relação entre estas principais DCNT e os fatores de risco de grande prevalência, destacando-se o tabagismo, consumo excessivo de álcool, excesso de peso, sedentarismo, baixo consumo de frutas, verduras e leguminosas e as dislipidemias (DUNCAN et al., 2012; BRASIL, 2014).

O DM é considerado entre as DCNT, como um grupo de doenças metabólicas caracterizadas por hiperglicemia e associadas a complicações, disfunções e insuficiência de vários órgãos, que se desenvolve devido à uma interação entre predisposição genética e estilo de vida. Sua prevalência aumentou de 153 para 347 milhões de casos, afetando 9,8 % dos homens e 9,2 % das mulheres em todo o mundo (BRASIL, 2006; BOWRY et al., 2015).

Em 2013, a Pesquisa Nacional de Saúde estimou que 6,2 % da população brasileira com mais de 18 anos referiu diagnóstico médico de diabetes. Entre as principais recomendações médicas realizadas para estas pessoas destaca-se, manter uma alimentação equilibrada e o peso adequado (BRASIL, 2014).

Segundo a *American Diabetes Association*, a dieta para pacientes diabéticos deve conter baixos teores de gordura saturada, sal e açúcares simples e ser rica em fibras alimentares, preferencialmente solúveis, que se destacam pelo controle de dislipidemias e glicemia, por reduzir a absorção intestinal de colesterol e tornar mais lenta a absorção de carboidratos (ADA, 2008). A ingestão de alimentos com fibras alimentares em sua composição é de extrema importância, uma vez que normalmente são classificados com baixo índice glicêmico ou carga glicêmica (WHO/FAO, 2003; CAPRILES et al., 2009; MELLO e LAAKSONEN, 2009).

Quanto às doenças cardiovasculares, estas são a segunda principal causa de morte em todo o mundo, sendo responsáveis por 17 milhões de óbitos no ano de 2013, além de gerarem os maiores custos com internações hospitalares (BOWRY et al., 2015). No Brasil, em 2013, 4,2 % de pessoas com mais de 18 anos tiveram algum diagnóstico médico de doença cardiovascular (BRASIL, 2014).

Sabe-se que grande parte dos fatores de risco para as DCNT podem ser modificados através da mudança de hábitos alimentares, uma vez que a alimentação desempenha papel fundamental na manutenção do peso corpóreo, no metabolismo lipídico e no controle da glicemia. O consumo excessivo de gorduras, principalmente os ácidos graxos saturados, está associado com o aumento das DCNT, portanto é fator de risco para seu desenvolvimento. Já os alimentos ricos em fibras e com baixo índice glicêmico ou carga glicêmica, estão associados à redução do risco de DCNT (WHO/FAO, 2003; CAPRILES et al., 2009; MELLO e LAAKSONEN, 2009; BOWRY et al., 2015).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saúde, 12,5 % da população com mais de 18 anos tiveram diagnóstico médico de hipercolesterolemia. A principal recomendação médica orientada para estas pessoas foi, em primeiro lugar, manter uma alimentação saudável (93,7 % dos casos). A segunda recomendação foi manter o peso adequado (88 % das pessoas), e a prática de atividade física regular foi orientada para 86 % das pessoas com diagnóstico de hipercolesterolemia (BRASIL, 2014).

O metabolismo do colesterol pode ser regulado em vários momentos: síntese, absorção e reabsorção, por isso, não só os controles de suas concentrações plasmáticas e de sua síntese hepática são o foco das terapias, nos casos de hipercolesterolemia, mas a inibição da absorção intestinal e a excreção de ácidos biliares também são importantes para a homeostase do colesterol (LEIFERT e ABEYWARDENA, 2007; WANG, 2007).

As fibras alimentares exercem efeitos fisiológicos distintos, de acordo com a solubilidade e com a matriz alimentar que se encontram. No metabolismo lipídico, seu consumo regular está associado ao efeito hipocolesterolemizante, atuando na redução do colesterol sérico e hepático. Em relação ao metabolismo glicêmico, elas atuam melhorando a concentração sérica de glicose à medida que dificultam o acesso das enzimas digestivas ao carboidrato e da glicose à mucosa do intestino delgado; ou reduzindo as taxas de glicose pós-prandial ou as taxas de insulina. Quanto aos parâmetros fermentativos, de viscosidade e saciedade, verifica-se a estimulação da fermentação colônica, diminuição do trânsito intestinal e aumento do volume fecal (WHO/FAO, 2003; ADA, 2008).

O processo de extrusão é uma das formas de processamento mais importantes da indústria de alimentos, uma vez que promove a inativação de enzimas indesejáveis, destrói substâncias tóxicas e quando aplicada em matérias primas ricas em fibras alimentares, pode favorecer o

aumento do teor de fibra alimentar total e a formação de amido resistente, o que poderá acarretar em baixa resposta glicêmica do produto final (ARÊAS et al., 2016).

Neste contexto, é de suma importância explorar novas fontes de fibras alimentares derivadas de produtos alimentícios subutilizados ou pouco conhecidos, como por exemplo, o fruto do jatobá-do-cerrado, uma leguminosa arbórea com grande potencial nutritivo, devido ao seu conteúdo de fibra alimentar, cálcio e vitamina C (BATISTA et al., 2011). Apesar da farinha integral de jatobá *in natura* ser amplamente utilizada na culinária regional, há pouca informação disponível sobre seu uso na forma processada e seus efeitos fisiológicos *in vivo* (CHANG, et al., 1998; BATISTA et al., 2011). Portanto, o presente trabalho propôs investigar os efeitos no metabolismo lipídico e nos parâmetros fermentativos, das farinhas de jatobá *in natura* extrusada, e a resposta glicêmica da farinha de jatobá processada por extrusão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS

As transformações econômicas, sociais e culturais produzidas pelas sociedades ao longo do tempo alteram a forma como as pessoas organizam suas vidas. Estas mudanças, ao mesmo tempo que facilitam, também dificultam o acesso da população às condições de vida mais favoráveis à saúde (BRASIL, 2008).

Hoje, as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) são consideradas como epidemia e constituem um sério problema de saúde pública, tanto nos países de alta renda quanto nos de baixa, sendo que do total de óbitos ocorridos no mundo todo em 2008, cerca de 63 % estavam relacionados às DCNT. No Brasil também são a principal causa de morte, e em 2009, foram responsáveis por 72 % do total de óbitos. As DCNT apresentam etiologia múltipla, muitos fatores de risco (“não modificáveis” e “comportamentais”), longos períodos de latência, curso prolongado e origem não infecciosa. São definidas como doenças crônicas, pela Organização Mundial da Saúde (OMS), as doenças cardiovasculares (cerebrovasculares, isquêmicas), neoplasias, doenças respiratórias crônicas e o DM. Também são incluídas doenças que contribuem para o sofrimento dos indivíduos, famílias e sociedade, tais como as desordens mentais e neurológicas, doenças bucais, ósseas e articulares, desordens genéticas e patologias oculares e auditivas (BRASIL, 2008; DUNCAN et al., 2012).

Existe uma forte associação entre as principais DCNT e fatores de riscos comportamentais, destacando-se o tabagismo, consumo abusivo de álcool, excesso de peso, dislipidemias, sedentarismo e baixo consumo de frutas e verduras. O monitoramento destes fatores de risco e da prevalência das doenças a eles relacionados é primordial para a prevenção e diminuição da evolução destas doenças (BRASIL, 2008; BRASIL, 2014; JANKOVIC et al., 2015).

O DM caracteriza-se por ser um transtorno metabólico caracterizado por hiperglicemia, resultado de distúrbio no metabolismo glicídico, muito comum e de incidência crescente na população. Esta condição pode resultar de problemas de secreção e/ou ação da insulina

envolvendo processos patogênicos específicos, como destruição das células beta do pâncreas, resistência à ação ou comprometimento da secreção de insulina (BRASIL, 2014).

Segundo as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes (2015), a classificação atual do DM baseia-se na etiologia, então a OMS e a Associação Americana de Diabetes (ADA) incluem quatro classes clínicas, que designam os seguintes grupos: DM tipo 1, DM tipo 2 (a mais comum, que representa cerca de 90 % dos casos), outros tipos específicos de DM e DM gestacional (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2015).

A prevalência de diabetes tipo 2 aumentou de 153 para 347 milhões de casos no mundo todo. Destes, 10 % encontram-se nos Estados Unidos, enquanto a maioria restante está localizada nos países de baixa e média renda, China, Índia, Brasil, Paquistão, Indonésia e México (BOWRY et al., 2015).

Com relação às doenças cardiovasculares, são doenças que afetam o sistema circulatório e constituem a segunda causa de morte no mundo, sendo verificado um aumento de 7 % nas mortes entre 1990 e 2013, para todos os grupos etários. A principal característica das doenças cardiovasculares é a presença de aterosclerose, que pode ser causada por herança genética, mas a causa principal é comportamental (BOWRY et al., 2015).

A quantidade e o tipo de gordura proveniente da dieta têm influência direta sobre os fatores de risco cardiovascular, entre eles, a concentração de lipídeos e lipoproteínas plasmáticas (COSTA e SILVA, 2005; LOTTENBERG, 2009).

Sabe-se da relação entre alguns ácidos graxos saturados e a elevação do colesterol sérico. Entre os que elevam a colesterolemia e são considerados aterogênicos, estão o ácido láurico (encontrado na gordura de coco), ácido mirístico (presente no leite e seus derivados) e o ácido palmítico (tem como fonte o azeite de dendê, óleo de palma e as gorduras animais). Um dos mecanismos propostos para a ação dos ácidos graxos saturados é que, quando em excesso, eles reduzem o número de receptores hepáticos de LDL (receptores B/E), o que pode impedir a remoção plasmática dessa partícula e também aumentar as concentrações de triglicerídeos séricos. Quando em excesso, as partículas de LDL colaboram para a formação do ateroma, elevando assim o risco cardiovascular (SANTOS et al., 2013).

Grande parte dos fatores de risco para o surgimento do DM tipo 2 e das doenças cardiovasculares, pode ser modificável, como por exemplo, pela alimentação, que desempenha um papel fundamental no peso corpóreo, na glicemia e no metabolismo lipídico. Portanto, o

consumo de alimentos de origem vegetal, como hortaliças, cereais integrais e leguminosas, que são ricos em fibras alimentares, a ingestão de azeite de oliva e nozes, ricos em ácidos graxos insaturados, bem como a ingestão moderada de carne vermelha e outros alimentos ricos em gordura saturada, diminuem o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (SPOSITO et al., 2007; DAMASCENO et al., 2011).

2.2 IMPORTÂNCIA DA FIBRA ALIMENTAR

A fibra alimentar é definida de várias maneiras por diversas instituições de especialistas na área, e sua definição vem sendo modificada ao longo dos anos. Normalmente, as definições são baseadas nos métodos analíticos de determinação, enquanto também há autores que a definem de acordo com seus efeitos fisiológicos (FAO/WHO, 1998; DE VRIES e RADER, 2005; SLAVIN, 2013).

O termo fibra alimentar foi proposto por HIPSLEY, no ano de 1953, com referência a carboidratos e componentes associados à dieta que são resistentes à digestão, substituindo o termo “fibra bruta”, utilizado para alimentação animal. Já em 1972, TROWELL e colaboradores definiram fibra alimentar como sendo “os componentes da parede celular dos vegetais que resistem à digestão pelas enzimas digestivas humanas, incluindo a celulose, hemicelulose, lignina e pectina. Em 1976, os autores modificaram a definição, incluindo componentes não digeríveis que não fazem parte da parede celular: gomas, mucilagens e polissacarídeos de reserva (TROWELL et al., 1976).

Em 2009, o Comitê de Nutrição e alimentos para fins especiais do *Codex Alimentarius*, publicou propostas para definição de fibra alimentar e avaliação dos métodos analíticos: “Fibra alimentar é constituída de polímeros de carboidratos com grau de polimerização maior que 3 [ou 10], que não são digeridos nem absorvidos no intestino delgado. Consiste em um ou mais: polímeros de carboidratos comestíveis ocorrendo naturalmente no alimento como consumido, ou polímeros de carboidratos que podem ser obtidos do material sem processamento por meios físicos, enzimáticos ou químicos, ou de polímeros de carboidratos sintéticos. Têm propriedades como: diminuição do trânsito intestinal e aumento do volume fecal, estimulação da fermentação colônica, redução do colesterol total, LDL colesterol, redução da glicemia pós-prandial ou da

insulinemia. O material considerado como fibra alimentar deve ter, pelo menos, uma dessas propriedades”. A inclusão ou exclusão dos polímeros de carboidratos com 3 a 9 unidades monoméricas foi deixada ao critério das autoridades de cada país (DE VRIES e RADER, 2005; SLAVIN, 2013).

De acordo com a *American Association of Cereal Chemists*, os constituintes da fibra alimentar estão descritos no **Quadro 1**.

Quadro 1. Componentes da fibra alimentar de acordo com a *American Association of Cereal Chemists*.

Polissacarídeos não amiláceos e Oligossacarídeos	Carboidratos Análogos	Lignina e Substâncias associadas aos polissacarídeos não amiláceos
Celulose Hemicelulose Arabinoxilanas Arabinogalactanas Polifrutoses Inulina Oligofrutanos Fruto-oligossacarídeos Gomas Mucilagens Pectinas	Dextrina resistente Maltodextrinas resistentes Dextrinas Compostos sintéticos de carboidratos Polidextrose Metil celulose Hidroxipropilmetil celulose Amido resistente	Ceras Fitato Cutina Saponinas Suberinas Taninos

Fonte: LATTIMER e HAUB, 2010.

Os polissacarídeos não-amiláceos são divididos em dois grandes grupos: solúveis e insolúveis. Esta separação é baseada em suas propriedades físicas, químicas e funcionais. Duas propriedades das fibras, como viscosidade e fermentabilidade, são características importantes relacionadas aos seus benefícios fisiológicos. As fibras solúveis se solubilizam em água, formando um gel viscoso e são fermentáveis pela microflora do intestino grosso. Neste grupo

estão as pectinas, gomas, frutanos e algumas hemiceluloses. Já as fibras insolúveis, no trato gastrointestinal humano não se solubilizam em água, não formam gel, possuem baixa fermentabilidade e contribuem para o aumento do volume fecal. Entre elas, estão a lignina, celulose e algumas hemiceluloses. Normalmente, os alimentos *in natura* que possuem fibras em sua composição, apresentam aproximadamente dois terços de fibra insolúvel e um terço de fibra solúvel (LATTIMER e HAUB, 2010; SLAVIN, 2013).

2.2.1 Benefícios das Fibras Alimentares à Saúde

Estudos clínicos e epidemiológicos demonstram que o consumo de fibras alimentares e cereais integrais é inversamente proporcional ao desenvolvimento de DCNT como obesidade (TUCKER e THOMAS, 2009), DM tipo 2 (MEYER et al., 2000), alguns tipos de câncer (PARK et al., 2009) e doenças cardiovasculares (STREPPPEL et al., 2008).

A *Food and Drug Administration* (FDA) aprovou duas alegações de saúde para a fibra alimentar. A primeira indica que o consumo de aumentado fibras alimentares, sendo 200 gramas derivados do consumo de frutas e vegetais e 85 gramas do consumo de cereais integrais, juntamente com o baixo consumo de gorduras (menos que 30 % das calorias da dieta), pode reduzir o risco de alguns tipos de câncer, como oral, de laringe, do intestino delgado e colorretal. Embora os mecanismos de ação ainda não estejam totalmente elucidados, várias formas de atuação têm sido propostas (LATTIMER e HAUB, 2010).

A resistência da fibra alimentar à ação enzimática, faz com que ela seja fermentada pela microflora colônica no intestino grosso e, conseqüentemente, há produção de ácidos graxos de cadeia curta, os quais possuem propriedades anti-carcinogênicas. Há também a relação do aumento do volume fecal e a viscosidade provocados pelas fibras, desta forma, as células da mucosa intestinal tem menor tempo de contato com substâncias tóxicas e potenciais carcinógenos. Finalmente, o aumento no consumo de fibras alimentares favorece a ingestão de antioxidantes, uma vez que estes encontram-se distribuídos nas frutas, verduras, leguminosas, podendo estar intimamente ligados as fibras alimentares (LATTIMER e HAUB, 2010).

A segunda alegação de saúde da FDA aponta que, dietas ricas em frutas, vegetais e cereais integrais, com uma quantidade de fibras entre 25 a 35 gramas por dia, sendo 6 gramas de fibras solúveis, e com baixo teor de gorduras saturadas (menos que 7 % das calorias) e colesterol, acarretam em menor risco do desenvolvimento de doença cardíaca coronariana. Estudos mostraram que a cada 10 gramas adicionais de fibra alimentar à dieta, o risco de morte por doença cardíaca coronariana pode diminuir de 17 à 35 % (PEREIRA et al., 2004; STREPPPEL et al., 2008). Segundo a ADA, a recomendação de fibra alimentar total para crianças e adultos é de 14 g de fibras a cada 1000 Kcal da dieta (DAHL e STEWART, 2015).

No Brasil, na Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999, a ANVISA também aprovou alegações sobre propriedades funcionais e/ou de saúde para produtos que contenham fibra alimentar, e para os seguintes tipos específicos de fibra alimentar: beta glucana, dextrina resistente, fruto-oligossacarídeos, goma guar parcialmente hidrolisada, inulina, lactulose, polidextrose, *psyllium* e quitosana. As alegações devem constar no rótulo do produto que as contenham (BRASIL, 2015).

Mesmo dado este contexto da importância da fibra alimentar, seu consumo pela população brasileira é baixo. Dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) de 2008/2009 mostram que a ingestão média de fibra alimentar foi da ordem de 12,5 gramas por dia (metade da quantidade mínima recomendada pela FDA), apontando que São Paulo é o estado com menor ingestão (BRASIL, 2015). Por isso, o estímulo ao consumo de alimentos ricos em fibras e a difusão de alimentos subaproveitados pela população brasileira é de extrema importância.

2.2.2 Mecanismos de Ação Atribuídos às Fibras Alimentares

2.2.2.1 Excreção fecal de colesterol e ácidos biliares

A propriedade de viscosidade atribuída à fração solúvel da fibra alimentar pode auxiliar na redução do colesterol sérico através de dois mecanismos: primeiro, uma vez que esta fração possibilita a inibição da absorção intestinal de colesterol e ácidos biliares, impede sua difusão no lúmen intestinal e posteriormente nos sítios de absorção, localizados nas células da mucosa, e segundo, interferem na formação das micelas e na absorção lipídica. Como o colesterol é o

precursor para a síntese de ácidos biliares, quando estes estão em menor quantidade e retornam ao fígado, ocorre o desvio do colesterol intracelular para síntese de ácidos biliares (JENKINS et al., 2000).

2.2.2.2 Fermentação colônica

As fibras alimentares não são digeridas no trato superior do aparelho digestório, chegam ao intestino grosso, onde são fermentadas pela microflora colônica, produzindo ácidos graxos de cadeia curta, os gases hidrogênio, metano e dióxido de carbono e biomassa. Este processo fermentativo varia de acordo com a fração de carboidrato não degradado e se caracteriza pela utilização anaeróbia do material indigerido, produzindo os ácidos graxos de cadeia curta, que são principalmente acetato, propionato e butirato (FAO/WHO, 1998; HAMER et al., 2008; SIMPSON e CAMPBELL, 2015).

As células epiteliais intestinais utilizam o ácido butírico com fonte principal de energia, o que promove seu crescimento e multiplicação, protegendo a mucosa contra inflamações e inibindo o crescimento de células neoplásicas (HAMER et al., 2008; SIMPSON e CAMPBELL, 2015). Em relação ao ácido propiônico, sua principal atuação é como substrato para a gliconeogênese, mas este também participa da redução da síntese hepática de colesterol, através da inibição da enzima hidroximetilglutaril coenzima A redutase (HMG-CoA redutase) (FAO/WHO, 1998).

Já o ácido acético, após ser absorvido, será transportado pela veia porta até o fígado, onde será utilizado como fonte de energia e pode auxiliar na diminuição da síntese hepática de ácidos graxos, uma vez que diferentemente do propiônico e do butírico, ele não é substrato para a lipogênese. Sugere-se que a grande proporção de ácido acético gerado após a fermentação das fibras alimentares e amido resistente resulta em diminuição da produção de ácidos graxos livres, que por sua vez diminui as concentrações de triglicerídeos circulantes (RAMÍREZ-JIMÉNEZ, 2015).

2.2.2.3 Aumento do volume fecal

É de extrema importância a função que as fibras alimentares exercem na formação e propulsão das fezes e na regulação do trânsito intestinal, e é inversa a relação entre o volume fecal e o tempo de permanência no intestino grosso (SLAVIN, 2013).

A fibra alimentar aumenta o volume fecal por várias maneiras. Primeiramente, o volume ocupado pelo material indigerido, como no caso da celulose, aumenta o volume do conteúdo restante. Em segundo lugar, estes resíduos não degradados aprisionam água, devido a sua estrutura tridimensional, e então o volume fecal aumenta, e finalmente, um terceiro mecanismo, seria o aumento da produção de gases durante a fermentação da fibra, que aumentaria o volume intraluminal, além do alongamento da musculatura colônica (FAO/WHO, 1998).

2.3 JATOBÁ –DO –CERRADO

O Cerrado compreende um dos maiores biomas do Brasil, sendo superado apenas pela Floresta Amazônica. Ocupa aproximadamente 24 % do território nacional e está localizado no Planalto Central do Brasil, abrangendo os estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Piauí, São Paulo e o Distrito Federal (SILVA et al., 2008).

Como possui grande extensão e uma localização geográfica favorável, abrange uma grande biodiversidade, principalmente de espécies vegetais, que podem ser utilizadas com diversas finalidades, especialmente na alimentação humana, o que pode gerar renda e melhorar a qualidade de vida da população local. Sua vegetação engloba formações florestais, savânicas e campestres, no entanto, apesar de muitas espécies de plantas do Cerrado já terem sido identificadas, o seu potencial nutritivo e biotecnológico ainda é pouco conhecido ou subaproveitado (CARAMORI et al., 2004; SANO et al., 2008; CARDOSO et al., 2013; SILVA, 2013).

Entre as espécies vegetais nativas do Cerrado, uma que se destaca é o jatobá. O jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) pertence família Fabaceae (Leguminosae) e sub-família Caesalpinoideae, e também é conhecido popularmente como jataí ou jutaí, jataí-do-

campo, jataí-de-piauí, jatobá, jatobá-capão, jatobá-de-caatinga, jatobá-da-serra, jatobá-de-casca-fina, jatobeira, jitaé, jutaé e jutaicaé. É uma leguminosa arbórea de ocorrência nos estados do Piauí, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo e também na Bolívia (CARVALHO, 2007; LORENZI et al., 2008; BATISTA et al., 2011). O jatobá-do-cerrado ocorre naturalmente em solos secos e em solos de fertilidade química baixa, mas sempre em terrenos com boa drenagem. Pode-se considerar a densidade de três a seis plantas por hectare, porém esse número varia dependendo da região, é uma espécie importante para povos e comunidades tradicionais, agroextrativistas e agricultores familiares do Cerrado que o utilizam de forma doméstica, que estão envolvidos na sua cadeia produtiva, desde a coleta o processamento a industrialização e a comercialização de seus produtos e derivados (BRÁS, 2015).

A árvore do jatobá pode medir até 20 metros de altura e produz como frutos, vagens alongadas e arredondadas, de 10 a 20 cm de comprimento e 4 a 6 cm de diâmetro e com peso entre 20 e 84 gramas. Tem casca grossa de textura rugosa, com linha de sutura proeminente circundando todo o fruto e cor variando do marrom-claro ao marrom-escuro (quase negro). O endocarpo farináceo (polpa conhecida como farinha de jatobá) de coloração amarelo claro, é comestível, seco e gomoso, tem sabor adocicado e odor muito característico. Internamente, o fruto possui de uma a seis sementes marrons, elípticas e planas, que se encontram rodeadas pela polpa (CHANG et al., 1998; CARVALHO, 2007; CARDOSO et al., 2013), como apresentado na **Figura 1**.

Os períodos de frutificação em que os frutos estão maduros ocorrem de abril a julho, no Distrito Federal; de julho a novembro, em Mato Grosso do Sul, e em agosto, em Minas Gerais (CARVALHO, 2007).

Figura 1. Jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). Fruto intacto, sementes e polpa farinácea. Fonte: CARDOSO et al. (2013).

O fruto do jatobá-do-cerrado se diferencia de outras leguminosas mais comumente utilizadas, como por exemplo, a soja e o feijão, por apresentar uma pequena quantidade de lipídeos e proteínas ($1,5 \% \pm 0,10$ e $8,0 \% \pm 0,21$ respectivamente) e elevado teor de fibras alimentares ($60,68 \%$), solúveis ($12,8 \% \pm 1,36$) e insolúveis ($47,8 \% \pm 1,71$). Isto se deve, provavelmente, devido ao fato de que no jatobá, a parte comestível refere-se à polpa do fruto, enquanto que nas outras leguminosas, a parte comestível refere-se às sementes (CARDOSO et al., 2013).

Com relação à composição de ácidos graxos da pequena fração lipídica na polpa do jatobá, o principal ácido graxo encontrado é o ácido oleico (C18:1), seguido do ácido palmítico (C16:0), outros ácidos graxos saturados presentes porém em concentrações mínimas, são o araquídico (C20:0) e o heneicosanóico (C21:0). Os ácidos graxos poli-insaturados presentes são o linoleico (C18:2), γ -linolênico (C18:3) e ácido eicosadienóico ômega-6 (C20:2). Pelo grau de saturação, a polpa do jatobá apresenta uma predominância de ácidos graxos monoinsaturados (SILVA et al., 2014).

São poucos os dados disponíveis na literatura acerca da composição de vitaminas e minerais do jatobá, mas estes apontam para concentração significativa de cálcio; de carotenoides (β -caroteno e luteína) e vitamina C (CARAMORI et al., 2004; MARIN et al., 2009;

CARDOSO et al., 2013; ROCHA et al., 2013; SILVA et al., 2014), conforme observa-se na **Tabela 1.**

Os frutos do jatobá são apreciados pelas populações rurais que ingerem a polpa farinácea *in natura* ou na forma de geleia, licor e como farinha para bolos, pães e mingaus (SILVA, 1997; CARVALHO, 2007). Apesar do uso da farinha integral de jatobá ser amplo em pratos da culinária regional, há pouca informação disponível sobre sua incorporação em alimentos processados e seus efeitos fisiológicos pré e pós processamento (SILVA, 1997; CHANG, et al., 1998).

Tabela 1. Composição centesimal, teor de minerais, ácido fítico, taninos, carotenoides e vitamina C do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) em base seca.

Constituintes	Quantidades
Proteínas (g.100 g ⁻¹)	8,0 ± 0,21
Lipídeos (g.100 g ⁻¹)	1,5 ± 0,10
Cinzas (g.100 g ⁻¹)	3,5 ± 0,06
Fibra Alimentar Solúvel (g.100 g ⁻¹)	12,8 ± 1,36
Fibra Alimentar Insolúvel (g.100 g ⁻¹)	47,8 ± 1,71
Amido (g.100 g ⁻¹)	11,0 ± 0,70
Carboidratos (por diferença)	26,4
Cálcio (mg.100 g ⁻¹)	73,9
Zinco (mg.100 g ⁻¹)	1,0
Ferro (mg.100 g ⁻¹)	1,1
Magnésio (mg.100 g ⁻¹)	48,5
Ácido fítico (mg.100 g ⁻¹)	< LD*
Taninos (mg de ácido quercetânico.100 g ⁻¹)	376 ± 38,5
β-caroteno (mg.100 g ⁻¹)	1,7 ± 1,2
Luteína (mg.100 g ⁻¹)	28 ± 24,5
Vitamina C (mg.100 g ⁻¹)	330 ± 61,5

*LD: Limite de detecção

Fonte: MARIN et al. (2009); ROCHA et al. (2013); CARDOSO et al. (2013); SILVA et al. (2014).

2.4 RESPOSTA GLICÊMICA

A resposta glicêmica produzida por um alimento após o consumo irá depender da sua velocidade de digestão e da absorção dos carboidratos presentes, sendo que estes processos envolvem fatores como a quantidade do carboidrato, a natureza do amido (seus teores de amilose, amilopectina e amido resistente), natureza dos monossacarídeos, a forma de processamento do alimento, o teor de lipídeos, proteínas e fibras alimentares, além dos efeitos fisiológicos da mastigação, do esvaziamento gástrico e da absorção intestinal (FAO/WHO, 1998; NAYAK et al., 2014).

A resposta glicêmica pode ser avaliada por dois índices, o índice glicêmico (IG) e carga glicêmica (CG). O IG é um conceito qualitativo do aumento da glicose sanguínea após a ingestão de carboidratos disponíveis de um alimento teste em relação a um alimento padrão. Portanto, é definido como o aumento da área sob a curva glicêmica produzida pelo carboidrato disponível de um alimento teste em relação à área correspondente produzida pela ingestão da mesma quantidade de carboidrato disponível do alimento padrão, que pode ser glicose ou pão branco (JENKINS et al., 1981; FAO/WHO, 1998; BRAND-MILLER et al., 2009).

Ao considerar a glicose como produto padrão, o IG pode ser classificado em baixo (≤ 55), moderado (56-69) ou alto (≥ 70), de acordo com BRAND-MILLER e FOSTER-POWELL (1999).

A forma de processamento sofrida pelo alimento tem impacto direto no seu IG e na resposta glicêmica gerada. Por exemplo, o aquecimento e cisalhamento sofridos pelos grânulos de amido durante o processo de extrusão, fazem com eles se rompam, resultando em gelatinização parcial e despolimerização, desta forma se tornam mais susceptíveis à ação enzimática. Isto irá resultar em aumento do IG dos produtos amiláceos extrusados (AREAS et al., 2016).

Como o IG é um parâmetro que avalia cada alimento individualmente e que não leva em conta a porção consumida, pesquisadores da *Harvard School of Public Health* propuseram outra ferramenta, de maior utilidade clínica: a carga glicêmica. A CG relaciona a qualidade do carboidrato do alimento e a quantidade consumida desse alimento e tem aplicação mais prática, podendo ser utilizada na seleção dos alimentos, pois pode indicar a resposta glicêmica que um determinado alimento ou dieta pode provocar. É obtida por meio da multiplicação da quantidade

de carboidratos disponíveis presentes na porção consumida do alimento, pelo seu IG (SALMERON et al., 1997; CAPRILES et al., 2009).

Considerando a glicose como produto padrão para a determinação do IG, a CG do alimento pode ser classificado em baixa (≤ 10), moderada (11-19) ou alta (≥ 20), segundo a HARVARD SCHOOL OF PUBLIC HEALTH (2009).

O IG e a CG são indicadores da qualidade e da quantidade de carboidratos presentes no alimento, e estes conceitos têm sido associados à prevenção e controle de DCNT, uma vez que dietas contendo alimentos de baixo IG ou CG reduzem o risco de DM, doenças cardiovasculares, síndrome metabólica e possivelmente alguns tipos de câncer, e podem ser utilizados aliados a outros parâmetros nutricionais como aconselhamento dietoterápico (WOLEVER et al., 2008; CAPRILES et al., 2009). Estudos clínicos e epidemiológicos mostram que a substituição de carboidratos de alto, por baixo IG, como carboidratos integrais por exemplo, melhora o controle o controle glicêmico, a diminuição da concentração plasmática de triglicerídeos e aumenta a sensação de saciedade em pacientes diabéticos, por promover a liberação lenta de glicose no sangue (BRAND-MILLER, 2003).

2.5 EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA

O processo de extrusão termoplástica foi inicialmente desenvolvido na indústria de materiais plásticos e foram desenvolvidos e aprimorados diversos parâmetros com este material, incluindo a teoria de funcionamento e a configuração da máquina (FAUBION et al., 1982). Já a extrusão para a indústria de alimentos, teve início em meados dos anos 1920, com um extrusor de rosca dupla, adaptado a produção de massas alimentícias. Um grande desenvolvimento aconteceu a partir de 1946, quando a *Adams Company* iniciou a produção de cereais matinais (HARPER, 1981; ARÊAS, 1992), e em 1968, essa tecnologia se impulsionou ainda mais, com a utilização da extrusão para texturização de proteínas vegetais, o que a colocou entre uma das mais importantes da indústria de alimentos (ARÊAS, 1996; CARDOSO-SANTIAGO, 2002).

A extrusão é um processo de tratamento térmico do tipo HTST (*High-Temperature Short-Time*) (HARPER, 1988) que combina várias operações unitárias, incluindo mistura, cozimento, amassamento, cisalhamento, formação e moldagem, caracterizado por um processo de cozimento,

de alta temperatura em curto tempo, que modifica profundamente as matérias primas, criando diferentes formas e estruturas com novas características funcionais e nutricionais. No extrusor, a matéria prima normalmente rica em carboidratos e proteínas, e com baixa umidade, é conduzida através de um parafuso de Arquimedes dentro do canhão, formando uma massa fundida que é expelida através da matriz (AREAS et al., 2016).

O processo promove a gelatinização do amido, desnaturação e reorientação das proteínas, inativação enzimática, destruição de substâncias tóxicas tais como os inibidores das proteases, diminuição da contagem microbiana e também neutraliza aromas intensos de algumas matérias primas, para obtenção de um produto final com características físicas, geométricas e sensoriais pré-determinadas (FELLOWS, 2006; AREAS et al., 2016).

A extrusão alcançou grande popularidade devido às seguintes razões: sua versatilidade, uma vez que é possível se obter uma ampla variedade de produtos com pequenas alterações no equipamento e modificação de ingredientes; seus custos reduzidos, graças ao uso eficiente de energia nas transformações ocorridas no processo; sua maior produtividade, com altas taxas de produção e automatização, superando outros processos de cozimento ou modelagem; pela qualidade do produto obtido, uma vez que o tratamento térmico destrói a maioria dos componentes indesejados (como os fatores antinutricionais), mas preserva a maior parte dos nutrientes dos alimentos processados; e por não gerar resíduos após o processamento (FELLOWS, 2006; AREAS et al., 2016).

O processo de extrusão de materiais amiláceos irá resultar em uma maior solubilidade do amido, aumento da viscosidade e da taxa de digestibilidade, devido à diminuição do tamanho das partículas, tornando-o assim, mais disponível para a ação enzimática, o que normalmente pode acarretar em aumento do IG do produto final (AREAS et al., 2016).

Existem poucos estudos acerca dos efeitos da extrusão de matérias primas ricas em fibras alimentares. O que se conhece é que a extrusão termoplástica acarreta mudanças estruturais nos biopolímeros presentes, com transformações significativas nos polissacarídeos, uma vez que pode ocorrer a degradação dos componentes da fibra alimentar (como a celulose, por exemplo), em função das elevadas forças de cisalhamento (BRENNAN et al., 2012a; AREAS et al., 2016).

Em razão disto, sua estrutura e composição é largamente afetada, com alteração no peso molecular, assim há formação de novos fragmentos de baixo peso molecular. Desta forma, estes fragmentos menores produzem novas ligações, que são mais resistentes. Estas estruturas são

consideradas amido resistente e contribuem grandemente para o conteúdo total de fibra alimentar do produto extrusado. Geralmente observa-se um aumento do conteúdo da fração solúvel entre 10 e 15 % e diminuição da insolúvel (ØSTERGÅRD et al., 1989; VASANTHAN et al., 2002; AREAS et al., 2016).

As fibras parecem revestir os grânulos de amido, protegendo-os contra a ação das enzimas amilolíticas, reduzindo sua degradação, o que pode acarretar em redução do IG e da resposta glicêmica. Há também o efeito fisiológico da fração solúvel, uma vez que aumentando a viscosidade há redução da absorção intestinal de glicose (BRENNAN et al., 2012b; NAYAK et al., 2014; AREAS et al., 2016)

Desta forma, a ruptura e homogeneização dos componentes devido ao intenso trabalho mecânico durante a extrusão, pode tornar a fibra alimentar mais disponível para a fermentação colônica, já que a degradação desta no cólon é inversamente proporcional ao tamanho da partícula (VASANTHAN et al., 2002; ZARZYCKI e RZEDZICKI, 2009; AREAS et al., 2016).

3 JUSTIFICATIVA

O fruto do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) se diferencia de outras leguminosas, uma vez que não se consome o grão, e sim sua polpa farinácea. Além disso, esta polpa apresenta alta gomosidade, sabor adstringente e aroma intenso, que prejudicam sua aceitabilidade e consumo. Entretanto, possui elevado teor de fibra alimentar, o que a torna proveitosa do ponto de vista nutricional.

Como o processo de extrusão termoplástica melhora a textura, neutraliza aromas intensos, proporciona a formação de amido resistente e aumenta a fibra alimentar solúvel, é importante aplicar este processamento como forma de beneficiar esta matéria prima que é subutilizada e pouco difundida. Dado o alto teor de fibras presentes na farinha do jatobá, as alterações neste componente serão potencialmente as de maior impacto nutricional. Não há na literatura relatos do comportamento da farinha do jatobá-do-cerrado, nem tão pouco dessa após processamento por extrusão, em relação aos efeitos classicamente reportados, referentes ao metabolismo lipídico, aos parâmetros fermentativos e à resposta glicêmica.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Estudar o efeito das farinhas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) *in natura* e extrusada no metabolismo lipídico e parâmetros fermentativos em hamsters hipercolesterolêmicos, bem como verificar a resposta glicêmica em humanos após a extrusão.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as farinhas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) *in natura* e extrusada quanto a sua composição centesimal;
- Avaliar o efeito das farinhas de jatobá no metabolismo lipídico de hamsters por meio da:
 - quantificação dos triglicerídeos e colesterol total séricos e analisar o conteúdo de colesterol associado à HDL, LDL e à não-HDL, além da razão TG/HDL;
 - quantificação dos lipídeos e colesterol total hepáticos;
 - quantificação dos ácidos biliares e colesterol total excretados nas fezes.
- Avaliar o efeito das farinhas de jatobá nos parâmetros fermentativos em hamsters utilizando a:
 - verificação do peso do ceco e conteúdo cecal;
 - determinação do pH do conteúdo cecal;
 - quantificação dos ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato) no conteúdo do ceco;
 - verificação do peso das fezes úmidas e secas, e do score fecal;
 - determinação das frações fibra insolúvel e solúvel nas dietas e fezes dos animais.
- Avaliar o índice glicêmico e a carga glicêmica da farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) extrusada, em humanos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 MATÉRIAS PRIMAS

A farinha de jatobá-do-cerrado *in natura* (FIN) (**Figura 2a**) foi adquirida do Centro de Produção, Pesquisa e Capacitação do Cerrado - CEPPEC (Nioaque/MS). Ela foi produzida artesanalmente pela comunidade local, a partir de um projeto sustentável, sendo que a secagem da farinha é realizada em forno convencional e sem controle de tempo e temperatura, antes da embalagem e comercialização. Após sua obtenção, foi mantida sob refrigeração até o momento das análises.

O amido de milho foi adquirido de comércio local, na zona cerealista da cidade de São Paulo/SP e também foi mantido sob refrigeração até o momento das análises.

A farinha de jatobá extrusada com amido de milho foi processada como descrita no item 5.2.2, seca em estufa com circulação de ar (Quimis-314 D242) a 60 °C por 4 horas, e é referida neste trabalho como farinha extrusada (FE). Para utilização no ensaio do índice glicêmico, foi mantida como estava pós extrusão e secagem (em formato de *pellets*) (**Figura 2b**), sendo a melhor forma para se apresentar aos voluntários. Para o experimento animal, esta foi moída em moinho elétrico (Botini-F001643) e peneirada em tela com *mesh* de 0,42 mm de abertura, para posterior adição na ração (**Figura 2c**). Foram mantidas sob refrigeração até a produção das dietas e o ensaio do índice glicêmico.

Figura 2. **a-** Farinha de jatobá *in natura* (FIN); **b-** Farinha de jatobá extrusada; **c-** Farinha de jatobá extrusada moída e peneirada (FE).

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Composição Centesimal das Farinhas de Jatobá-do-cerrado *in natura*, extrusada e do Amido de milho

No Laboratório de Bioquímica e Propriedades Funcionais dos Alimentos, foi realizada a caracterização química, para o conhecimento detalhado das matérias primas utilizadas. Determinou-se o teor de umidade, por dessecação em estufa a 105 °C até peso constante; cinzas, por calcinação em mufla a 550 °C por 12 horas; lipídeos, por extração a quente em Soxhlet utilizando éter de petróleo como solvente; proteína, utilizando o método micro-Kjeldahl, obtendo-se a porcentagem de nitrogênio. Para as farinhas de jatobá *in natura* e extrusada, aplicou-se o fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,08, obtido pelo perfil de aminoácidos da farinha de jatobá e para o amido de milho, utilizou-se o fator de conversão de 6,25 (AOAC, 2010).

Para determinação da fibra alimentar solúvel e insolúvel utilizou-se o método enzimático-gravimétrico proposto por PROSKY et al. (1988), que é baseado na determinação do peso do resíduo resultante da digestão do amido e da proteína através de hidrólise enzimática, seguido de precipitação das fibras solúveis em etanol a 98 %. A fibra alimentar total equivale a soma da fibra alimentar insolúvel e solúvel.

O amido digerível foi determinado de acordo com o método 996.11 segundo a AOAC (2010), com modificações propostas por WALTER et al. (2008), que se baseia na hidrólise enzimática seguida de determinação espectrofotométrica (505 nm) da glicose liberada por meio da reação com o Reagente Glicose PAP Liquiform (CERTERLAB, Brasil), que contém as enzimas glicose-oxidase ($\sim 11000 \text{ U.ml}^{-1}$) e peroxidase ($\sim 700 \text{ U.ml}^{-1}$), $290 \mu\text{mol.l}^{-1}$ de 4-aminoantiripina e 50 mM de fenol pH 7,5.

Para quantificação do amido resistente utilizou-se a metodologia proposta por GOÑI et al. (1996), que consiste em realizar uma hidrólise enzimática, seguida de determinação espectrofotométrica (505 nm) da glicose liberada por meio da reação com o Reagente Glicose PAP Liquiform (CERTERLAB, Brasil), que contém as enzimas glicose-oxidase ($\sim 11000 \text{ U.ml}^{-1}$) e peroxidase ($\sim 700 \text{ U.ml}^{-1}$), $290 \mu\text{mol.l}^{-1}$ de 4-aminoantiripina e 50 mM de fenol pH 7,5.

Os carboidratos totais foram determinados por diferença e todas as análises foram realizadas em triplicata, exceto fibra alimentar que foi realizada em quadruplicata.

5.2.2 Processo de Extrusão Termoplástica

A extrusão termoplástica foi realizada no Laboratório de Propriedades Funcionais de Alimentos, da Faculdade de Saúde Pública da USP, em extrusora com capacidade laboratorial modelo ELM-20, MIOTTO Ltda., fabricada em São Bernardo do Campo. O equipamento de rosca única, possui sistema com 3 zonas de aquecimento (alimentação, cozimento e saída) aquecidas por resistências elétricas independentes, com resfriamento das zonas 1 e 2 a água e da zona 3 a ar. Acoplado à extrusora há um painel informatizado para controle das variáveis temperatura, rotação da rosca e velocidade de alimentação (**Figura 3**).

O processo foi realizado de forma similar ao implementado para várias outras matérias primas que tiveram sua extrusão realizada no Laboratório de Propriedades Funcionais de Alimentos da FSP/USP (ARÊAS, 1996; BATISTUTI et al., 1991; CHÁVEZ-JÁUREGUI et al., 2000; BOMBO TREVISAN e GOMES ARÊAS, 2012) e os parâmetros de umidade, temperatura, velocidade de rotação e taxa de compressão foram adaptados para a farinha de jatobá, conforme descrito previamente por SILVA, 1997 e CHANG et al., 1998.

O elevado teor de fibra da farinha de jatobá favorece a absorção de água, desta forma, massa não fluiu pelo canhão e obstruiu a saída da extrusora. Portanto, foi necessário acrescentar amido de milho à farinha de jatobá, uma matéria prima sem fibras, assim os efeitos fisiológicos seriam atribuídos somente à farinha de jatobá.

A escolha do amido de milho se deve ao fato de que, submeter um material amiláceo à extrusão proporciona muitas condições favoráveis, uma vez que sua estrutura molecular é homogênea e assim nenhum complexo é formado. Amidos e féculas formam com a extrusão uma massa fundida, com características reológicas conhecidas, o que garante um fluxo contínuo no equipamento, permitindo condições estáveis de operação (HARPER, 1981; COLONNA e MERCIER, 1983; ARÊAS, 1996).

As proporções de farinha de jatobá e amido de milho, umidade, temperatura e a velocidade da rosca foram testadas de acordo com trabalhos realizados por SILVA (1997) e

CHANG, et al. (1998). A partir destes testes, as quantidades de amido de milho foram reduzidas até a obtenção de um extrusado com a maior quantidade de farinha de jatobá possível, conforme mostra a **Tabela 2**. No primeiro teste utilizou-se 150 rpm de velocidade da rosca, como empregado por SILVA (1997). De acordo com CHEN et al. (2014), a uma velocidade de rosca de 150 rpm se obtém produtos de resíduos de soja com maiores teores de fibra solúvel. Porém, à medida que se aumentou a quantidade de farinha de jatobá (para 30 %), a massa não fluiu, portanto aumentou-se a velocidade da rosca para 200 rpm.

O teor de umidade foi ajustado por meio da adição de água destilada, seguida de homogeneização manual e estocagem em sacos plásticos à temperatura de 5 a 8 °C por 24 horas para garantir o equilíbrio da umidade da amostra. As farinhas foram retiradas do refrigerador 1 hora antes do início da extrusão, para que atingissem a temperatura ambiente.

As condições foram padronizadas após os testes exploratórios iniciais, utilizando-se então aquelas em que se conseguiu adicionar a maior quantidade de farinha de jatobá e se obteve o maior teor de fibra alimentar total: velocidade de rotação em 200 rpm, matriz de 4 mm de diâmetro, rosca com taxa de compressão 3:1; taxa de alimentação constante de 70 g/minuto, temperaturas de cada zona do cilindro: zona 1 (alimentação): 40 °C, zona 2 (cozimento): 150 °C e zona 3 (saída): 130 °C, e umidade de 25 % (base seca).

Figura 3. Extrusora laboratorial ELM-20, MIOTTO.

Tabela 2. Proporções de farinha de jatobá e amido de milho e parâmetros utilizados para a extrusão.

Farinhas	Proporção jatobá: amido de milho (%)	Umidade (%)	RPM*	Temperatura Zona 1 (°C)	Temperatura Zona 2 (°C)	Temperatura Zona 3 (°C)
J1	15:85	20	150	30	110	90
J2	30:70	23	200	30	140	120
J3	50:50	25	200	60	140	120
J4	70:30	25	200	40	150	130

*Rotações por minuto

5.2.3 Escolha da Farinha de Jatobá Extrusada para os Ensaios *in vivo*

No processo de extrusão da farinha de jatobá, observou-se que com o aumento da proporção de farinha, houve aumento da quantidade de fibra alimentar insolúvel, solúvel e total nas farinhas extrusadas, sendo verificadas as maiores concentrações na farinha J4 ($27,48 \pm 0,19$, $9,14 \pm 0,39$ e $36,62$, respectivamente) (Apêndice 1).

O amido resistente é um componente da fibra alimentar, caracterizado como um carboidrato dietético não digerível, que possui efeitos fisiológicos similares aos das fibras alimentares (FAO/WHO, 1998; SLAVIN, 2013), além disso, após o processamento por extrusão, há formação de amido resistente no produto final (SAJILATA et al., 2006), portanto, quantificou-se, além da fibra alimentar, o amido resistente na farinha *in natura* e nas farinhas extrusadas. Assim como ocorreu com a fibra alimentar, também houve aumento no teor de amido resistente conforme o aumento da proporção de farinha de jatobá nas farinhas extrusadas e o maior valor também foi observado na farinha J4 ($2,87 \pm 0,27$) (Apêndice 2).

A formação de amido resistente em farinhas extrusadas irá depender dos parâmetros utilizados no processo, tais como: temperatura, umidade e velocidade da rosca e do tipo da farinha utilizada; por exemplo, a extrusão de farinhas de cereais acarreta em diminuição do conteúdo de amido resistente, enquanto a extrusão de farinhas de leguminosas produz excelentes fontes de amido resistente (SAJILATA et al., 2006).

Portanto, optou-se em utilizar para o experimento animal e para o ensaio do índice glicêmico a farinha J4, com 70 % de farinha de jatobá e 30 % de amido, uma vez que se desejava

realizar as intervenções com a maior quantidade de farinha de jatobá possível, e esta apresentou o maior teor de fibra alimentar insolúvel, solúvel e total e amido resistente. Esta farinha é designada no trabalho como farinha extrusada.

5.3 EXPERIMENTO ANIMAL

O experimento animal foi desenvolvido no biotério de experimentação para hamsters do Instituto de Medicina Tropical da Universidade de São Paulo (IMT/USP).

Os procedimentos foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais em Pesquisa do Instituto de Medicina Tropical da Universidade de São Paulo e pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, com protocolos CPE-IMT/252 e nº 090/14 (ANEXOS 1 e 2), respectivamente. O protocolo experimental seguiu as recomendações do *Canadian Council on Animal Care* (OLFERT, et al., 1993).

Realizou-se o experimento animal, com o propósito de verificar se, a adição das farinhas de jatobá *in natura* e extrusada, protegia os animais da ação hipercolesterolemizante da dieta com ácidos graxos saturados e colesterol.

5.3.1 Animais

Foram utilizados quarenta hamsters (*Mesocricetus auratus*), linhagem Golden Syrian, machos, com 28 dias de vida e de padrão sanitário convencional, provenientes do Biotério Central da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Optou-se em utilizar esta espécie por ser um roedor pequeno, sensível a dietas suplementadas com colesterol e ricas em gorduras (DORFMAN, 2005), muito empregado em estudos que avaliam o efeito de drogas e dietas no metabolismo lipídico e aterosclerose. O perfil de lipoproteínas do hamster assemelha-se mais com o dos humanos do que outros roedores, pois apresentam na circulação a proteína de transferência de colesterol esterificado (CETP), esta

característica não está presente em ratos e camundongos selvagens (NISTOR et al., 1987; LOCK, 2005).

Além do que, nos hamsters, aproximadamente 50 % do colesterol plasmático é transportado nas partículas LDL. Estes animais também regulam a secreção de ácidos biliares e sintetizam colesterol hepático e ácidos biliares de maneira similar aos humanos (BRAVO et al., 1994; ZHANG et al., 2009).

5.3.2 Delineamento Experimental

Os animais passaram por um período de adaptação durante sete dias durante o qual foi oferecida ração comercial NUVILAB CR1 (Nuvital Nutrientes S/A, Colombo-PR), com a seguinte composição especificada pelo fabricante: Umidade (máx.): 125 g/Kg; Proteína bruta (min.): 220 g/Kg; Extrato etéreo (min.): 40 g/Kg; Matéria mineral (máx.): 90 g/Kg e Fibra bruta (máx.): 70 g/Kg.

Após este período, foram escolhidos aleatoriamente quatro animais que foram submetidos, após jejum de 12 horas, à coleta de sangue por punção cardíaca e coleta de material biológico, para conhecimento dos procedimentos metodológicos. A descrição dos procedimentos metodológicos encontram-se no item 5.3.6.

Os trinta e seis animais restantes, foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos (Grupo Referência, Grupo Controle, Grupo Farinha extrusada e Grupo Farinha *in natura*), de nove animais cada, e esses mantidos em gaiolas individuais (**Figura 4**) com maravalha autoclavada, em local arejado e com controle de umidade (55 %), temperatura variando entre 20 e 25 °C e expostos a 12 horas de claridade e 12 horas de escuro. A troca das caixas e bebedouros foi realizada duas vezes por semana, em dias alternados.

Em estudos anteriores realizados (VAZ, 2010; FONTANARI, 2010; DIAS, 2012) observou-se diferenças no comportamento alimentar de alguns grupos experimentais de animais, acarretando em diferenças no consumo das dietas e consequentemente no ganho de peso, o que poderia ocasionar conclusões equivocadas geradas pela diferença de consumo da ração. Portanto, para evitar este tipo de inconveniente, optou-se em desenvolver o experimento, com controle do tipo *pair-feeding*, que é um método experimental em que a ingestão calórica é limitada de modo a

tornar-se a mesma entre os grupos de animais, a fim de excluir efeitos por diferenças de ingestão calórica (CASTER e ARMSTRONG, 1956).

Para tanto, as quantidades de ração foram ofertadas de acordo com o grupo que apresentou ingestão menor, após uma semana consumindo as rações experimentais *ad libitum*, e assim, equiparado o consumo dos animais, desta forma o grupo controle recebeu a mesma quantidade de ração que os grupos experimentais. Então, o grupo com menor ingestão é utilizado como "controle" e os demais grupos (devido à mesma quantidade) são chamados de *par-fed* (CASTER e ARMSTRONG, 1956).

Figura 4. Animais dispostos em gaiolas individuais.

Durante o período experimental houve a perda de três animais, sendo um do grupo referência, um do grupo farinha *in natura* e um do grupo farinha extrusada, estes grupos seguindo então com oito animais cada.

Após os 21 dias recebendo as dietas experimentais, todos os animais foram submetidos ao jejum de 12 horas para a coleta dos materiais biológicos e sacrifício.

Na **Figura 5** é apresentado o fluxograma do experimento animal realizado.

Figura 5. Fluxograma do delineamento do experimento animal.

5.3.3 Dietas Experimentais

A partir da composição centesimal das farinhas de jatobá extrusada (previamente produzida em escala laboratorial) e *in natura*, foram formuladas as dietas experimentais, de modo que 15 % da dieta estivesse representada pela fração fibra alimentar das mesmas de acordo com a recomendação máxima de fibras para hamsters proposta pelo *National Research Council* - NRC (1995). A celulose (celulose microcristalina Farmos, com 99,4 % de pureza) foi utilizada como fonte de fibra alimentar das dietas controle e referência.

Para verificar o efeito das farinhas de jatobá *in natura* e extrusada no metabolismo lipídico dos hamsters, optou-se por induzir a hipercolesterolemia nos animais. TERPSTRA et al. (1991) sugerem que a indução da hipercolesterolemia em hamsters pode ser realizada por meio da adição de quantidades fisiológicas de colesterol à dieta (entre 0,05 e 0,1 %), portanto optou-se por adicionar como agentes hipercolesterolemizantes: 0,1 % de colesterol e 13,5 % de gordura de coco (para que junto dos lipídeos das outras matérias primas utilizadas totalizassem 15 % de lipídeos totais), visando aumentar a quantidade de ácidos graxos saturados e de colesterol da dieta. Na dieta dos animais do grupo referência optou-se por utilizar 14,7 % de óleo de soja, para que junto dos lipídeos das outras matérias primas utilizadas totalizassem 15 % de lipídeos, porém como fonte lipídica majoritária, o ácido graxo linoleico.

A formulação da dieta que induziria a hipercolesterolemia foi baseada em outros estudos que desenvolveram ensaios com hamsters e demonstraram bons resultados para este efeito (TERPSTRA et al., 1991; LUCAS et al., 2001; FROTA et al., 2008; VILLANUEVA et al., 2011).

As formulações estavam de acordo com recomendações nutricionais para hamsters em fase de crescimento, segundo o NRC (NRC, 1995), e utilizando uma mistura de vitaminas e minerais para o crescimento adequado dos roedores, preconizada pelo *American Institute of Nutrition for Growing Animals* - AIN-93G, conforme REEVES et al. (1993) e foram oferecidas aos animais como pellets.

Na **Tabela 3** apresentam-se as necessidades nutricionais para hamsters em fase de crescimento.

Tabela 3. Necessidades nutricionais de hamsters em fase de crescimento.

Componentes da dieta	Quantidade (g/100 g)
Fibras	5 a 15
Carboidratos	65
Lipídeos	4 a 20
Proteínas	18 a 24
Total	100

Fonte: NRC (1995).

As dietas foram fabricadas sob encomenda, com ingredientes purificados, pela empresa PragSoluções Biociências, Jaú, São Paulo e posteriormente armazenas sob refrigeração.

De acordo com o fabricante, primeiramente os ingredientes foram pesados individualmente, depois misturados a seco em um misturador. A seguir, água foi adicionada para homogeneização e formação da massa, que foi colocada em um extrusor para adquirir a forma de pellets e, finalmente, os pellets foram secos em secador a 50 °C por 20 horas. O processo de pelletização é necessário para obtenção da textura adequada das rações aos hábitos alimentares e serem aceitas pelos roedores.

Ao término deste processo os pellets foram resfriados, embalados em sacos de polietileno à vácuo, rotulados, envoltos em plástico de polietileno escuro (para evitar a oxidação dos ingredientes) e acondicionados sob refrigeração até o momento do transporte.

Os grupos receberam as seguintes dietas experimentais:

1. Dieta Referência (Grupo Referência - GR): Dieta Controle AIN-93G – a fonte de fibra alimentar foi proveniente da celulose (15 %) e a fonte lipídica foi proveniente do óleo de soja;
2. Dieta Farinha extrusada (Grupo Farinha extrusada - GFE): Dieta hipercolesterolemizante – a fonte de fibra alimentar foi proveniente da farinha de jatobá extrusada (15 %), adicionada de 13,5 % de gordura saturada na forma de gordura de coco e 0,1 % de colesterol;

3. Dieta Farinha *in natura* (Grupo Farinha *in natura* - GFI): Dieta hipercolesterolemizante – a fonte de fibra alimentar foi proveniente da farinha de jatobá *in natura* (15 %), adicionada de 13,5 % de gordura saturada na forma de gordura de coco e 0,1 % de colesterol;
4. Dieta Controle (Grupo Controle - GC): Dieta Controle AIN-93G hipercolesterolemizante – a fonte de fibra alimentar foi proveniente da celulose (15 %), adicionada de 13,5 % de gordura saturada na forma de gordura de coco e 0,1 % de colesterol.

Conforme pode-se observar na **Figura 6**.

Figura 6. Dietas fornecidas aos animais: 1 – Dieta Referência (GR); 2 – Dieta Farinha extrusada (GFE); 3 – Dieta Farinha *in natura* (GFI); 4 – Dieta Controle (GC).

A **Tabela 4** apresenta a formulação planejada para as dietas experimentais.

Tabela 4. Formulações planejadas para as dietas Referência, Controle, Farinha de jatobá *in natura* e Farinha de jatobá extrusada (g/Kg de dieta).

Ingredientes (g/Kg)	Dietas			
	Referência	Controle	Farinha de Jatobá <i>in natura</i>	Farinha de Jatobá Extrusada
Farinha de jatobá <i>in natura</i>	-	-	320,00	-
Farinha de jatobá extrusada	-	-	-	442,00
Amido de Milho	280,00	280,00	140,27	14,93
Caseína	225,00	225,00	204,49	200,73
Celulose*	150,00	150,00	-	-
Óleo de soja	147,00	11,00	1,24	8,34
Amido dextrinizado	100,00	100,00	100,00	100,00
Gordura de coco	-	135,00	135,00	135,00
Colesterol	-	1,00	1,00	1,00
Sacarose	50,00	50,00	50,00	50,00
Mix mineral AIN 93	35,00	35,00	35,00	35,00
Mix de vitaminas AIN 93	10,00	10,00	10,00	10,00
Bitartarato de colina	3,00	3,00	3,00	3,00
BHT (antioxidante)	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00

*99,4 % de pureza

5.3.3.1 Composição Centesimal das Dietas

Os teores de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos foram determinados de acordo com métodos da AOAC (2010). A fibra alimentar solúvel, insolúvel e total foram determinadas de acordo com a metodologia de PROSKY et al. (1988). O amido digerível foi determinado de acordo com o método 996.11 segundo a AOAC (2010), com modificações propostas por WALTER et al. (2008). O teor de colesterol foi determinado de acordo com a metodologia proposta por CSALLANY et al. (1989) e TERPSTRA et al. (1998).

Todas as análises foram realizadas em triplicata, exceto fibra alimentar que foi realizada em quadruplicata, e podem ser observados os resultados na **Tabela 5**.

Tabela 5. Composição das dietas dos Grupos Referência, Controle, Farinha de jatobá *in natura* e Farinha de jatobá extrusada, em base seca (g.100 g⁻¹).

Componentes	Dietas			
	Referência	Controle	Farinha de jatobá <i>in natura</i>	Farinha de jatobá extrusada
Umidade	5,04 ± 0,08	5,20 ± 0,00	6,94 ± 0,04 ^b	7,61 ± 0,00 ^a
Proteínas*	19,34 ± 0,23 ^b	20,26 ± 0,20	20,81 ± 0,34	22,17 ± 0,19 ^a
Lipídeos	15,84 ± 0,94	14,91 ± 0,63	14,36 ± 0,18	15,33 ± 0,27
Cinzas	4,37 ± 0,07 ^b	4,40 ± 0,15 ^b	5,24 ± 0,11 ^a	5,26 ± 0,05 ^a
Fibras Alimentares	14,23	15,14	16,19	15,41
Fração Solúvel	0,01	0,00	3,65 ± 0,00 ^b	5,47 ± 0,47 ^a
Fração Insolúvel	14,22 ± 0,36 ^a	15,14 ± 0,59 ^a	12,54 ± 0,59 ^b	9,94 ± 0,71 ^b
Amido digerível	30,82 ± 3,20	31,74 ± 0,49	27,59 ± 2,08	28,08 ± 3,78
Amido resistente	3,67 ± 2,20 ^a	3,80 ± 3,96 ^a	2,68 ± 0,25 ^b	2,87 ± 0,24 ^b
Colesterol	-	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,05 ± 0,00
Energia Total (kcal/100 g de dieta)	343,20	342,19	322,84	338,97

Resultados expressos em média ± desvio padrão resultantes de análises em triplicata; Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si e onde não existir letras, não há diferença estatística. Utilizou-se o teste ANOVA com comparações múltiplas pelo teste Tukey. Considerou-se significativo $p < 0,05$.

*fator de conversão = 6,25; Referência = Dieta Controle AIN-93G; Controle = Dieta Controle AIN-93G + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha extrusada = Farinha de jatobá extrusada + 0,1% de colesterol

+ 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha in natura = Farinha de jatobá in natura + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco.

5.3.4 Consumo Alimentar

A ingestão das dietas foi determinada diariamente durante os 21 dias de experimento. A quantidade ingerida foi calculada por meio da diferença entre a quantidade ofertada e as sobras deixadas no comedouro.

5.3.5 Ganho de Peso

Durante o período experimental os animais foram pesados em balança digital semi-analítica modelo MA-BS 2000 Marconi, duas vezes por semana no mesmo horário, para avaliar o ganho de peso.

A partir da razão entre ganho de peso e a quantidade de ração consumida, foi calculado o Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA) de cada dieta.

5.3.6 Coleta de Material Biológico

Nos quatro últimos dias de experimento, foi realizada a coleta diária das fezes dos animais. Para a coleta, as gaiolas foram adaptadas com dois pisos (**Figura 7**), a fim de separar as fezes da maravalha e da urina. As fezes foram pesadas em balança analítica e liofilizadas em liofilizador (Operon Modelo FDB-5503, Japão) por 72 horas a -60°C , e armazenadas a -20°C para a posterior realização das análises.

Figura 7. Gaiola adaptada para a coleta de fezes.

A coleta do sangue foi efetuada por punção cardíaca sob anestesia. Foram utilizados como anestésicos cloridrato de quetamina (10 mg/Kg) e xilazina (10 mg/Kg de peso) (KIM e SHIN, 1998).

O sangue foi coletado e acondicionado em tubos BD Vacutainer[®] (Tubo Gel BD SST[®] II Advance[®], com ativador de coágulo e gel separador (BD, Brasil)) e transportado em até duas horas após a coleta para o Laboratório de Análises Especiais LAE – LIM 03 (Patologia Clínica / Medicina Laboratorial), onde foi centrifugado (3000 x g, 15 minutos, 4°C) para análise dos lipídeos no soro.

O fígado foi retirado e pesado em balança analítica (Shimadzu Modelo AX 200). O lobo maior (esquerdo) foi cortado em seis pedaços (três para análise de lipídeos totais e três para análise de colesterol) de 300 a 400 mg, pesados, identificados, acondicionados em micro tubos e

congelados em gelo seco até o transporte para o Laboratório de Composição Centesimal dos Alimentos da FSP/USP, onde estes foram armazenados em ultra freezer a -80 °C até a realização das análises.

Os cecos com conteúdo foram pesados e posteriormente, esvaziados, identificados, o conteúdo foi acondicionado em micro tubo, pesado, identificado e congelado -80 °C para a quantificação dos ácidos graxos de cadeia curta e pH. O órgão vazio então foi limpo com solução salina (9 g NaCl/L), identificado, pesado e congelado -80 °C.

Todo o material biológico não utilizado nos experimentos foi descartado, segundo as Normas de Segurança Laboratorial, no descarte de material biológico do Centro de Saúde Escola “Geraldo de Paula Souza” da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

5.3.6.1 Determinação dos Lipídeos Séricos

A análise de lipídeos no soro foi realizada no Laboratório de Análises Especiais LAE – LIM 03 (Patologia Clínica / Medicina Laboratorial) da FMUSP.

As concentrações de Colesterol Total (CT), Triglicerídeos (TG) e HDL-c foram determinadas por método colorimétrico enzimático, utilizando *kits* enzimáticos pelo sistema COBAS modelo C 111 (ROCHE).

O conteúdo de colesterol associado à LDL foi determinado por meio da fórmula de FRIEDEWALD et al. (1972), onde:

$$\text{LDL-c} = \text{CT} - \text{HDL-c} - \left(\text{TG} / 5 \right) \quad \text{Equação 1}$$

A partir dos resultados, foi calculado o não-HDL-c e calculada a razão TG/HDL-c.

5.3.7 Análises no Fígado

5.3.7.1 Colesterol

Para determinação do colesterol hepático utilizou-se o método proposto por KATSANIDIS e ADDIS (1999), com algumas modificações.

Amostras entre 300 a 400 mg de fígado foram homogeneizadas em solução de saponificação (KOH 11 % (m/v), diluído em etanol 55 % (v/v)). A seguir foram colocadas em banho-maria a 80 °C, com agitação constante, durante 15 minutos. Após resfriamento, adicionou-se 500 µL de hexano e em seguida 300 µL de água deionizada (a adição de água ocasiona um aumento da polaridade da fase aquosa e promove a partição do colesterol na fase orgânica), sendo selecionada para análise a fase orgânica.

A amostra foi então seca e ressuspensa em 1 mL de n-hexano grau HPLC para a separação, identificação e quantificação do colesterol, que foram realizadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) em equipamento da marca *Shimadzu* Modelo LC-10AD (*Shimadzu Scientific Instruments-Inc-Japan*) equipado com injetor automático SIL-20A HT, controlador CBM-20A, forno de coluna CTO-20A e detector de arranjo de diodos SPD-M20A, com coluna cromatográfica Cyano (Phenomenex). O volume de injeção foi de 20 µL. A fase móvel foi constituída por n-hexano/isopropanol nas concentrações de 97:3 (v/v), com fluxo isocrático de 1 mL/minuto. O detector utilizado foi o UV/VIS com varredura, com leitura no comprimento de onda de 206 nm.

A quantificação foi realizada por padronização externa empregando-se curva de calibração de colesterol padrão *Sterolids Inc-USA*. A identificação foi realizada pela comparação do tempo de retenção de cada pico com o do padrão. O tempo de retenção foi de 4,8 minutos, e as análises realizadas em triplicata.

5.3.7.2 Lipídeos Totais

Para obtenção do extrato lipídico dos fígados utilizou-se a metodologia proposta por BLIGH e DYER (1959) com adaptações. Esta análise determina as substâncias solúveis nos solventes apolares clorofórmio e metanol.

Amostras entre 300 a 400 mg de fígado foram adicionadas de 500 µl de metanol e 100 µl de KCl 0,88 % (m/v), homogeneizadas e adicionadas de 1000 µl clorofórmio. A seguir, o extrato foi filtrado em papel qualitativo e lavado cinco vezes com 1000 µL de clorofórmio para a extração total dos lipídeos.

A quantidade de lipídeos extraídos foi determinada gravimetricamente e a análise foi realizada em triplicata (BLIGH e DYER, 1959).

5.3.8 Análises nas Fezes

5.3.8.1 Peso das Fezes

As fezes coletadas durante os quatro últimos dias de experimento foram pesadas em balança analítica (Shimadzu AX200), e a umidade determinada através da liofilização das mesmas em liofilizador (Operon FDB-5503) durante 72 horas.

5.3.8.2 Colesterol

Alíquotas de 50 mg de fezes (previamente liofilizadas, trituradas em moinho IKA – WERKE Modelo M20 e homogeneizadas) foram submetidas à saponificação com 700 µL de metanol e 220 µL de solução de NaOH 5M, em banho-maria a 80 °C, com agitação constante, durante duas horas.

Após resfriamento, adicionou-se solução saturada de NaCl, e o colesterol foi extraído três vezes com 700 µL de éter de petróleo (TERPSTRA et al., 1998).

A amostra foi então seca e ressuspensa em 1 mL de n-hexano grau HPLC para a separação, identificação e quantificação do colesterol, que foram realizadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) em equipamento da marca *Shimadzu* Modelo LC-10AD (*Shimadzu Scientific Instruments-Inc-Japan*) equipado com injetor automático SIL-20A HT, controlador CBM-20A, forno de coluna CTO-20A e detector de arranjo de diodos SPD-M20A, com coluna cromatográfica Cyano (Phenomenex). O volume de injeção foi de 20 µL. A fase móvel foi constituída por n-hexano/isopropanol nas concentrações de 97:3 (v/v), com fluxo isocrático de 1 mL/minuto. O detector utilizado foi o UV/VIS com varredura, com leitura no comprimento de onda de 206 nm.

A quantificação foi realizada por padronização externa empregando-se curva de calibração de colesterol padrão *Sterolids Inc-USA*. A identificação foi realizada pela comparação do tempo de retenção de cada pico com o do padrão. O tempo de retenção foi de 4,8 minutos (CSALLANY et al., 1989).

A análise foi realizada em triplicata.

5.3.8.3 Ácidos Biliares

Os ácidos biliares foram quantificados utilizando o *kit* comercial enzimático colorimétrico *Total Bile Acids Assay*, da marca Diazyme (San Diego, USA).

Alíquotas de 50 mg de fezes foram homogeneizadas com 1 mL de tert-butanol a 50 % (v/v) e mantidas em banho-maria, com agitação, a 37 °C por 20 minutos, para extração das frações lipídicas. As amostras foram então centrifugadas (10.000 x g por 2 minutos) para obtenção do sobrenadante, contendo os ácidos biliares (VAN DER MEER et al., 1985).

Na sequência, em microplaca de poliestireno com 96 cavidades (fundo plano, transparente, Greiner Bio-one GmbH) foram pipetados 135 µL do reagente R1 (Thio-NAD > 0.1 mM, Buffer), 2 µL do sobrenadante (amostra) ou padrão (contido no *kit*) ou água deionizada (branco), a placa foi agitada e incubada a 37 °C por 3 minutos (em leitor de placas, modelo SpectraMax M5, Molecular Devices Inc) e mediu-se a absorbância do branco a 405 nm. Foram então pipetados 45 µL do reagente R2 (3- α -HSD > 2kU/L, NADH > 0.1mM, Buffer) contidos no

kit, seguidos de agitação da placa. As amostras e o padrão foram então submetidos às leituras de absorbância em leitor de placas a 37 °C a 405 nm nos tempos 60 e 120 minutos.

Na presença de Tio-NAD, a enzima 3- α hidroxiesteróide desidrogenase converte os ácidos biliares em 3-cetoesteróides e Tio-NADH. A taxa de formação de Tio-NADH é determinada pela mudança de absorbância a 405 nm, mensurada entre os 60 e 120 segundos de reação.

Para o cálculo da quantidade de ácidos biliares nas amostras, foi utilizada a equação fornecida pelo *kit* e depois ajustada para grama de fezes secas, onde:

$$\text{Total de Ácidos Biliares } (\mu\text{mol/L}) = \frac{\Delta A_{405\text{nm}}/\text{min Amostra} - \Delta A_{405\text{nm}}/\text{min Branco}}{\Delta A_{405\text{nm}}/\text{min Padrão} - \Delta A_{405\text{nm}}/\text{min Branco}} \times \text{Padrão}$$

Equação 2

A análise foi realizada em triplicata.

5.3.8.4 Fibra Alimentar

Para determinação da fibra alimentar solúvel, insolúvel e total nas fezes utilizou-se um *pool* de fezes de todos os animais de cada grupo. Foi utilizado o método enzimático-gravimétrico proposto por PROSKY et al. (1988), que é baseado na determinação do peso do resíduo resultante da digestão do amido e da proteína através de hidrólise enzimática, seguido de precipitação das fibras solúveis em etanol a 98 %. A análise foi realizada em quadruplicata.

O teor de fibra alimentar excretada nas fezes foi quantificada no *pool* das fezes de todos os animais dos respectivos grupos, por meio da fórmula:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Fibra excretada nas fezes} \\ = \frac{(\text{Quantidade de fezes excretadas por animal em 4 dias} \times \text{Quantidade de fibra excretada em 100 gramas de fezes})/100}{4} \end{array} \right]$$

Equação 3

Os dados foram expressos como média e erro padrão.

5.3.8.5 Grau de Fermentação

O grau de fermentação corresponde à diferença, em porcentagem, da quantidade de fibra mensurada nas fezes e fibra consumida pelos animais. Este cálculo estima a quantidade de fibra alimentar fermentada no cólon. A fórmula utilizada foi a seguinte:

$$\text{Grau de fermentação} = 100 - \left[\left(\frac{\text{Fibras nas fezes}}{\text{Fibras consumidas}} \right) \times 100 \right]$$

Equação 4

5.3.8.6 Escore Fecal

Para avaliar o efeito da fibra alimentar na consistência das fezes foi realizada a determinação do escore fecal, no ultimo dia de coleta de fezes dos hamsters. Esta avaliação foi feita por meio de observação visual das fezes e suas características e graduação em uma escala de 1 a 5: escore 1 – fezes muito duras e ressecadas com pellets secos e pequenos; escore 2 – fezes duras, secas, firmes e bem formadas; escore 3 – fezes macias, bem formadas, úmidas, com formato preservado; escore 4 – fezes macias, sem forma definida; escore 5 – fezes líquidas (BEDNAR et al., 2000).

5.3.9 Análise de pH e Determinação dos Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC) no Conteúdo Cecal

O pH do conteúdo do ceco foi aferido por meio da homogeneização de 1,0 grama de conteúdo em 2,0 mL de água deionizada a 4 °C, utilizando um pHmetro PG 1800, GEHAKA (HUANG et al., 2014).

A análise de AGCC no conteúdo do ceco foi realizada no Laboratório de Fermentabilidade Ruminal da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo – FZEA/ZZZ.

A extração dos AGCC no conteúdo cecal foi realizada no Laboratório de Propriedades Funcionais de Alimentos da FSP/USP, de acordo com metodologia proposta por ZHAO et al. (2006), com algumas modificações. Para o preparo da amostra, 1,0 grama de conteúdo do ceco foi suspenso em 2,0 mL de água deionizada a 4 °C e homogeneizado por 3 minutos. A seguir, esta suspensão foi centrifugada (3.000 x g a 4 °C) por 20 minutos. Do sobrenadante límpido, tomou-se uma alíquota de 1.600 µL e homogeneizou-se com 400 µL de ácido fórmico 98-100 % PA. As amostras acidificadas foram então congeladas a -20 °C e transportadas em gelo seco para serem analisadas.

As amostras acidificadas foram descongeladas a temperatura ambiente e centrifugadas a 14.500 × g durante 10 minutos a 4 °C. O sobrenadante (800 µl) foi homogeneizado com 200 µl de ácido fórmico 98-100 % PA e 100 µl do padrão interno (ácido 2-etil-butírico 100 mM, Chemservice, USA).

A quantificação dos AGCC foi realizada por cromatografia em fase gasosa (CG) em equipamento da marca *Shimadzu* modelo GC-2014 (*Shimadzu Scientific Instruments-Inc-Japan*), utilizando uma coluna capilar com dimensões de 30 metros de comprimento e 0.53 mm de diâmetro interno (Stabilwax[®], Restek, EUA), a 145 °C (isotérmica). Hélio foi utilizado como gás de arraste ao fluxo de 8,01 mL/minuto, o ar sintético como comburente (pressão de 40 kPa) e o hidrogênio como combustível (pressão de 60 kPa). Injetor split/splitless e detector dual FID a 250 °C, conforme método descrito por ERWIN et al. (1961), adaptado por GETACHEW et al. (2002).

A quantificação foi realizada por padronização externa a partir de uma mistura de ácidos graxos de cadeia curta livres, acético, propiônico, isobutírico, butírico, isovalérico e valérico (Chemservice, USA). Foram feitas diluições para obtenção das soluções padrões. Cada solução foi injetada no cromatógrafo para obtenção das curvas, correlacionando a área do pico com a concentração de ácido na solução. O volume de 1 µL de cada amostra foi injetado com auxílio de seringa de 10 µL em sistema Splitless, e cada ácido presente foi identificado e quantificado por comparação com os tempos de retenção e concentrações dos ácidos graxos nas soluções padrões.

Os cálculos foram feitos pelo microcomputador acoplado ao sistema de cromatografia gasosa equipado com o software GCSolution[®] (*Shimadzu Scientific Instruments-Inc-Japan*).

5.4 AVALIAÇÃO DA RESPOSTA GLICÊMICA DA FARINHA DE JATOBÁ EXTRUSADA EM HUMANOS

Por se tratar de um experimento em humanos, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa – COEP da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e aprovado, com protocolo de aprovação n° CAAE 07961412.0.0000.5421 (ANEXO 3).

Para verificação da resposta glicêmica da farinha de jatobá, após ser submetida ao processo de extrusão, determinou-se o índice glicêmico (IG) e a carga glicêmica (CG) em humanos. O IG foi avaliado por meio do método proposto por WOLEVER et al. (1991) e FAO/WHO (1998), seguindo as recomendações de WOLEVER et al. (2008) e a CG de acordo com a classificação da HARVARD SCHOOL OF PUBLIC HEALTH (2009).

Foi utilizado como alimento controle o pão branco obtido a partir da formulação de um pão branco padrão rápido, fornecida pelo manual da panificadora doméstica Multi Pane[®], de acordo com a **Tabela 6**.

Tabela 6. Formulação do pão branco.

Ingredientes	Formulação (g)
Farinha de trigo	565,00
Margarina	55,00
Açúcar	38,50
Leite em pó	21,00
Fermento biológico seco	20,00
Sal	8,00
Total (sólidos)	707,50
Água (mL)	250,00

Realizou-se a mistura através da incorporação de todos os ingredientes para o preparo da massa do pão, em forma própria da máquina panificadora, seguindo uma ordem determinada, primeiro a adição dos líquidos (água), seguida da incorporação dos ingredientes secos. A massa foi trabalhada na máquina panificadora, que alterna ciclos de mistura e fermentação da massa, seguida de assamento (**Tabela 7**).

Tabela 7. Ciclos utilizados no preparo do pão branco.

Ciclo	M	D	M	A	T
Pão Branco de 900 g	7 min	5 min	8 min	1 hora e 20 min	1 hora e 40 min
Temperatura (°C)	28°	29°	32°	150°	-

Legenda: M = misturar; D = descansar; A = assar; T = tempo total

Doze mulheres adultas, saudáveis, sem histórico prévio de diabetes, não fumantes, e que não faziam uso de medicações (com exceção de anticoncepcionais), foram recrutadas junto a estudantes e funcionários da FSP/USP. Os participantes foram informados detalhadamente sobre os objetivos e procedimentos utilizados, assegurando-se a proteção da privacidade. Foram entregues termos de consentimento aos participantes que assinaram consentindo em participar da pesquisa (APÊNDICE 3).

Cada voluntário participou de no mínimo três sessões, sendo duas para avaliar o alimento controle (pão branco padrão) e uma para avaliar a farinha de jatobá extrusada. Estes foram distribuídos de acordo com a sua disponibilidade, nos dias dos testes para participar do experimento. As sessões de avaliação da resposta glicêmica foram realizadas no período da manhã, com intervalo de 2 a 5 dias entre as avaliações, para cada voluntário. Os participantes foram orientados a manterem seus hábitos alimentares e atividades físicas e a não consumirem álcool nos dias anteriores (48 horas) ao teste.

Quando a duplicata da área de resposta glicêmica do alimento controle apresentou coeficiente de variação superior a 20 %, foi realizada a análise em triplicata (em sete voluntários). Se após a triplicata o coeficiente de variação continuasse superior a 20 %, o voluntário era excluído do estudo (um voluntário).

Após a análise dos dados, também foram excluídos os sujeitos que apresentaram os valores de área de resposta glicêmica maiores que dois desvios-padrão da média (um voluntário) WOLEVER et al. (2008). Então, neste experimento foram excluídos os resultados de dois sujeitos. Desta forma, serão apresentados os resultados de dez voluntários, conforme a **Tabela 8**.

O fluxograma do ensaio do índice glicêmico pode ser verificado na **Figura 8**.

Tabela 8. Características dos sujeitos estudados.

Variáveis	Sujeitos (n=10)
Idade (anos)	29,20 ± 1,74
Altura (m)	1,62 ± 0,01
Peso (Kg)	56,27 ± 2,07
IMC (Kg/m ²)	21,47 ± 0,76

Valores expressos em media ± erro padrão de 10 voluntários.

Figura 8. Fluxograma do ensaio do índice glicêmico em humanos.

As medições de glicose no sangue foram realizadas após jejum de 10 a 12 horas e consumo de 25 gramas de carboidrato disponível do alimento a ser testado (farinha extrusada, conforme **Figura 9**) ou do alimento controle (pão branco, conforme **Figura 10**). As quantidades ofertadas de pão branco e farinha extrusada equivalentes as 25 gramas de carboidratos disponíveis, encontram-se na **Tabela 9**.

Em geral, estudos que avaliam a resposta glicêmica dos diversos alimentos, utilizam de 25 a 50 gramas de carboidrato disponível na porção do alimento controle ou alimento teste (JENKINS et al., 1981; WOLEVER et al., 1991; FAO/WHO, 1998; GUERRA-MATIAS e ARÊAS, 2005; WOLEVER et al., 2008; BRAND-MILLER et al., 2009). Optou-se em utilizar

uma porção de 25 gramas de carboidrato disponível para viabilizar o consumo do alimento teste no tempo estipulado de 15 minutos, pois uma porção maior acarretaria em um grande volume do alimento teste, e uma vez que é um alimento seco, com grande concentração de fibras, além de sabor e aroma intensos, poderia haver dificuldade dos voluntários.

Foi realizada a coleta de sangue capilar da polpa digital para avaliar a glicemia de jejum, seguido pelo consumo do alimento correspondente (farinha extrusada teste ou pão branco controle), e posteriores punções nos tempos 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos após a ingestão do alimento (após a primeira mordida), utilizando-se sempre o mesmo acompanhamento líquido (250 mL de água durante as duas horas de teste). A farinha extrusada foi oferecida aos voluntários da forma como saiu do extrusor, ou seja, intacta (sem ser triturada como farinha), de forma que se assemelhasse a um cereal matinal. Os voluntários tiveram 15 minutos para ingerir o alimento avaliado (JENKINS et al., 1981; BRAND et al., 1985; BRAND-MILLER et al., 2009).

A concentração de glicose sanguínea foi determinada em glicosímetro (Accu-Check[®] Active, Roche Diagnostics, Mannheim, Alemanha).

Figura 9. Porção de alimento teste (farinha extrusada) oferecida aos voluntários.

Figura 10. Porção de alimento controle (pão branco) oferecida aos voluntários.

Tabela 9. Porções dos alimentos utilizados para a avaliação da resposta glicêmica, segundo a quantidade de 25 gramas de carboidratos disponíveis.

Alimento	Porção (g)*
Alimento controle - Pão Branco	63,1
Farinha extrusada	51,6

*Porção equivalente a 25 gramas de carboidratos disponíveis no alimento.

O cálculo da área sob a curva de resposta glicêmica foi realizado geometricamente aplicando-se a regra trapezoidal, a qual considera apenas a área de incremento glicêmico acima do valor de glicose de jejum (WOLEVER et al., 1991; FAO/WHO, 1998). O valor médio da área da resposta glicêmica do pão branco foi considerado como controle (IG do pão = 100), e o IG da farinha extrusada teste foi expresso como a razão em porcentagem da área da resposta glicêmica do alimento teste em relação à área do alimento controle. A média dos IGs individuais foi considerada como o IG da farinha extrusada testada (WOLEVER et al., 1991). Este valor então foi multiplicado por 0,7 fornecendo uma estimativa do IG obtido com glicose como alimento controle (IG da glicose = 100), este valor foi utilizado para calcular a carga glicêmica (CG) que

foi determinada como produto do IG do alimento e da quantidade de carboidrato disponível existente na porção do alimento, segundo a equação:

$$\left[CG = \frac{(IG \times \text{teor de carboidrato disponível na porção})}{100} \right] \quad (\text{SALMERON et al., 1997})$$

Equação 5

Através destes valores foi possível classificar o IG e a CG da farinha extrusada testada. Considerando a glicose como alimento controle, o IG é classificado em baixo (≤ 55), moderado (56-69) ou alto (≥ 70) (BRAND-MILLER e FOSTER-POWELL, 1999). A CG dos alimentos pode ser classificada em baixa (≤ 10), moderada (11-19) ou alta (≥ 20) (HARVARD SCHOOL OF PUBLIC HEALTH, 2009).

5.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Inicialmente verificou-se se cada variável apresentava distribuição normal, utilizando-se o teste não paramétrico *Kolmogorov-Smirnov* ($p > 0,05$). A seguir, foram realizados testes para detectar diferença entre médias.

Para comparar diferença entre duas amostras independentes para variáveis com distribuição normal, o teste utilizado foi o *t-Student*. Para três ou mais amostras independentes para variáveis com distribuição normal, foi empregado o teste paramétrico de Análise de Variância (ANOVA), seguido do teste de comparações múltiplas de *Tukey*, quando detectada diferença entre grupos.

Para as variáveis que não apresentaram distribuição normal (colesterol total, HDL-c e LDL-c) utilizou-se o teste não paramétrico de *Kruskall-Wallis*, com comparações múltiplas pelo teste de *Tukey* para três ou mais amostras independentes. As médias foram consideradas diferentes ao nível de 5 % de significância.

Os gráficos gerados foram elaborados no Microsoft Office- Excel 2007 e o pacote estatístico utilizado foi o *Statistical Package for Social Science 20.0* (SPSS-IBM).

Os resultados foram expressos em média e desvio padrão (para as análises realizadas nas matérias primas) ou erro padrão (para os materiais biológicos).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS DE JATOBÁ-DO-CERRADO *IN NATURA* E EXTRUSADA E DO AMIDO DE MILHO

A **Tabela 10** apresenta a composição centesimal das farinhas de jatobá *in natura* e extrusada. Comparando-se a farinha de jatobá utilizada no presente trabalho com a utilizada por demais pesquisadores, observa-se que a farinha de jatobá *in natura* diferenciou-se quanto ao teor de umidade das amostras analisadas por BATISTA et al. (2011) e SILVA et al. (2014) que também caracterizaram farinhas de jatobá. Estes estudos verificaram $16,8 \% \pm 0,03$ e $13 \% \pm 0,05$ de umidade, respectivamente. A diferença observada quanto à umidade da farinha, pode ser explicada devido à forma de processamento. No caso da farinha analisada no presente trabalho, foi submetida a um processamento térmico (secagem em forno convencional) pela Cooperativa que forneceu a matéria prima. Outro fator que também pode influenciar no teor de umidade da matéria prima, é o armazenamento, que foi realizado sob refrigeração, favorecendo a baixa umidade.

O teor de cinzas e lipídeos do presente estudo corroborou os resultados encontrados por BATISTA et al. (2011), que obtiveram $4,03 \% \pm 0,03$ e $2,41 \% \pm 0,48$ respectivamente. Quanto ao teor de proteínas, este foi similar ao encontrado por SILVA et al. (1999), que observaram $5,6 \% \pm 0,4$.

Em relação aos valores de fibra alimentar insolúvel e solúvel ($38,64 \% \pm 0,21$ e $12,00 \% \pm 0,20$, respectivamente), esses foram semelhantes aos encontrados por SILVA et al.

(1999), $36,4 \% \pm 0,3$ e $12,6 \% \pm 0,4$. Já o teor de fibra alimentar total, foi similar ao observado por CARDOSO et al. (2013), que verificaram 44,3 % de fibra total, em farinha de jatobá.

Os carboidratos disponíveis encontrados foram similares aos verificados por SILVA et al. (1999) (34,28 %). Entretanto, os valores de amido total foram superiores quando comparados aos encontrados por CHANG et al. (1998) e SILVA et al. (1999) que obtiveram $3,1 \% \pm 0,1$.

Tabela 10. Composição centesimal ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) das farinhas de jatobá (*Hymenaea stignocarpa* Mart.) *in natura* e extrusada em base seca.

Composição	Farinha de jatobá <i>in natura</i>	Farinha de jatobá extrusada ^{**}
Umidade	$7,20 \pm 0,06$	$7,11 \pm 0,03$
Cinzas	$4,62 \pm 0,04$	$2,94 \pm 0,04$
Proteínas	$6,24 \pm 0,78$	$5,53 \pm 0,06$
Lipídeos	$2,94 \pm 0,29$	$0,60 \pm 0,09$
Carboidratos totais [*]	86,20	90,93
Carboidratos:		
Fibra Alimentar Solúvel	$12,00 \pm 0,20$	$9,14 \pm 0,40$
Fibra Alimentar Insolúvel	$38,64 \pm 0,21$	$27,48 \pm 0,1$
Fibra Alimentar Total	50,64	36,62
Amido digerível	$6,16 \pm 1,64$	$13,23 \pm 0,74$
Não determinado (por diferença)	29,40	41,08

^{*} Os carboidratos totais foram calculados através da diferença percentual dos componentes de acordo com a fórmula: $[100 \text{ g peso seco} - (\text{proteína (g)} + \text{lipídeo (g)} + \text{cinzas (g)})]/100 \text{ g}$.

^{**} Farinha extrusada (J4): 70% farinha de jatobá *in natura* e 30% amido de milho.

Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão de três determinações da mesma amostra, exceto fibra alimentar solúvel e insolúvel, em que foram realizadas quatro determinações da mesma amostra.

Apesar de pertencer à família das leguminosas, o fruto do jatobá-do-cerrado se diferencia desta classe, tanto por sua composição, quanto pela forma de consumo, portanto, é de difícil comparação com outras leguminosas. Porém, um fruto que se assemelha ao jatobá, é a alfarroba, também pertencente à família das leguminosas, possui fruto em formato de vagem, com o interior da vagem preenchido por sementes envoltas pela polpa farinácea de sabor adocicado, assim como a do jatobá.

Assim como a forma de consumo do fruto, sua composição centesimal também é semelhante, principalmente com relação aos baixos teores de umidade, lipídeos e proteínas ($9,03 \% \pm 0,05$, $0,74 \% \pm 0,12$ e $5,82 \% \pm 0,08$, respectivamente), conforme verificado por YOUSIF e ALGHZAWI (2000), e às elevadas concentrações de fibra insolúvel ($40 \% \pm 0,01$), solúvel ($2,69 \% \pm 0,00$) e total ($42,9 \%$), conforme encontrado por SANTOS et al. (2015). A farinha de jatobá apresentou valores superiores de fibra solúvel e total à alfarroba.

Este alto teor de fibra alimentar da farinha de jatobá, a caracteriza com alto conteúdo de fibras (ANVISA, 2012). De acordo com as *Dietary Reference Intakes* (IOM, 2005), a recomendação de fibra alimentar para adultos é de 25 a 38 g/dia, portanto o consumo de 50 gramas da farinha de jatobá (em média a polpa de dois frutos) atinge esta recomendação diária. Destaca-se ainda por possuir maior teor de fibra do que produtos como o farelo de trigo e a farinha de aveia, em que foram encontrados 27,55 g e 11,20 g/100 g, respectivamente, segundo FUJITA e FIGUEROA (2003). Portanto deve ser incentivado o consumo da farinha de jatobá como substituto para produtos à base de farinhas, a fim de melhorar o valor nutritivo do produto final, principalmente em dietas com restrições de carboidratos, como no DM, por exemplo.

O jatobá apresenta uma maior proporção de fibra insolúvel em relação à solúvel. Estudos com matérias primas com proporções de fibras semelhantes ao do presente estudo (47% insolúvel e $9,4 \%$ solúvel), mostraram efeitos fisiológicos favoráveis em hamsters, em relação à hipocolesterolemia e hipolipidemia, excreção de colesterol e ácidos biliares e aumento de volume fecal (CHAU e HUANG, 2003; CHAU et al., 2004; HUANG et al., 2014).

Quanto à composição centesimal da farinha extrusada (J4), escolhida para os testes biológicos, por ser o produto obtido com maior quantidade de farinha de jatobá, verificou-se que a umidade ($7,11 \% \pm 0,03$) permaneceu a mesma da farinha *in natura* ($7,20 \% \pm 0,06$). Esta baixa umidade é característica de produtos farináceos, qualidade desejável para prolongar o tempo de prateleira. BOMBO (2006) encontrou $6,41 \% \pm 0,10$ de umidade em extrusados de milho e linhaça, e MARQUES (2013) verificou $8,86 \% \pm 0,02$ de umidade na farinha de feijão caupi extrusada.

Observa-se baixos teores de proteínas e lipídeos. Estes resultados eram esperados uma vez que a farinha de jatobá *in natura* apresenta pouca quantidade de proteínas e lipídeos, e para a extrusão foi adicionado apenas amido de milho à farinha.

A composição centesimal do amido de milho utilizado para o processo de extrusão encontra-se na **Tabela 11**. Como se pode observar, 98,9 % da composição do amido de milho é carboidrato disponível.

Tabela 11. Composição centesimal (g.100 g⁻¹) do amido de milho em base seca.

Composição	Amido de milho ^{**}
Umidade	11,00 ± 0,01
Proteína	0,61 ± 0,00
Lipídeos	0,00 ± 0,00
Cinzas	0,11 ± 0,02
Fibra alimentar total	0,40 ± 0,01
Fibra alimentar insolúvel	0,40 ± 0,01
Fibra alimentar solúvel	0,00 ± 0,00
Carboidrato disponível [*]	98,88

^{*}Estimado por diferença

^{**}Valores expressos em média ± desvio padrão de três determinações da mesma amostra, exceto fibra alimentar solúvel e insolúvel, em que foram realizadas quatro determinações da mesma amostra.

6.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS DIETAS DO EXPERIMENTO ANIMAL

Os resultados de umidade, proteína, lipídeos, cinzas, fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, amido digerível, colesterol e energia das dietas experimentais de cada grupo, encontram-se na **Tabela 5**, na seção 5.3.3.1 Composição Centesimal das Dietas.

Verifica-se que as dietas estavam de acordo com a composição previamente planejada (**Tabela 4**), nos quatro grupos experimentais, sendo admitida variação de até 10 % em relação à formulação estimada, por serem consideradas variações analíticas e de processamento. Apenas o colesterol das dietas estava abaixo do teor solicitado à PragSoluções Biociências, porém, considerando que a quantidade de lipídeos estava adequada, e que a indução da hipercolesterolemia em hamsters pode ser realizada pela adição de quantidades entre 0,05 e 0,1 % de colesterol à dieta (TERPSTRA et al., 1991), assumiu-se que isto não ofereceria problema ao

experimento, uma vez também, que não houve diferença significativa no teor de colesterol entre as rações.

Conforme esperado, as rações de todos os grupos apresentaram aproximadamente 15 % de lipídeos (valor recomendado para hamsters em fase de crescimento, entre 4 a 20 %), porém estes lipídeos eram diferentes em relação à qualidade, sendo que a ração do grupo referência (a fim de servir de padrão de comparação com os demais grupos) foi formulada de modo que mantivesse o perfil lipídico dos animais normal (com óleo de soja como fonte lipídica), e as rações controle, farinha de jatobá *in natura* e extrusada, foram planejadas de modo que alterassem o perfil lipídico dos animais, induzindo a hipercolesterolemia (com gordura saturada e colesterol como fonte lipídica).

As quantidades de fibras alimentares das rações dos quatro grupos foram semelhantes e também estava de acordo com a formulação planejada (quantidade de 15 %, máximo recomendado pela NRC (1995)). Não houve diferença entre os teores de fibra alimentar solúvel das rações referência e controle, o que já era esperado, uma vez que ambas continham celulose como fonte de fibra e esta é basicamente composta por fibra insolúvel ($99,9 \% \pm 0,28$). Já entre as dietas farinha de jatobá *in natura* e extrusada encontrou-se diferença, uma vez que na farinha extrusada houve aumento da fração solúvel após o processo de extrusão.

Com relação à fibra insolúvel, não foi encontrada diferença entre as rações referência e controle (pelo mesmo motivo citado anteriormente, a fonte de fibra acrescida em ambas foi celulose, que é composta basicamente por fibra insolúvel), porém foram diferentes das dietas farinha de jatobá *in natura* e extrusada, e que foram iguais entre si.

A gordura de coco foi escolhida para ser utilizada nas dietas hipercolesterolêmicas devido ao fato de conter alta proporção de três ácidos graxos saturados (45 % ácido láurico C12:0; 17 % ácido mirístico C14:0 e 8 % de ácido palmítico C16:0) e por seu consumo estar associado à elevação de colesterol total e LDL-c (COX et al., 1995).

6.3 CONSUMO DAS RAÇÕES E GANHO DE PESO DOS ANIMAIS

A **Tabela 12** apresenta os dados de consumo alimentar, peso dos animais e coeficiente de eficiência alimentar dos quatro grupos experimentais.

A distribuição dos animais em grupos no início do experimento foi feita de maneira aleatória, por isso observa-se diferença dos pesos iniciais entre os grupos, porém, isso não ofereceu problema, uma vez que não houve diferença no peso final dos animais.

A ingestão diária e total de ração foi equivalente entre os animais dos grupos referência, controle, farinha *in natura* e farinha extrusada, em função do controle *pair-feeding* já citado. Não houve diferença de ganho de peso e o coeficiente de eficiência alimentar (CEA) entre os animais dos grupos, mostrando total aproveitamento das dietas de todos os grupos.

Tabela 12. Peso inicial e final, ingestão diária média e total de dieta, ganho de peso e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) dos hamsters, após 21 dias de administração das dietas.

Variáveis	Grupos			
	Referência (n = 9)	Controle (n = 8)	Farinha de jatobá <i>in natura</i> (n = 8)	Farinha de jatobá extrusada (n = 8)
Peso inicial (g)	86,20 ± 1,96 ^c	90,67 ± 1,57 ^{bc}	96,56 ± 1,76 ^{ab}	101,06 ± 3,39 ^a
Peso final (g)	138,39 ± 1,66	143,43 ± 2,61	141,36 ± 5,80	140,10 ± 3,54
Ingestão total de ração (g)	148,92 ± 12,03	143,44 ± 11,31	141,36 ± 7,54	141,31 ± 5,61
Ingestão diária média (g)	9,17 ± 0,75	9,52 ± 0,67	8,50 ± 0,41	8,09 ± 0,33
Ganho de peso (g)	53,15 ± 4,69	55,02 ± 5,21	50,33 ± 4,53	47,66 ± 4,77
CEA (%)	31,10 ± 1,96	30,14 ± 2,11	32,15 ± 3,34	29,33 ± 2,58

Os dados estão expressos como média ± erro padrão. Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si e onde não existir letras, não há diferença estatística. Utilizou-se o teste ANOVA com comparações múltiplas pelo teste Tukey. Considerou-se significativo $p < 0,05$.

CEA = coeficiente de eficiência alimentar = (ganho de peso/ingestão total de dieta) x 100.

Referência = Dieta Controle AIN-93G; Controle = Dieta Controle AIN-93G + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha extrusada = Farinha de jatobá extrusada + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha in natura = Farinha de jatobá in natura + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco.

ADAM et al. (2015) analisaram ratos alimentados com dietas contendo diferentes teores de pectina de maçã (3, 6 e 10 %) como fonte de fibra alimentar solúvel, em comparação à celulose. Os animais que consumiram a dieta com maior teor de pectina apresentaram ingestão alimentar diária e total, além de ganho de peso, menor do que os demais grupos. O grupo que consumiu a dieta com celulose mostrou a maior ingestão e maior ganho de peso. O *pair-feeding* realizado evitou este tipo de viés, no presente estudo.

Há evidências de que as beta-glucanas (de aveia e cevada), a fibra de tremço, o farelo de centeio, centeio integral ou uma dieta rica em fibras mistas, podem gerar mais saciedade do que outras fibras. Existe pouca concordância entre a modulação do apetite e propriedades de algumas fibras solúveis como viscosidade e fermentação (CLARK e SLAVIN, 2013).

Os dados de consumo encontrados nos estudos citados evidenciam que as diferentes fontes de fibra alimentar estudadas, podem oferecer efeitos distintos na saciedade.

Estudos para avaliar os efeitos da farinha de jatobá *in vivo* ainda são escassos e não foi encontrado nenhum trabalho avaliando o efeito das fibras alimentares da mesma.

6.4 PERFIL DE LIPÍDEOS SÉRICOS

Na **Tabela 13** estão apresentadas as concentrações séricas de colesterol total, colesterol associado à LDL, e à HDL, não-HDL-c, triglicerídeos e a razão TG/HDL-c dos animais de cada grupo experimental.

A dieta com 13,5 % de gordura saturada e 0,1 % de colesterol induziu a hipercolesterolemia nos grupos em que estas fontes lipídicas foram adicionadas (controle, farinha de jatobá *in natura* e farinha de jatobá extrusada), conforme esperado e já relatado em estudos prévios conduzidos com o mesmo delineamento experimental (FROTA et al., 2008; DIAS, 2012; FONTANARI et al., 2012).

Observa-se que para ambos os grupos, farinha de jatobá *in natura* e farinha de jatobá extrusada, as farinhas adicionadas à ração tiveram o efeito protetor contra a ação hipercolesterolemizante da dieta, evidenciado a partir da diferença estatística observada entre o grupo controle e os demais grupos, para as concentrações séricas de triglicerídeos, colesterol total, LDL-c e não-HDL-c.

Embora o colesterol alimentar exerça menor influência sob a colesterolemia, o alto consumo resulta em hipercolesterolemia e pode induzir a aterosclerose, mas, este efeito é menor do que o da ingestão de ácidos graxos saturados e *trans* (LOTTENBERG, 2009). O consumo elevado de gordura de coco parece ser menos deletério em relação ao desenvolvimento de obesidade e resistência à insulina, mas está associado à esteatose hepática e hipertrigliceridemia (BUETTNER et al., 2006).

Tabela 13. Concentrações séricas de colesterol total (CT), colesterol associado à LDL, e à HDL, não-HDL-c, triglicerídeos (TG) e razão TG/HDL-c dos hamsters.

Variáveis bioquímicas	Grupos			
	Referência (n = 9)	Controle (n = 9)	Farinha de jatobá extrusada (n = 9)	Farinha de jatobá <i>in natura</i> (n = 9)
Colesterol total (mg/dL)	119,94 ± 4,31	290,57 ± 10,37 ^a	153,97 ± 20,94	130,71 ± 7,62
LDL-c (mg/dL) ¹	24,25 ± 2,64	102,92 ± 9,11 ^a	48,25 ± 10,73	30,44 ± 3,49
HDL-c (mg/dL) ²	82,58 ± 2,58	152,54 ± 8,53 ^a	83,78 ± 9,99	79,78 ± 3,85
Não-HDL-c [*]	37,35 ± 2,61 ^c	138,02 ± 6,83 ^a	70,18 ± 11,66 ^b	50,93 ± 4,52 ^{bc}
Triglicerídeos (mg/dL)	66,44 ± 3,74	175,50 ± 17,23 ^a	108,40 ± 12,51	102,69 ± 11,86
TG/HDL-c	0,81 ± 10,11 ^b	1,15 ± 9,02 ^{ab}	1,29 ± 20,82 ^a	1,29 ± 11,31 ^{ab}

Os dados estão expressos como média ± erro padrão. Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si e onde não existir letras, não há diferença estatística. Utilizou-se o teste ANOVA ou Kruskal-Wallis, com comparações múltiplas pelo teste Tukey. Considerou-se significativo $p < 0,05$.

¹LDL-c: colesterol associado à lipoproteína de densidade baixa; ²HDL-c: colesterol associado à lipoproteína de densidade alta. ^{*}Não HDL-c (VLDL + LDL) = Colesterol total – HDL-c.

Referência = Dieta Controle AIN-93G; Controle = Dieta Controle AIN-93G + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha extrusada = Farinha de jatobá extrusada + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha *in natura* = Farinha de jatobá *in natura* + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco.

Nos hamsters, com o aumento do colesterol e de ácidos graxos saturados (gordura de coco hidrogenada) dietéticos, há supressão dos receptores de LDL no fígado, o que ocasiona o aumento da LDL sérica (SPADY e DIETSCHY, 1988).

Verificou-se que a concentração de colesterol total foi menor em 47 % para o grupo farinha extrusada e em 55 % para a o grupo farinha *in natura*, em relação ao grupo controle. Com relação a LDL-c, esta foi 53 % menor no grupo farinha extrusada e 70 % menor no grupo farinha *in natura*. O colesterol não-HDL foi menor em 49 % para o grupo farinha extrusada e em 63 % para o grupo farinha *in natura*, em relação ao grupo controle. Já os triglicerídeos se mostraram 38 % menores no grupo farinha extrusada e 41 % menores no grupo farinha *in natura*.

O colesterol associado à HDL dos animais dos grupos experimentais farinha extrusada e farinha *in natura*, apresentou valores muito semelhantes aos observados no grupo referência, o qual não recebeu adição de colesterol e gordura saturada à ração.

Em relação à razão TG/HDL-c, os grupos farinha extrusada e farinha *in natura* não mostraram diferença significativa em relação ao grupo controle. Esta razão é um índice que demonstra forte correlação com risco cardiovascular, e é proposta como um marcador aterogênico prático e de fácil utilização.

Não houve diferença significativa entre os tipos de farinha adicionados (*in natura* ou extrusada) para nenhuma das variáveis bioquímicas citadas, ou seja, não se pode afirmar que o processamento da farinha de jatobá por extrusão melhora o perfil lipídico frente a fontes de ácidos graxos saturados e colesterol. Porém, ambas as farinhas favoreceram o perfil lipídico dos animais que consumiram as rações hipercolesterolemizantes, a ponto de atingir valores similares aos dos animais do grupo referência, sem os agentes hipercolesterolemizantes.

Embora já tenha sido sugerido que uma dieta rica em fibras reduz as concentrações dos marcadores associados ao risco cardiovascular (CT, TG e LDL-c), existem poucos estudos *in vivo* que investigaram os efeitos de fibras extrusadas sobre estes marcadores.

KAHLON et al. (2006) ao compararem diferentes dietas contendo 19 % de farelo de trigo extrusado e não extrusado adicionadas de 0,4 % de colesterol, verificaram concentração significativamente menor do colesterol total, do LDL-c e triglicerídeos nos grupos que consumiram dietas com farelo de trigo extrusado, em comparação às dietas com o farelo não extrusado.

Levando em consideração a predominância de fibras insolúveis nas dietas experimentais, comparou-se o perfil de lipídeos séricos dos grupos farinha *in natura* e farinha extrusada do presente estudo, com os resultados de CHAU et al. (2004), que compararam os lipídeos séricos de hamsters alimentados com uma dieta contendo 5 % da fração insolúvel de laranja Valência e uma dieta com 5 % de celulose, com uma dieta sem fibras, todas acrescidas de 1 % de colesterol. Estes autores verificaram valores menores de triglicerídeos e de colesterol total 45 % e 47 %, respectivamente, no grupo alimentado com a dieta com fração insolúvel da laranja, quando comparados à dieta sem fibra. Nossos resultados mostraram valores similares nos triglicerídeos e no colesterol total para o grupo farinha extrusada, porém valores ainda menores no grupo farinha *in natura*, além de valores de LDLc- 69 % menores (que não foi divulgada pelos outros autores, portanto não foi comparada) nos animais alimentados com a dieta com farinha *in natura*.

Deve-se levar em consideração que a dieta com farinha de jatobá *in natura* continha 12 % de fibra insolúvel, e a dieta dos autores citados, continha a recomendação mínima de fibra alimentar preconizada pelo NRC (1995) (5 %) e o efeito hipocolesterolêmico da fibra alimentar depende principalmente do tipo e da dose de fibra utilizada (KIM e SHIN, 1998).

Entre os mecanismos propostos para elucidar a capacidade das fibras alimentares (principalmente as solúveis) em reduzir o colesterol sérico, destacam-se dois. O primeiro sugere que as fibras aumentam a viscosidade do conteúdo no lúmen intestinal, inibindo a reabsorção de colesterol e ácidos biliares, sendo estes então excretados nas fezes. Assim, há estimulação da síntese de ácidos biliares utilizando o colesterol do *pool*, e então há redução do colesterol plasmático e do LDL-c. O segundo mecanismo propõe que este efeito redutor pode também estar relacionado à fermentação das fibras pela microflora colônica no intestino grosso, levando então à formação de AGCC, em especial o ácido propiônico, que carregados pela veia porta seriam os responsáveis por inibir a síntese de colesterol hepático (WONG et al., 2006; LATTIMER e HAUB, 2010).

6.5 COLESTEROL E ÁCIDOS BILIARES NAS FEZES

Os teores de colesterol e ácidos biliares excretados nas fezes dos animais encontram-se na **Tabela 14**.

Não houve diferença significativa na excreção de colesterol entre os grupos experimentais. O aumento da ingestão de colesterol faz com que sua síntese seja diminuída, devido à inibição da HMG-CoA redutase. Já a ação da enzima ACAT, que esterifica o colesterol intracelular, encontra-se aumentada (DIETSCHY et al., 1993).

Tabela 14. Colesterol e ácidos biliares excretados nas fezes dos hamsters.

Variáveis	Grupos			
	Referência (n = 9)	Controle (n = 8)	Farinha de jatobá in natura (n = 8)	Farinha de jatobá extrusada (n = 8)
Colesterol ¹ (g/ 100 g de fezes)	0,09 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,11 ± 0,02
Ácidos biliares (μmol/g de fezes)	0,38 ± 0,19 ^c	0,45 ± 0,18 ^{bc}	0,88 ± 0,24 ^{ab}	1,06 ± 0,15 ^a

¹Colesterol hepático total = quantificado a partir do extrato lipídico saponificado

Os dados estão expressos como média ± erro padrão de 3 determinações de cada animal. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si e onde não existir letras, não há diferença estatística. Utilizou-se o teste ANOVA com comparações múltiplas pelo teste Tukey. Considerou-se significativo $p < 0,05$.

Referência = Dieta Controle AIN-93G; Controle = Dieta Controle AIN-93G + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha extrusada = Farinha de jatobá extrusada + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha in natura = Farinha de jatobá in natura + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco.

ADAM et al. (2001) também não verificaram diferença entre o colesterol excretado nas fezes de ratos alimentados com 7 % de farinhas de trigo integral em comparação à mesma quantidade de farinha de tritcale, acrescidas de 2,5 % de colesterol.

Em relação à concentração dos ácidos biliares excretados nas fezes, os animais dos grupos farinha extrusada e in natura apresentaram maior excreção, porém somente o grupo farinha

extrusada apresentou diferença estatística em relação ao grupo controle. A excreção do grupo farinha extrusada foi 57 % maior que a do grupo controle, e a do grupo farinha *in natura*, 48 %, sendo que ambos os grupos mostraram excreção maior até que o grupo referência, da ordem de 64 % e 56 %, nos grupos farinha extrusada e farinha *in natura*, respectivamente.

Alguns autores apontam para a relação entre a viscosidade das fibras alimentares e o efeito hipocolesterolemizante. A alta excreção de ácidos biliares e esteroides neutros pode ser resultado da alta viscosidade do conteúdo intestinal, que “aprisiona” os ácidos biliares e consequentemente a absorção de colesterol e ácidos biliares, e o transporte de volta ao fígado são diminuídos. TERSPTRA et al. (1998) observaram que hamsters alimentados com dieta contendo 3 % de *psyllium* (fibra solúvel que apresenta alta viscosidade em solução aquosa e reconhecida por baixar os valores de lipídeos séricos), acrescidas de 20 % de óleo vegetal e 0,1 % de colesterol, aumentaram em 66 % a excreção de ácidos biliares, em relação à dieta com a mesma proporção de celulose. Estes resultados podem justificar o fato do grupo farinha de jatobá extrusada ter apresentado excreção de ácidos biliares significativamente maior, do que o grupo farinha *in natura*, uma vez que na ração extrusada, a quantidade de fibra solúvel era significativamente maior ($5,47 \pm 0,47$) do que na ração *in natura* ($3,65 \pm 0,00$), contribuindo para o aumento da viscosidade do conteúdo intestinal.

Alguns trabalhos previamente realizados em nosso grupo, com farinhas de outras leguminosas integrais e, as mesmas quantidades de gordura de coco e colesterol que no presente estudo, também relataram aumento da excreção de ácidos biliares em hamsters. FROTA et al. (2008), verificaram que a farinha de feijão caupi integral (com 15 % de fibra alimentar em sua composição) aumenta a excreção fecal de ácidos biliares em 1,5 vezes, quando comparada à dieta controle com celulose e caseína.

FONTANARI et al. (2012) avaliaram hamsters alimentados com farinha de tremçoço integral (com a mesma quantidade de fibras alimentares da farinha de jatobá) e verificaram aumento de 38 % da excreção de ácidos biliares em relação ao grupo controle. Os autores atribuíram estes resultados, ao efeito da fibra alimentar solúvel e outros compostos como amido resistente, saponinas, fitoesteróis e proteínas presentes no grão, que podem atuar sinergicamente sequestrando os ácidos biliares, facilitando sua excreção e, consequentemente, reduzindo sua absorção.

A síntese hepática de colesterol e ácidos biliares está envolvida em um complexo mecanismo molecular, sendo que a conversão hepática do colesterol em ácidos biliares é o principal caminho para a excreção de colesterol em mamíferos. A maioria dos ácidos biliares excretados no intestino é reabsorvida, e por este motivo é baixa a excreção de ácidos biliares nas fezes. O aumento da excreção de ácidos biliares está relacionado a diferentes mecanismos que levam a uma interrupção parcial da sua circulação êntero-hepática (MOUNDRAS et al., 1995).

Os efeitos hipocolesterolemiantes das fibras alimentares estão frequentemente associados a uma possível aceleração da oxidação do colesterol pela indução da colesterol 7- α -hidroxilase, enzima limitante da síntese de ácidos biliares no fígado, em resposta a menor reabsorção de ácidos biliares (DONGOWSKI e EHWALD, 1999).

6.6 LIPÍDEOS TOTAIS E COLESTEROL NO FÍGADO

A **Tabela 15** representa os resultados das análises de lipídeos totais e colesterol hepático.

Com relação aos lipídeos hepáticos, observamos deposição de lipídeos significativamente menor nos grupos farinha de jatobá extrusada, da ordem de 45 %, e no grupo *in natura*, da ordem de 39 %, em relação ao grupo controle, sendo que apresentaram valores até menores que os do grupo referência, mostrando que as farinhas exerceram efeito protetor contra o acúmulo de lipídeos hepáticos.

Tabela 15. Lipídeos totais e colesterol hepático dos hamsters.

Variáveis	Grupos			
	Referência (n = 9)	Controle (n = 8)	Farinha de jatobá <i>in natura</i> (n = 8)	Farinha de jatobá extrusada (n = 8)
Lipídeos hepáticos totais ¹ (g/100 g de fígado)	1,99 ± 0,03 ^a	2,17 ± 0,04 ^a	1,31 ± 0,01 ^b	1,19 ± 0,01 ^b
Colesterol hepático total ² (g/ 100 g de fígado)	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,00	0,09 ± 0,01

¹Lipídeos hepáticos totais = substâncias solúveis em clorofórmio e metanol (triglicerídeos na grande maioria, seguidos de colesterol e éster, fosfolipídeos e vitaminas lipossolúveis).

²Colesterol hepático total = quantificado a partir do extrato lipídico saponificado.

Os dados estão expressos como média ± erro padrão de 3 determinações de cada animal. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si e onde não existir letras, não há diferença estatística. Utilizou-se o teste ANOVA com comparações múltiplas pelo teste Tukey. Considerou-se significativo $p < 0,05$.

Referência = Dieta Controle AIN-93G; Controle = Dieta Controle AIN-93G + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha extrusada = Farinha de jatobá extrusada + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha *in natura* = Farinha de jatobá *in natura* + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco.

Já para a quantidade de colesterol hepático, não foi observada diferença estatística entre os grupos. Resultado semelhante foi observado por CHAU e HUANG (2005), que também não observaram diferença na deposição de colesterol hepático em hamsters alimentados com dieta

contendo 5 % de farinha de semente do maracujá (com predominância da fração insolúvel) acrescida de 1 % de colesterol, quando comparado com dieta com 5 % de celulose e 1 % de colesterol.

A média de peso dos fígados dos animais de acordo com os grupos experimentais encontra-se na **Figura 11**.

Figura 11. Pesos dos fígados dos hamsters.

*Indica diferença estatística. O erro padrão está indicado nas colunas (n = 9; n = 8; n = 8 e n = 8 respectivamente). Utilizou-se o teste ANOVA com comparações múltiplas pelo teste Tukey. Considerou-se significativo $p < 0,05$.

Referência = Dieta Controle AIN-93G; Controle = Dieta Controle AIN-93G + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha extrusada = Farinha de jatobá extrusada + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha in natura = Farinha de jatobá in natura + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco.

Observa-se que o peso dos fígados dos animais do grupo controle foi significativamente maior que os demais grupos, que não diferiram entre si. O maior peso relativo ao grupo controle deve-se provavelmente, à deposição de gordura que foi maior neste grupo quando comparado aos grupos farinha de jatobá *in natura* e farinha de jatobá extrusada, embora a quantidade de lipídeos totais do grupo referência não tenha sido diferente do controle, como foi indicado na **Tabela 16**. Verificou-se 21 % menos de lipídeos hepáticos para os grupos farinha de jatobá extrusada e *in natura*, em relação ao grupo controle.

OLIVEIRA et al. (2011), verificaram que hamsters alimentados com dietas com 0,5 % de colesterol e 10 % de gordura de coco apresentaram fígados mais pesados, chegando a exibir peso até duas vezes maior que animais alimentados com dieta isenta destas fontes lipídicas, além de apresentarem os teores hepáticos de colesterol esterificado, fosfolipídeos e triglicerídeos aumentados.

Ao analisarmos os resultados dos lipídeos plasmáticos, hepáticos e da excreção fecal de ácidos biliares, infere-se que para os animais dos grupos farinha *in natura* e extrusada, ocorreu o aumento do desvio de colesterol para a síntese de ácidos biliares no fígado, com redução na reabsorção intestinal e, conseqüentemente, aumento na excreção fecal, reduzindo assim as concentrações plasmáticas de colesterol. Possivelmente a ligação da fibra solúvel das farinhas com os ácidos biliares no lúmen intestinal dos animais, ocasionou a redução na sua reabsorção e aumento na excreção fecal. Este aumento da excreção diminuiu o *pool* de colesterol endógeno, que fica dividido entre o *pool* de colesterol utilizado para a síntese de ácidos biliares e o *pool* de colesterol para a circulação.

Alguns pesquisadores sugerem também, que o aumento da excreção de ácidos biliares e a quantidade de esteróis nas fezes estão fortemente relacionados com a fermentação de carboidratos no cólon (DONGOWSKI e LORENZ, 2004).

6.7 PARÂMETROS FERMENTATIVOS

Alguns efeitos fisiológicos das fibras solúveis podem ser avaliados pelo grau de fermentação (**Tabela 16**), produção de AGCC no cólon (**Figura 15**), redução do pH do conteúdo do ceco (**Figura 13**) e aumento do peso e conteúdo cecal (**Figura 14**), tanto para os grupos farinha extrusada como para o grupo farinha *in natura*.

Verifica-se na **Tabela 16** o consumo de fibra alimentar e o teor de fibra excretada nas fezes por dia, bem como o grau de fermentação das frações de fibra alimentar, o peso e escore fecal (referente ao último dia de coleta das fezes, determinado por meio da observação visual das fezes e de suas características físicas), dos animais dos quatro grupos experimentais. O consumo de fibra alimentar foi semelhante em todos os grupos.

A quantidade de fibras excretadas nas fezes foi semelhante para os grupos referência e controle (que continham celulose na ração), porém diferente dos grupos farinha *in natura* e farinha extrusada, que não diferiram entre si e apresentaram menor quantidade de fibras excretadas, sugerindo maior fermentação. A maior fermentação também pode ser verificada nos resultados do percentual de fermentação de cada grupo, que é obtido pela diferença entre as fibras totais consumidas e excretadas nas fezes.

Tabela 16. Consumo da fração fibra alimentar, fração fibra alimentar excretada nas fezes, percentual de fermentação da fibra alimentar, peso e escore fecal dos hamsters.

Variáveis	Grupos			
	Referência (n = 9)	Controle (n = 8)	Farinha de jatobá <i>in natura</i> (n = 8)	Farinha de jatobá extrusada (n = 8)
Consumo de fibra alimentar* (g/dia)	1,28 ± 0,13	1,36 ± 0,16	1,09 ± 0,03	1,01 ± 0,05
Fibra excretada nas fezes (g/dia)	1,24 ± 0,08 ^a	1,32 ± 0,09 ^a	0,50 ± 0,07 ^b	0,48 ± 0,08 ^b
Grau de fermentação (%)	3,12	2,94	54,12	52,47
Peso fecal em gramas** (4 dias)	5,53 ± 0,29 ^a	5,99 ± 0,19 ^a	2,11 ± 0,27 ^b	1,97 ± 0,38 ^b
Escore fecal	1,67 ± 0,17 ^b	1,25 ± 0,16 ^b	3,50 ± 0,19 ^a	3,38 ± 0,18 ^a

Os dados estão expressos como média ± erro padrão. * Consumo de fibra alimentar = (Consumo diário de ração (g) de cada animal x Quantidade de fibra total em 100 g de ração)/100. **Média das fezes secas dos 4 dias de todos os animais do grupo.

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si. Utilizou-se o teste ANOVA com comparações múltiplas pelo teste Tukey. Considerou-se significativo $p < 0,05$. Referência = Dieta Controle AIN-93G; Controle = Dieta Controle AIN-93G + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha extrusada = Farinha de jatobá extrusada + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha *in natura* = Farinha de jatobá *in natura* + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco.

Nota-se uma diferença expressiva no grau de fermentação dos grupos farinha *in natura* e extrusada (54 % e 52 % respectivamente), em relação aos grupos referência (3 %) e controle (2,9 %), sendo que os dois últimos tiveram como fonte fibra a celulose, contendo 99 % de fibra

insolúvel. Este resultado era esperado, uma vez que geralmente as fibras solúveis são quase totalmente fermentáveis e possuem maior viscosidade do que as insolúveis (WONG et al., 2006; SLAVIN, 2013), e as dietas dos grupos farinha *in natura* e extrusada continham 3,65 % e 5,47 % de fibra solúvel, respectivamente.

Algumas fibras alimentares, como pectinas, gomas, amido resistente, inulina e oligossacarídeos são totalmente fermentadas no intestino grosso pela microflora colônica, as hemiceluloses fermentam entre 60 e 90 %, celulose entre 20 e 80 %, enquanto outras fontes de fibra alimentar são bem menos fermentáveis, como farelo de trigo, com fermentação colônica de 50 % (FAO/WHO, 1998; WONG et al., 2006). As fibras fermentáveis promovem efeitos benéficos à saúde, por alterarem a composição da microflora intestinal, favorecendo o aumento da produção de AGCC e a redução de bactérias patogênicas (SLAVIN, 2013).

Com relação ao peso das fezes, verifica-se que as fezes dos animais dos grupos referência e controle foram significativamente mais pesadas do que o das fezes dos grupos farinha *in natura* e extrusada. As rações dos grupos referência e controle tiveram basicamente fibra insolúvel em sua composição de fibras totais (proveniente da celulose), sendo que esta fração é resistente à fermentação pela microflora do cólon e reconhecida por desenvolver aumento significativo no volume fecal e por transportar com elas carboidratos como amido e açúcar (JENKINS et al., 1998).

Quanto ao escore fecal, realizado para avaliar o efeito da fibra alimentar na consistência das fezes dos animais, verifica-se que os grupos farinha *in natura* e extrusada tiveram escore fecal significativamente maiores, entre 3,5 e 3,3, o que representa fezes macias, bem formadas, úmidas e com formato preservado, sendo considerado ideal para a qualidade das fezes. Já os grupos controle e referência, apresentaram escores entre 1,2 e 1,6, o que reflete fezes muito duras e ressecadas, com pellets secos e pequenos (BEDNAR et al., 2000), mostrando o importante papel das farinhas *in natura* e extrusada nos aspectos qualitativos das fezes.

A **Figura 12** apresenta o peso das fezes úmidas e secas (após liofilizadas por 72 horas) dos animais, referente aos quatro dias de coleta. Nota-se que o peso fecal foi significativamente maior tanto para as fezes úmidas quanto para as fezes secas, nos grupos referência e controle, assim como já exposto na **Tabela 16** para o peso fecal (fezes secas), diferindo estatisticamente dos grupos farinha extrusada e *in natura*. Este resultado pode ser justificado devido ao fato que estes grupos continham celulose na ração, que tem efeito de aumento da densidade fecal.

Figura 12. Peso das fezes úmidas e dessecadas, correspondente a 4 dias de coleta, dos hamsters.

* Indica diferença estatística. O erro padrão está indicado nas colunas ($n = 9$; $n = 8$; $n = 8$ e $n = 8$ respectivamente). Utilizou-se o teste ANOVA com comparações múltiplas pelo teste Tukey. Considerou-se significativo $p < 0,05$. Referência = Dieta Controle AIN-93G; Controle = Dieta Controle AIN-93G + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha extrusada = Farinha de jatobá extrusada + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha *in natura* = Farinha de jatobá *in natura* + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco.

Na **Figura 13** podemos observar o pH do conteúdo cecal dos animais. Nota-se valores significativamente menores de pH do conteúdo do ceco dos animais dos grupos farinha extrusada ($7,79 \pm 0,13$), sendo menor em 0,3 unidades, e *in natura* ($7,49 \pm 0,10$), menor em 0,6 unidades, em relação ao grupo controle ($8,06 \pm 0,13$). O grupo farinha *in natura* apresentou pH significativamente menor entre os grupos experimentais.

HUANG et al. (2014) avaliaram o pH cecal de hamsters alimentados com dietas contendo 10 % da fração insolúvel da casca de abacaxi em comparação à celulose e também verificaram redução do pH cecal, com valores similares aos encontrados em nosso estudo ($7,28 \pm 0,26$ para a dieta com casca de abacaxi e $7,61 \pm 0,12$ para a dieta com celulose).

A diminuição do pH fecal é um indicador da fermentação colônica e produção de AGCC, o que reduz a formação de compostos tóxicos como amônia e aminas, e o crescimento de bactérias patogênicas (WONG et al., 2006; SLAVIN, 2013).

Figura 13. pH do conteúdo do ceco dos hamsters.

*Indica diferença estatística. O erro padrão está indicado nas colunas (n = 9; n = 8; n = 8 e n = 8 respectivamente). Utilizou-se o teste ANOVA com comparações múltiplas pelo teste Tukey. Considerou-se significativo $p < 0,05$. Referência = Dieta Controle AIN-93G; Controle = Dieta Controle AIN-93G + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha extrusada = Farinha de jatobá extrusada + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha in natura = Farinha de jatobá in natura + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco.

Na **Figura 14** estão apresentados os pesos do ceco completo (com conteúdo), do ceco vazio e do conteúdo cecal. Nota-se que o peso do ceco com conteúdo dos animais do grupo farinha *in natura* ($4,36 \pm 0,18$) foi estatisticamente maior em relação ao grupo controle ($3,36 \pm 0,23$).

Nossos resultados corroboram os de ADAM et al. (2015) que avaliaram ratos *Sprague Dawley* que consumiram dietas contendo 3, 7 e 10 % de pectina, acrescidas de 4 % de óleo de soja, e verificaram aumento do peso do ceco para os três grupos, em relação ao controle com celulose. Os autores atribuem este aumento, à ingestão de fibra solúvel, que altera as características físicas intestinais, como o aumento do peso do órgão todo, e também do ceco, além de estimular a proliferação celular da mucosa intestinal. Estas mudanças físicas ocorrem

pela formação de produtos derivados da fermentação das fibras solúveis, os AGCC, o que fica confirmado em nossos resultados expostos na **Figura 15**, com o aumento dos AGCC no conteúdo fecal dos animais dos grupos farinha extrusada e *in natura*.

Figura 14. Peso do ceco completo, ceco vazio e conteúdo do ceco dos hamsters.

*Indica diferença estatística. O erro padrão está indicado nas colunas (n = 9; n = 8; n = 8 e n = 8 respectivamente). Utilizou-se o teste ANOVA com comparações múltiplas pelo teste Tukey. Considerou-se significativo $p < 0,05$. Referência = Dieta Controle AIN-93G; Controle = Dieta Controle AIN-93G + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha extrusada = Farinha de jatobá extrusada + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha *in natura* = Farinha de jatobá *in natura* + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco.

Pode-se verificar na **Figura 15** as concentrações dos AGCC no conteúdo do ceco dos animais dos quatro grupos experimentais. Para todos os AGCC as concentrações foram maiores nos grupos farinha *in natura* e farinha extrusada em relação ao controle.

Figura 15. Concentração dos AGCC (ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico) no conteúdo do ceco dos hamsters.

¹μmol/ceco = (mmol/mg x conteúdo cecal (g))*1000. *Indica diferença estatística. O erro padrão está indicado nas colunas (n = 9; n = 8; n = 8 e n = 8 respectivamente). Utilizou-se o teste ANOVA com comparações múltiplas pelo teste Tukey. Considerou-se significativo $p < 0,05$.

Referência = Dieta Controle AIN-93G; Controle = Dieta Controle AIN-93G + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha extrusada = Farinha de jatobá extrusada + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco; Dieta Farinha in natura = Farinha de jatobá in natura + 0,1% de colesterol + 13,5 % de gordura de coco.

Com relação ao total de AGCC (soma dos ácidos acético, propiônico e butírico) nota-se que o grupo farinha *in natura* foi o grupo que apresentou maior concentração de AGCC totais (79,9 μmol/ceco), diferindo estatisticamente do grupo farinha extrusada (57,5 μmol/ceco), mostrando quantidade de AGCC mais de 100 % maior para o grupo farinha extrusada e de mais de 200 % para o grupo farinha *in natura*, em relação ao grupo controle. Não houve diferença significativa entre os grupos referência e controle, grupos com a menor concentração de AGCC totais (7,59 e 25,5 μmol/ceco, respectivamente).

Normalmente entre a concentração de AGCC produzidos, encontra-se o ácido acético em maior quantidade, seguido do ácido propiônico e em menor ou igual quantidade, o ácido butírico, numa proporção molar média de 60:20:20, podendo variar de acordo com a composição dietética (WONG et al., 2006). Nossos resultados mostram que o acético foi o AGCC predominante,

seguido do butírico e em menor quantidade o propiônico, seguindo uma proporção média de 73:19:8.

As concentrações do ácido acético foram significativamente maiores nos grupos farinha extrusada e farinha *in natura* em relação aos grupos referência e controle, porém não houve diferença entre as farinhas. Entre os AGCC gerados a partir da fermentação de polissacarídeos indigeríveis, o acético é encontrado em maior quantidade, e este juntamente com o ácido propiônico tem sido associado à modulação do metabolismo lipídico (GUILLON e CHAMP, 2000; WONG et al., 2006; RAMÍREZ-JIMÉNEZ, 2015). O ácido acético pode auxiliar na diminuição da síntese hepática de ácidos graxos, uma vez que não é substrato para a lipogênese. Sugere-se que a grande proporção de ácido acético gerado após a fermentação das fibras alimentares e amido resistente resulta em diminuição da produção de ácidos graxos livres, que por sua vez diminui as concentrações de triglicerídeos circulantes (RAMÍREZ-JIMÉNEZ, 2015). Isso pode explicar a redução dos triglicerídeos séricos nos grupos farinha *in natura* e farinha extrusada, como exposto na **Tabela 13**.

O ácido propiônico também foi encontrado em quantidades significativamente maiores nos grupos farinha extrusada e farinha *in natura*, sem diferença entre as farinhas. O ácido propiônico pode ter ação hipolipidêmica, através da regulação de enzimas hepáticas. Estudos em animais sugerem que ele inibe a síntese do colesterol pelos hepatócitos, por inibir a enzima HMG-CoA redutase (WONG et al., 2006), este resultado pode explicar a diminuição dos lipídeos séricos nos animais dos grupos farinha extrusada e farinha *in natura*, conforme verificado na **Tabela 13**.

O equilíbrio entre o ácido acético e o ácido propiônico é um importante fator para a lipogênese. Uma vez absorvido, o acetato alcança o fígado e serve como fonte de acetil-coA para a lipogênese hepática *de novo*, enquanto que o propionato inibe a lipogênese, via redução da enzima ácido graxo sintase, e embora não haja comprovação de que a proporção ácido acético: ácido propiônico tenha efeito na atividade das enzimas lipogênicas, existe a hipótese de que a alta produção de propionato inibe a utilização de acetato para a síntese de colesterol (WONG e JENKINS, 2007).

Já para o ácido butírico, no grupo farinha *in natura* a concentração foi significativamente maior, que os demais grupos. Não houve diferença entre os grupos farinha extrusada e controle, e o grupo referência apresentou a menor concentração deste AGCC. Entre os AGCC, o ácido

butírico está relacionado à regulação do crescimento e à indução da diferenciação e a apoptose celular, além de ser a principal fonte de energia para as células epiteliais da parede do cólon (colonócitos), proporcionando consequentemente o trofismo do cólon (FAO/WHO, 1998; SAJILATA et al., 2006). Este resultado pode justificar o peso significativamente maior do peso do ceco completo dos animais do grupo farinha *in natura*, conforme apresentado na **Figura 14**.

Os diferentes substratos, o tipo e quantidade da microflora presente no cólon, influenciam na proporção e tipo de AGCC produzidos (WONG et al., 2006; SLAVIN, 2013). A fermentação colônica do amido resistente é geralmente associada à alta concentração do ácido butírico, já as pectinas fermentadas estão relacionadas à formação de ácido acético, e a galactomanana, à proporção de ácido propiônico produzido (GUILLON e CHAMP, 2000; SAJILATA et al., 2006).

6.8 RESPOSTA GLICÊMICA DA FARINHA DE JATOBÁ EXTRUSADA EM HUMANOS

A **Tabela 17** apresenta a composição centesimal do pão branco que foi utilizado como alimento teste (representando a glicose) no ensaio do índice glicêmico.

Tabela 17. Composição centesimal ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) do pão branco em base seca.

Composição	Pão branco ^{**}
Umidade	$36,79 \pm 0,41$
Cinzas	$3,33 \pm 0,01$
Proteínas	$13,79 \pm 0,13$
Lipídeos	$11,16 \pm 0,05$
Fibra Alimentar Solúvel	$0,26 \pm 0,28$
Fibra Alimentar Insolúvel	$1,34 \pm 0,08$
Fibra Alimentar Total	1,60
Carboidrato disponível [*]	70,12

^{*} Estimado por diferença

**Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão de três determinações da mesma amostra, exceto fibra alimentar solúvel e solúvel, em que foram realizadas quatro determinações da mesma amostra.

A **Figura 16** apresenta as curvas de resposta glicêmica do alimento teste (farinha de jatobá extrusada) e do alimento controle (pão branco).

Pode-se observar que o pico de resposta glicêmica ocorreu 30 minutos após o consumo dos alimentos teste e controle, e após 120 minutos verificou-se os menores valores de glicemia. Estes resultados corroboram os de BRAND-MILLER et al. (2009), que avaliaram a resposta glicêmica de mais de mil alimentos, CAPRILES (2009) e SILVA (2013), em que foram analisadas as respostas glicêmicas de *snacks* a base de milho, amaranto e frutanos, e de pães de jatobá, respectivamente. A farinha extrusada de jatobá apresentou uma curva de resposta glicêmica similar a do pão branco controle, porém com valores de glicemia maiores dos tempos 15, 30 e 120 minutos.

Figura 16. Curvas de resposta glicêmica da farinha extrusada em comparação ao pão branco (alimento controle).

Os dados representam a média e as barras o erro padrão de 10 indivíduos.

Foi possível calcular a partir das curvas de resposta glicêmica, a área de resposta glicêmica (ARG), o índice glicêmico (IG) e a carga glicêmica (CG) da farinha de jatobá extrusada.

Não foi observada diferença estatística entre as áreas de resposta glicêmica da farinha extrusada e do pão branco (controle), conforme exposto na **Tabela 18**, assim como observado por GUERRA-MATIAS e ARÊAS (2005) e CAPRILES (2009). Isso ocorre, pois as condições do processo de extrusão (elevada temperatura, pressão e cisalhamento) acarretam em gelatinização do amido, favorecendo assim, o acesso enzimático e a rápida digestão do alimento, e consequentemente o produto final pode apresentar índice glicêmico de moderado a elevado (GUERRA-MATIAS e ARÊAS, 2005; SAJILATA et al., 2006; BRAND-MILLER et al., 2009).

Tabela 18. Resposta glicêmica da farinha extrusada e do alimento controle.

Variáveis	Alimento Controle (Pão branco)	Farinha de jatobá extrusada
Área de Resposta Glicêmica (mmol.min.L ⁻¹)	118,76 ± 13,01	115,75 ± 12,77
IG (pão)	100,00 ± 0,00	99,18 ± 11,34
IG (glicose)	70,00 ± 0,00	69,43 ± 8,94
Carga glicêmica em 30 g [*]	8,26 ± 0,00 ^b	10,09 ± 1,30 ^a
Carboidrato disponível em 30 g [*]	11,88	14,53

IG: Índice Glicêmico. ^{*} 30 g = porção recomendada pela Anvisa para cereais matinais.

Os dados estão expressos como média ± desvio padrão. Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si e onde não existir letras, não há diferença estatística. Utilizou-se o teste *t-Student* e considerou-se significativo $p < 0,05$.

Observa-se que a farinha de jatobá extrusada pode ser classificada com IG moderado (considerando a glicose como controle) (**Tabela 18**) (BRAND-MILLER e FOSTER-POWELL, 1999), porém sem diferença estatística em relação ao pão branco, e com baixa CG numa porção de 30 gramas (HARVARD SCHOOL OF PUBLIC HEALTH, 2009), entretanto com valor significativamente maior em relação ao pão branco (8,26 ± 0,00 e 10,1 ± 1,30 respectivamente). Isto se deve provavelmente pelo fato de que, a porção utilizada para o cálculo da CG do pão foi de 30 gramas (a mesma utilizada para a farinha extrusada), porém a porção recomendada pela

ANVISA para pães é de 50 gramas (BRASIL, 2012). Optou-se em equalizar a porção do pão com a da farinha extrusada.

Alguns alimentos também apresentam resposta glicêmica similar à do jatobá. CAPRILES (2009) verificou que *snacks* a base de milho, amaranto e frutanos, possuem IG moderado ($63,9 \pm 0,91$) e CG baixa (10,5). Com relação às frutas, o abacaxi também possui IG moderado (65) e CG baixa (6,0), conforme apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (USP, 1998).

A diminuição da resposta glicêmica causada por alimentos que contenham fibra alimentar em sua composição está mais correlacionada à fração solúvel do que à fração insolúvel (FAO/WHO, 1998), e uma vez que a farinha de jatobá extrusada apresentou 27,48 % de fibra alimentar insolúvel, e 9,14 % de solúvel, isto também pode explicar seu índice glicêmico moderado.

7 CONCLUSÕES

A farinha de jatobá *in natura* favoreceu a redução do colesterol total, colesterol associado à LDL e à HDL, colesterol não-HDL e dos triglicerídeos séricos, bem como reduziu o acúmulo de lipídeos hepáticos. Verificou-se também, aumento expressivo na formação de AGCC com diminuição do pH do conteúdo cecal, o que indicou fermentação, sendo confirmado pelo aumento no grau de fermentação.

A farinha de jatobá extrusada, também reduziu o colesterol total, colesterol associado à LDL e à HDL, colesterol não-HDL, os triglicerídeos séricos e o acúmulo de lipídeos hepáticos, assim como a farinha *in natura*, além disso, proporcionou um aumento na excreção de ácidos biliares, embora não tenha havido aumento na excreção de colesterol nas fezes. Houve produção significativa de AGCC e aumento no grau de fermentação, porém sem diminuição do pH do conteúdo do ceco.

Estes resultados nos ajudaram a compreender alguns efeitos fisiológicos das farinhas de jatobá frente a dietas com gordura saturada e colesterol. Ensaio clínico são necessários para estabelecer seus benefícios ao metabolismo lipídico humano e esclarecer seus mecanismos de ação.

A farinha de jatobá extrusada apresentou índice glicêmico moderado, porém baixa carga glicêmica na porção, o que viabiliza seu potencial de utilização tanto para consumo integral, quanto como ingrediente em produtos alimentícios.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, A.; LEVRAT-VERNY, M.A.; LOPEZ, H.W.; LEUILLET, M.; DEMIGNÉ, C.; RÉMESY, C. Whole wheat and tritcale flours with differing viscosities stimulate cecal fermentations and lower plasma and hepatic lipids in rats. **The Journal of Nutrition**, v. 131, n.6, p. 1770-1776, 2001.

ADAM, C.L.; WILLIAMS, P.A.; GARDEN, K.E.; THOMSON, L.M.; ROSS, A.W. Dose Dependent Effects of a Soluble Dietary Fibre (Pectin) on Food Intake, Adiposity, Gut Hypertrophy and Gut Satiety Hormone Secretion in Rats. **PLoS One**, v. 10, n.1, p. 1-14, 2015.

ALMEIDA COSTA, G.E.; QUEIROZ-MONICI, K.S.; REIS, S.M.P.M.; OLIVEIRA, A.C. Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, v. 94, n. 3, p. 327-330, 2006.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION (ADA). Position of the American Dietetic Association: Health Implications of Dietary Fiber. **Journal of the American Dietetic Association**, v.108, n.10, p.1716-1731, 2008.

ARÊAS, J. A. G. Extrusion of Food Proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 32, n. 4, p. 365-392, 1992.

ARÊAS, J.A.G. Interações moleculares do amido durante o processo de extrusão. **Bol. SBCTA**, v. 30, p. 28-30, 1996.

ARÊAS J.A.G.; ROCHA-OLIVIERI C.M.; MARQUES M.R. Extrusion Cooking: Chemical and Nutritional Changes. In: CABALLERO, B., FINGLAS, P., AND TOLDRÁ, F. (eds.) **The Encyclopedia of Food and Health**, v. 2, p. 569-575, Oxford: Academic Press, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of the AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg, Md.: AOAC, 2010.

BATISTA, A.G.; ESTEVES, E.A.; DESSIMONI-PINTO, N.A.V.; OLIVEIRA, L.G.; PIRES, S.T.; SANTANA, R.C. Chemical composition of Jatobá-do-cerrado (*Hymenaea Stigonocarpa* Mart.) flour and its effect on growth of rats. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 22, n. 2, p. 173-180, 2011.

BATISTUTI, J.P.; BARROS, R.M.C; AREAS, J.A.G. Optimization of extrusion cooking process for chickpea (*Cicer-arietinum*, I) defatted flour by response-surface methodology. **Journal of Food Science**, v.56, n.6, p.1695-1698, 1991.

BEDNAR, G.E.; MURRAY, S.M.; PATIL, A.R.; FLICKINGER, E.A.; MERCHEN, N.R.; FAHEY JR, G.C. Selected animal and plant protein sources affect nutrient digestibility and fecal characteristics of ileally cannulated dogs. **Archives of Animal Nutrition**, v. 53, n.2, p.127-140, 2000.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BOMBO, A.J. **Obtenção e caracterização nutricional de snacks de milho (*Zea mays* L.) e linhaça (*Linum uusitatissimum* L.)**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. 2006.

BOMBO TREVISAN, A.J.; ARÊAS, J.A.G. Development of corn and flaxseed snacks with high-fibre content using response surface methodology (RSM). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 63, n.3, p. 362–367, 2012.

BOWRY, A.D.K.; LEWEY, J.; DUGANI, S.B.; CHOUDHRY, N.K. The Burden of Cardiovascular Disease in Low- and Middle-Income Countries: Epidemiology and Management. **Canadian Journal of Cardiology**, v.31, n.9, p.1151-1159, 2015.

BRAND, J.C.; NICHOLSON, P.L.; THORBURN, A.W.; TRUSWELL, A.S. Food processing and the glycemic index. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 42, n.6, p. 1192-1196, 1985.

BRAND-MILLER, J.C.; FOSTER-POWELL, K. Diets with a low glycemic index: from theory to practice. **Nutrition Today**, v.34, n.2. p. 64-72, 1999.

BRAND-MILLER, J.C. Glycemic Load and Chronic Disease. **Nutrition Reviews**, v. 61, n.5, p. S49 –S55, 2003.

BRAND-MILLER, J.C.; STOCKMANN, K.; ATKINSON, F.; PETOCZ, P.; DENYER, G. Glycemic index, postprandial glycemia, and the shape of the curve in healthy subjects: analysis

of a database of more than 1000 foods. The **American Journal of Clinical Nutrition**, v.89, n.1, p.97–105, 2009.

BRÁS, C. C. **Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável do Jatobá**. Instituto Sociedade, População e Natureza, Brasília, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Diabetes Mellitus/Cadernos de Atenção Básica, n. 16, Série A. Normas e Manuais Técnicos**. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância à Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Diretrizes e recomendações para o cuidado integral de doenças crônicas não-transmissíveis: promoção da saúde, vigilância, prevenção e assistência**, v.8, Série Pactos pela Saúde. Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saúde 2013. Percepção do estado de saúde, estilos de vida e doenças crônicas**. Brasil, Grandes Regiões, Unidades da Federação. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0054_12_11_2012.html>. Acesso em: 24 jul. 2015.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008/2009 (POF) – Aquisição alimentar domiciliar per capita, Brasil e grandes regiões**. Disponível em: <http://www.ibge.com.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_aquisicao/pof20082009_aquisicao.pdf>. Acesso em 05 out. 2015.

BRAVO, E.; CANTAFORA, A.; ORFU, G.; Why prefer the Golden Syrian hamster to the Wistar rat in experimental studies on plasm lipoprotein metabolism? **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 107, n.2, p. 347-355, 1994.

BRENNAN, M.A.; DERBYSHIRE, E.J.; BRENNAN, C.S.; TIWARI, B.K. Impact of dietary fibre-enriched ready-to-eat extruded snacks on the postprandial glycaemic response of non-diabetic patients. **Molecular Nutrition and Food Research**, v.56, n.5, n p. 834–837, 2012a.

BRENNAN, M.A.; MENARD, C.; ROUDAUT, G.; BRENNAN, C.S. Amaranth, millet and buckwheat flours affect the physical properties of extruded breakfast cereals and modulates their potential glycaemic impact. **Starch/Stärke**, v. 64, n.5, p. 392–398, 2012b.

BUETTNER, R.; PARHOFER, K. G.; WOENCKHAUS, M.; WREDE, C.E.; KUNZ-SCHUGHART, L.A.; SCHÖLMERICH, J.; BOLLHEIMER, L.C. Defining high-fat-diet rat models: metabolic and molecular effects of different fat types. **Journal of Molecular Endocrinology**, v.36, n.3, p. 485–501, 2006.

CAPRILES, V.D. **Otimização de propriedades nutricionais e sensoriais de produtos à base de amaranto enriquecidos com frutanos, para intervenção em celíacos**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. 2009.

CAPRILES, V.D.; GUERRA-MATIAS, A.C.; GOMES ARÊAS, J.A. Marcador *in vitro* da resposta glicêmica dos alimentos como ferramenta de auxílio à prescrição e avaliação de dietas. **Revista de Nutrição**, v. 22, n.4, p.549-557, 2009.

CARAMORI, S.S.; LIMA, C.S.; FERNANDES, K.F. Biochemical Characterization of Selected Plant Species from Brazilian Savannas. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n. 2, p. 253-259, 2004.

CARDOSO, L.M; BEDETTI, S.F; RIBEIRO, S.M.R.; ESTEVES, E.A.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. 'Jatobá do cerrado' (*Hymenaea stigonocarpa*): chemical composition, carotenoids and vitamins in an exotic fruit from the Brazilian Savannah. **Fruits**, v. 68, n.2, p. 95–107, 2013.

CARDOSO-SANTIAGO, R. A. **Desenho de alimento extrusado para intervenção nutricional à base de milho (*Zea mays* L.) e pulmão bovino**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública, 2002.

CARVALHO, P. E. R. **Jatobá-do-cerrado *Hymenaea stigonocarpa***. Circular Técnica 133, Embrapa. 8 p., 2007.

CASTER, W.O.; ARMSTRONG, W.D. Pair feeding as a control procedure in metabolic studies of the x-irradiated rat. **The Journal of Nutrition**, v. 59, n. 1, p. 57-65, 1956.

CHANG, Y.K.; SILVA, M.R.; GUTKOSKI, L.C.; SEBIO, L.; DA SILVA, M.A.A.P. Development of extruded snacks using jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) flour and cassava starch blends. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.78, n.1, p.59-66, 1998.

CHAU, C.F.; HUANG, Y.L. Comparison of the Chemical Composition and Physicochemical Properties of Different Fibers Prepared from the Peel of *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.51, n. 9, p. 2615-2618, 2003.

CHAU, C.F.; HUANG, Y.L.; LIN, C.Y. Investigation of the cholesterol-lowering action of insoluble fibre derived from the peel of *Citrus sinensis* L. cv. Liucheng. **Food Chemistry**, v. 87, n.3, p. 361–366, 2004.

CHAU, C.F.; HUANG, Y.L. Effects of the insoluble fiber derived from *Passiflora edulis* seed on plasma and hepatic lipids and fecal output. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 49, n.8, p. 786 – 790, 2005.

CHAVEZ-JUAREGUI, R.N.; SILVA, M.; AREAS, J.A.G. Extrusion cooking process for amaranth (*Amaranthus caudatus* L.). **Journal of Food Science**, v.65, n.6, p. 1009-1015, 2000.

CHEN, Y.; YE, R.; YIN, L.; ZHANG, N. Novel blasting extrusion processing improved the physicochemical properties of soluble dietary fiber from soybean residue and in vivo evaluation. **Journal of Food Engineering**, v. 120, p. 1–8, 2014.

CLARK, M.J.; SLAVIN, J. The Effect of Fiber on Satiety and Food Intake: A Systematic Review. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 32, n. 3, p. 200–211, 2013.

COLONNA, P. E MERCIER, C. Macromolecular Modifications of Manioc Starch Components by Extrusion-Cooking with and without Lipids. **Carbohydrate Polymers**, v.3, n.2, p.87-108, 1983.

COSTA, R.P.; SILVA, C.C. Doenças cardiovasculares. In: **Guias de Nutrição: nutrição clínica no adulto**. Lilian Cuppari. 2 ed. São Paulo: Manole, 2005.

COX, C.; MANN, J.; SUTHERLAND, W.; CHIISHOLM, A. SKEAFF, M. Effects of coconut oil, butter, and safflower oil on lipids and lipoproteins in persons with moderately elevated cholesterol levels. **Journal of Lipid Research**, v. 36, n.8, p. 1787-1795, 1995.

CSALLANY, A.S.; KINDOM, S.E.; ADDIS, P.B.; LEE, J.H. HPLC method for quantification of cholesterol and four of its major oxidation products in muscle and liver tissues. **Lipids**, v. 24, n.7, p. 645-651, 1989.

DAHL, W.J.; STEWART, M.L. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Health implications of dietary fiber. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 115, n. 11, p. 1861-1870, 2015.

DAMASCENO, N.R.T.; PÉREZ-HERAS, A.; SERRA, M.; COFÁN, M.; SALA-VILA, A.; SALAS-SALVADÓ, J.; ROS, E. Crossover study of diets enriched with virgin olive oil, walnuts or almonds. Effects on lipids and other cardiovascular risk markers. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, v.21, supl.1, p. S14 - S20, 2011.

DE VRIES, J. W.; RADER, J. I. Historical perspective as a guide for identifying and developing applicable methods for dietary fiber. **Journal of AOAC International**, v. 88, n. 5, p. 1349-1366, 2005.

DIAS, J.M. **Efeito de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris*) no metabolismo lipídico de hamsters**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública, 2012.

DIETSCHY, J.M.; TURLEY, S.D.; SPADY, D.K. Role of liver in the maintenance of cholesterol and low density lipoprotein homeostasis in different animal species, including humans. **Journal of Lipid Research**, v. 34, n.10, p. 1637-1659, 1993.

DONGOWSKI, G., EHWALD, R. Binding of water, oil and bile acids of dietary fibers of the cellan type. **Biotechnology Progress**, v. 15, n.2, p. 250-258, 1999.

DONGOWSKI, G., LORENZ, A. Intestinal steroids in rats are influenced by the structural parameters of pectin. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 15, n.4, p.196–205, 2004.

DORFMAN, S.E.; WANG, S.; VEGA-LÓPEZ, S.; JAUHIAINEM, M.; LICHTENSTEIN, A.H. Dietary fatty acids and cholesterol differentially modulate HDL cholesterol metabolism in Golden Syrian hamsters. **The Journal of Nutrition**, v.135, n.3, p. 492-498, 2005.

DUNCAN, B. B.; CHOR, D.; AQUINO, E.M.L.; BENSENOR, I.M.; MILL, J. G.; SCHMIDT, M.I.; LOTUFO, P. A.; VIGO, A.; BARRETO, S.M. Doenças Crônicas Não Transmissíveis no

Brasil: prioridade para enfrentamento e investigação. **Revista de Saúde Pública**, v.46, p. 126-34, 2012.

ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v.44, n.9, p.1768–1771, 1961.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/ WORLD HEALTH ORGANIZATION (FAO/WHO). **Carbohydrates in human nutrition. Report of a join FAO/WHO expert consultation**. n. 66, Rome, 1998.

FAUBION, J.M.; ROSENEY, R.C. High-temperature short-time extrusion cooking of wheat-starch and flour. 1. Effect of moisture and flour type on extrudate properties. **Cereal Chemistry**, v.59, n.6, p. 529-533, 1982.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FONTANARI, G.G. **Efeito do consumo de tremço branco (*Lupinus albus*) e seu isolado protéico no metabolismo do colesterol em hamsters hipercolesterolemizados**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, 2010.

FONTANARI, G. G.; BATISTUTI, J. P.; CRUZ, R. J.; SALDIVA, P.H.N.; ARÊAS, J.A.G. Cholesterol-lowering effect of whole lupin (*Lupinus albus*) seed and its protein isolate. **Food Chemistry**, v. 132, n.3, p.1521–1526, 2012.

FRIEDEVALD, W.T.; LEVY, R.I.; FRIEDRICKSON, D.S. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. **Clinical Chemistry**, v.18, n.6, p. 499-502, 1972.

FROTA, K.M.G.; MENDONÇA, S.; SALDIVA, P.H.N.; CRUZ, R.J.; ARÊAS, J.A.G. Cholesterol-lowering properties of whole cowpea seed and its protein isolates in hamsters. **Journal of Food Science**, v.73, n.9, p. H235-H240, 2008.

FUJITA, A.H.; FIGUEROA, M.O.R. Composição centesimal e teor de β -glucanas em cereais e derivados. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 23, n. 2, p.116-120, 2003.

GETACHEW, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Tropical browses: Contents of phenolic compounds, in vitro gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and in vitro gas production. **Journal of Agricultural Science**, v.139, n.3, p.341–352, 2002.

GOÑI, I. ET AL. Analysis of resistant starch: A method for foods and foods products. **Food Chemistry**, v. 56, n.4, p. 445-449, 1996.

GUERRA-MATIAS, A.C.; ARÊAS, J.A.G. Glycemic and insulinemic responses in women consuming extruded amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). **Nutrition Research**, v. 25, n.9, p.815–822, 2005.

GUILLON, F.; CHAMP, M. M-J. Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health. **British Journal of Nutrition**, v. 88, supl.3, p. 293-306, 2002.

HAMER, H. M.; JONKERS, D.; VENEMA, K.; VANHOUTVIN, S.; TROOST, F.J.; BRUMMER, R.-J. Review article: the role of butyrate on colonic function. **Alimentary Pharmacology e Therapeutics**, v. 27, n.2, p.104–119, 2008.

HARPER, J.M. **Extrusion of foods**. Volume I. CRC Press, Florida, United States, 1981.

HARPER, J. M. Effects of extrusion processing on nutrients. In: KARMAS, E.; HARRIS, R. S. **Nutritional evaluation of food processing**. Van Nostrand Reinhold Co. Ltd. Cap. 14, p. 365-391, 1988.

HARVARD SCHOOL OF PUBLIC HEALTH. The Nutrition source. **Carbohydrates and Glycemic load**. 2009. Disponível em: <<http://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/what-should-you-eat/carbohydrates-and-the-glycemic-load/>>. Acesso em: 22 abril 2012.

HUANG, Y.L.; TSAI, Y.H.; CHOW, C.J. Water-insoluble fiber-rich fraction from pineapple peel improves intestinal function in hamsters: evidence from cecal and fecal indicators. **Nutrition Research**, v. 34, n.4, p. 346 – 354, 2014.

INSTITUTE OF MEDICINE, FOOD AND NUTRITION BOARD, STANDING COMMITTEE ON THE SCIENTIFIC EVALUATION OF DIETARY REFERENCE INTAKES (IOM) **Dietary Reference Intakes for Macronutrients**. Washington, D.C., National Academy Press, 2005.

JANKOVIC, N.; GEELEN, A.; STREPPPEL, M.T.; GROOT, L.C.P.G.M.; JONG, J.C.K. et al. WHO guidelines for a healthy diet and mortality from cardiovascular disease in European and American elderly: the CHANCES project. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.102, n.4, p.745–56, 2015.

JENKINS, D.J.A.; WOLEVER, T.M.S.; TAYLOR, R.; BAKER, H.M.; FIELDER, H.; BALDWIN, J.M.; BOWLING, A.C.; NEWMAN, H.C.; JENKINS, A.L.; GOFF, D.V. Glycemic index of food: physiological basis for carbohydrates exchange. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.34, n.3, p.362-366, 1981.

JENKINS, D.J.A.; VUKSAN, F.A.C.N. V.; KENDALL, C.W.C.; WÜRSCH, P.; JEFFCOAT, R.; WARING, S.S.; MEHLING, C.C.; VIDGEN, E.; AUGUSTIN, L.S.A.; WONG, E. Physiological Effects of Resistant Starches on Fecal Bulk, Short Chain Fatty Acids, Blood Lipids and Glycemic Index. **Journal of the American College of Nutrition**, vol. 17, n. 6, p. 609–616, 1998.

JENKINS, D.J.A.; KENDALL, C.W.C.; AUGUSTIN, M.A, L. S.A.; VUKSAN, V. Viscous and nonviscous fibres, nonabsorbable and low glycaemic index carbohydrates, blood lipids and coronary heart disease. **Current Opinion in Lipidology**, v.11, n.1, p. 49-56, 2000.

KAHLON, T. S.; BERRIOS, J.J.; SMITH, G.E.; PAN, J. L. Extrusion Conditions Modify Hypocholesterolemic Properties of Wheat Bran Fed to Hamsters. **Cereal Chemistry**, v. 83, n.2, p.152-156, 2006.

KATSANIDS, E.; ADDIS, P.B. Novel HPLC analysis of tocopherols, tocotrienols and cholesterol in tissue. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 27, n. 11-12, p. 1137-1140, 1999.

KIM, M.; SHIN, H.K. The water-soluble extract of chicory influences serum and liver lipid concentrations, cecal short-chain fatty acid concentrations and fecal lipid excretion in rats. **The Journal of Nutrition**, v. 128, n.10, p. 1731-1736, 1998.

LATTIMER, J.M.; HAUB, M.D. Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. **Nutrients**, v. 2, n.12, p. 1266-1289, 2010.

LEIFERT, W. R.; ABEYWARDENA, M. Y. Bioactives for cholesterol lowering: targeting of cholesterol absorption pathways. **Expert Opinion on Drug Discovery**. v. 2, n.5, 597-602, 2007.

LOCK, A.L.; HORNE, C.A.M.; BAUMAN, D.E.; SALTER, A.M. Butter naturally enriched in conjugated linoleic acid and vaccenic acid alters tissue fatty acids and improves the plasma lipoprotein profile cholesterol-fed hamsters. **The Journal of Nutrition**, v.135, n.8, p. 1934-1939, 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

LOTTENBERG, A.M.P. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 53, n.5, p. 595-607, 2009.

LUCAS, E.A.; KHALIL, D.A.; DAGGY, B.P.; ARJMANDI, B.H. Ethanol-extracted soy protein isolate does not modulate serum cholesterol in *golden syrian* hamsters: a model of postmenopausal hypercholesterolemia. **The Journal of Nutrition**, v. 131, n.2, p. 211-214, 2001.

MARIN, A.M. F.; SIQUEIRA, E.M.A.; ARRUDA, S.F. Minerals, phytic acid and tannin contents of 18 fruits from the Brazilian savanna. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, n.7, p.177- 187, 2009.

MARQUES, M.R. **Ação hipocolesterolêmica de hidrolisados de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp)**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública. 2013.

MEYER, K.A.; KUSHI, L.H.; JACOBS, D.R.; SLAVIN, J.; SELLERS, T.A.; FOLSOM, A.R. Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, n.4, p. 921-930, 2000.

MOUNDRAS, C.; BEHR, S.R.; REMESY, C.; DEMIGNE, C. Fecal losses of sterols and bile acids induced by feeding rats guar gum are due to greater pool size and liver bile acid secretion. **The Journal of Nutrition**, v. 127, n.6, p. 1068-1076, 1995.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of hamsters. In: **Nutrient Requirements of Laboratory Animal**. 4 ed. Washington, DC: National Academy Press, p. 125-139, 1995.

NAYAK, B.; BERRIOS, J.J.; TANG, J. Impact of food processing on the glycemic index (GI) of potato products. **Food Research International**, v. 56, p. 35-46, 2014.

NISTOR, A.; BULLA, A.; FILIP, D.A.; RADU, A.; The hyperlipidemic hamsters as a model of experimental atherosclerosis. **Atherosclerosis**, v. 68, n.1-2, p. 159-163, 1987.

OLFERT, E. CROSS, B.M.; MCWILLIAN, A.A. **Guide to care and use for experimental animal**. 2 ed., v. 1, Canadian Council, 1993.

OLIVEIRA, T.V.; MANIERO, F.; SANTOS, M.H.H., M.D.; BYDŁOWSKI, S.P.; MARANHÃO, R.C. Impact of high cholesterol intake on tissue cholesterol content and lipid transfers to high-density lipoprotein. **Nutrition**, v. 27, n.6, p.713–718, 2011.

OSTERGARD, K.; BJORCK, I.; VAINIONPAA, J. Effects of Extrusion Cooking on Starch and Dietary Fibre in Barley. **Food Chemistry**, v. 34, n.3, p. 215-227, 1989.

PARK, Y.; BRINTON, L.A.; SUBAR, A.F.; HOLLENBECK, A.; SCHATZKIN, A. Dietary fiber intake and risk of breast cancer in postmenopausal women: The National Institutes of Health-AARP Diet and Health Study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, n.3, p. 664-671, 2009.

PEREIRA, M.A.; O'REILLY, E.; AUGUSTSSON, K.; FRASER, G.E.; GOLDBOURT, U. et al. Dietary fiber and risk of coronary heart disease – A pooled analysis of cohort studies. **Archives of Internal Medicine**, v. 164, n.4, p. 370-376, 2004.

PROSKY, L. et al. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food-products – Interlaboratory study. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v. 71, n. 5, p. 1017-1023, 1988.

RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A.K.; REYNOSO-CAMACHO, R.; TEJERO, M.E.; LEÓN-GALVÁN, F.; LOARCA-PIÑA, G. Potential role of bioactive compounds of *Phaseolus vulgaris* L. on lipid-lowering mechanisms. **Food Research International**, v. 76, n.1, p.92–104, 2015.

REEVES, P.G., NIELSEN, F. H., FAHEY, G. C. AIN-93. Purified diets for laboratory rodents: Final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. **The Journal of Nutrition**, v. 123, n. 11, p. 1939-51, 1993.

ROCHA, M. S.; FIGUEIREDO, R. W.; ARAUJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R.S. R. Physical and chemical characterization and antioxidant activity (*in vitro*) of fruit of the Piauí Savanna. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 933-941, 2013.

SAJILATA, M.G.; SINGHAL, R.S.; KULKARNI, P.R. Resistant Starch: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, n.1, p.1-17, 2006.

SALMERON, J.; MANSON, J.E.; STAMPFER, M.J.; COLDITZ, G.A.; WING, A.L.; WILLETT, W.C. Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. **The Journal of American Medical Association**, v.277, n.6, p.472-477, 1997.

SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado: ecologia e flora**, v.1. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2008.

SANTOS, R.D.; GAGLIARDI, A.C.M; XAVIER, H.T. et al. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.100, n.1, supl. 3, 2013.

SANTOS, L.M.; TULIO, L.T.; CAMPOS, L.F.; DORNELES, M.R.; KRUGER, C.C.H. Glycemic response to Carob (*Ceratonia siliqua* L) in healthy subjects and with the *in vitro* hydrolysis index. **Nutrición Hospitalaria**, v.31, n.1, p.482-487, 2015.

SILVA, C.P. **Efeito da adição de farinha de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na resposta glicêmica de pães**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública. 2013.

SILVA, C.P.; SOUSA, M.S.B; SIGUEMOTO, E.S.; SOARES, R.A.M.; ARÊAS, J.A.G. Chemical composition and antioxidant activity of jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) flour. **Food Science and Technology**, v. 34, n.3, p.597-603, 2014.

SILVA, F.A.M; ASSAD, E.D.; EVANGELISTA, B.A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado: ecologia e flora**, v.1. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2008.

SILVA, M.R. **Caracterização química e nutricional da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.): desenvolvimento e otimização de produtos através de testes sensoriais afetivos**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, 1997.

SILVA, M.R.; DA SILVA, M.A.A.P.; CHANG, Y.K. Uso de farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) em biscoitos tipo “cookie”. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.10, n.1, p.7-22, 1999.

SIMONS, C.W.; HALL, C.; TULBEK, M.; MENDIS, M.; HECK, T.; OGUNYEMI, S. Acceptability and characterization of extruded pinto, navy and black beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n.11, p. 2287-2291, 2015.

SIMPSON, H.L.; CAMPBELL, B.J. Review article: dietary fibre–microbiota interactions. **Alimentary Pharmacology and Therapeutics**, v.42, n.2, p.158–179, 2015.

SLAVIN, J. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. **Nutrients**, v. 5, n.4, p. 1418-1432, 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes: 2014-2015. AC Farmacêutica, São Paulo, 2015.

SPADY, D.K.; DIETSCHY, J.M. Interaction of Dietary Cholesterol and Triglycerides in the Regulation of Hepatic Low Density Lipoprotein Transport in the Hamster. **The Journal of Clinical Investigation**, v. 81, n.2, p. 300-309, 1988.

SPOSITO, A.C.; CARAMELLI, B.; FONSECA, F.A.H.; BERTOLAMI, M.C. IV Diretriz Brasileira Sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 88, supl. 1, p. 03-19, 2007.

STREPPPEL, M.T.; OCKE, M.C.; BOSHUIZEN, H.C.; KOK, F.J.; KROMHOUT, D. Dietary fiber intake in relation to coronary heart disease and all-cause mortality over 40 y: The Zutphen Study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.88, n.4, p. 1119-1125, 2008.

TERPSTRA, A.H.M.; HOLMES, J.C.; NICOLASI, R.J. The hipercholesterolemic effect of dietary soybean protein vs. casein in hamsters fed cholesterol-free or cholesterol-enriched semipurified diets. **The Journal of Nutrition**, v. 121, n.7, p.944-947, 1991.

TERPSTRA, A.H.M.; LAPRE, J.A.; VRIES, H.T.; BEYNEN, A.C. Dietary pectin with high viscosity lowers plasma cholesteryl ester transfer protein activity in hamsters. **The Journal of Nutrition**, v. 128, n. 11, p. 1944-1949, 1998.

TROWELL, H.C. SOUTHGATE, D.A.T. WOLEVER, T.M.S.; LEEDS, A.R.; GASSULL, M.A.; JENKINS, D.J.A. Dietary fiber redefined. **The Lancet**, v. 1, n. 7966, p. 967, 1976.

TUCKER, L.A.; THOMAS, K.S. Increasing total fiber intake reduces risk of weight and fat gains in women. **The Journal of Nutrition**, v. 139, p. 1-6, 2009.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental (1998). **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – USP**. Versão 5.0. Disponível em: <<http://www.intranet.fcf.usp.br/tabela/>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

VAN DER MEER, R.; VRIES, H.; GLATZ, F. C. T butanol extraction of faeces: a rapid procedure for enzymic determination of faecal bile acids. In: BEYBEN, A. C.; GEELEB, M. J. H.; KATAN, M. B.; SCHOYTEN, J. A. **Cholesterol metabolism in health and disease: studies in the Netherlands**. Wageningen: Ponsen & Looijen, p. 113-19, 1985.

VASANTHAN, T., GAOSONG, J., YEUNG, J., LI, J. Dietary fiber profile of barley flour as affected by extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 77, n.1, p. 35-40, 2002.

VAZ, L.C.M.A. **Efeito da ingestão da proteína de amaranto no metabolismo do colesterol em ratos**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública, 2010.

VILLANUEVA, M.J.; YOKOYAMA, W.H.; HONG, Y.J.; BARTLLEY, G.E.; RUPÉREZ, P. Effect of high fat diets supplemented with okara soybean by-product on lipid profiles pf plasma, liver and faeces in Syrian hamsters. **Food Chemistry**, v.124, n.1, p. 72-79, 2011.

WALTER, M.; SILVA, L.P.; PERDOMO, D.M.X. Amido disponível e resistente em alimentos: adaptação do método da AOAC 996.11. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 16, n.1, p. 39-43, 2008.

WANG, D.Q.H. Regulation of intestinal cholesterol absorption. **Annual Review of Physiology**, v. 69, p.221-248, 2007.

WHO/FAO Expert Consultation. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. **WHO technical report series**, n.916, Geneva, 2003.

WOLEVER, T. M. S.; JENKINS, D. J. A.; JENKINS, A. L.; JOSSE, R. G. The glycemic index: methodological and clinical implications. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n.5, p. 846-854, 1991.

WOLEVER, T.M.S.; BRAND-MILLER, J.C.; ALBERNETHY, J.; ASTRUP, A.; ATKINSON, F. Measuring the glycemic index of foods: interlaboratory study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.87, n.1, p.247S-257S, 2008.

WONG, J.M.W.; RUSSELL, S.R.D.; CYRIL, W.C.K.; EMAM, A.; JENKINS, D.J.A. Colonic Health: Fermentation and Short Chain Fatty Acids. **Journal of Clinical Gastroenterology**, v.40, n.3, 2006.

WONG, J.M.W.; JENKINS, D.J.A. Carbohydrate Digestibility and Metabolic Effects. **The Journal of Nutrition**, v. 137, n.11, p.2539S-2546S, 2007.

YOUSIF, A.K.; ALGHZAWI, H.M. Processing and characterization of carob powder. **Food Chemistry**, v. 69, n.3, p. 283-287, 2000.

ZARZYCKI, P.; RZEDZICKI, Z. Changes in dietary fibre fractional composition of multi-cereal blends caused by extrusion. **International Agrophysics**, v. 23, n.3, p. 287-293. 2009.

ZEOULA, L.M.; MARTINS, A.S.; PRADO, I.N.; ALCALDE, C.R.; BRANCO, A.F.; SANTOS, G.T. Solubilidade e Degradabilidade Ruminal do Amido de Diferentes Alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.898-905, 1999.

ZHANG, Z.; WANG, H.; JIAO, R.; PENG, C.; WONG, Y.; YEUNG, V. Choosing hamsters but not rats as a model for studying plasma cholesterol-lowering activity of functional foods. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.53, n.7, p.921-930, 2009.

ZHAO, G.; NYMAN, M.; JÖNSSON, J. A. Rapid determination of short-chain fatty acids in colonic contents and faeces of humans and rats by acidified water-extraction and direct-injection gas-chromatography. **Biomedical Chromatography**, v. 20, n.8, p. 674-82, 2006.

APÊNDICE 1 – Teores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel na farinha de jatobá *in natura* e nas farinhas extrusadas.

Farinhas	Quantidade de farinha de jatobá (%)	Fibra Alimentar Insolúvel (%)	Fibra Alimentar Solúvel (%)	Fibra Alimentar Total (%)
J1	15	4,79 ± 0,17	0,10 ± 0,23	4,89
J2	30	11,50 ± 0,35	2,30 ± 0,16	13,80
J3	50	15,61 ± 0,16	5,42 ± 0,51	21,03
J4	70	27,48 ± 0,19	9,14 ± 0,39	36,62
Farinha de jatobá <i>in natura</i>	100	38,64 ± 0,21	12,00 ± 0,20	50,64

Os dados estão expressos como média ± desvio padrão de 4 repetições.

APÊNDICE 2 - Teores de amido resistente na farinha de jatobá *in natura* e nas farinhas extrusadas.

Farinhas	Quantidade de farinha de jatobá (%)	Amido resistente (g.100g ⁻¹)
J1	15	1,57 ± 0,33
J2	30	1,76 ± 0,26
J3	50	1,78 ± 0,16
J4	70	2,87 ± 0,27
Farinha de jatobá <i>in natura</i>	100	2,44 ± 0,26

Os dados estão expressos como média ± desvio padrão de 3 repetições.

APÊNDICE 3 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para o ensaio do índice glicêmico em humanos.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido entregue aos participantes voluntários da avaliação da resposta glicêmica *in vivo*.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
Laboratório de Bioquímica e Propriedades Funcionais dos Alimentos

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: Efeito da fibra modificada do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart) em parâmetros metabólicos 'in vivo'.

Investigadores: Camila Mattos Rocha Olivieri, Prof. Dr. José Alfredo Gomes Arêas. Laboratório de Bioquímica e Propriedades Funcionais dos Alimentos, Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Av. Dr. Arnaldo, 715. CEP: 01246-904. São Paulo, SP. Telefone: (11) 3061-7765.

Objetivo desta pesquisa:

1. Investigar o teor de β -glicanas nas fibras alimentares solúveis do jatobá-do-cerrado e verificar se oferecem efeitos fisiológicos similares aos da aveia na resposta glicêmica de humanos e no metabolismo lipídico e parâmetros fermentativos de ratos.
2. Avaliar a resposta glicêmica da fibra modificada. A resposta glicêmica mede o aumento de glicose no sangue após o consumo de um alimento.

Participação na pesquisa: A participação neste estudo implica nos seguintes procedimentos:

- Realizar em três dias diferentes (duas vezes por semana) um exame denominado curva glicêmica, para o qual o voluntário ficará de 8 a 10 horas em jejum (jejum noturno) a partir do dia anterior;
- Serão oferecidos os seguintes produtos: Pão branco (2 dias) e Extrusado teste (1 dia);
- Será coletada uma amostra de sangue capilar da polpa digital (obtido por uma picada em um dos dedos da mão, com material limpo e descartável) em jejum, e após a ingestão do produto serão colhidas alíquotas aos 0,15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos;
- O voluntário deverá permanecer em repouso durante o período do exame (2 horas).

Solicitamos a sua colaboração em várias sessões, uma vez que este teste baseia-se na comparação dos resultados do produto teste com os resultados obtidos para o pão branco. Para podermos realizar comparações você deverá participar de pelo menos três sessões (duas para avaliarmos a resposta glicêmica do pão branco e uma o produto a ser testado).

Durante a execução do projeto todos os materiais utilizados serão descartáveis. Esta pesquisa não envolve risco a integridade física do voluntário.

Ao final do experimento será oferecido um lanche aos voluntários (na cantina da faculdade) em função do comparecimento em jejum para os testes.

Benefícios: Os resultados deste estudo poderão ser úteis para o benefício de pessoas diabéticas. Além disso, tentaremos transferir a tecnologia que desenvolvemos para indústrias de alimentos.

Riscos: O produto a ser experimentado foi fabricado sobre rígidos controles de higiene e com ingredientes do consumo habitual. A pesquisadora estará presente durante todo o teste e irá informar a respeito da composição das amostras, para evitar que seja consumido algo que não goste ou que cause alergia.

As picadas no dedo podem causar desconforto para algumas pessoas. Caso você sinta desconforto poderá parar o teste a qualquer tempo. E se ocorrer algum desconforto maior (machucado) a pesquisadora Camila levará você até o atendimento especializado e os gastos decorrentes serão arcados pela pesquisadora.

Compensações: Após a conclusão desta fase experimental serei informado a respeito dos principais resultados obtidos.

Confabilidade: Será garantido total sigilo a respeito da participação nesta pesquisa. Serão divulgados apenas os resultados do grupo como um todo. Os resultados desta pesquisa serão divulgados em eventos e periódicos científicos.

Direito de recusa ou desistência: Poderei desistir de participar desta pesquisa a qualquer momento, sem que isso ocasione quaisquer prejuízos. A desistência não acarretará qualquer problema no relacionamento com os pesquisadores e órgão envolvidos no projeto.

Em caso de dúvidas: O sujeito participante da pesquisa poderá recorrer ao COEP da FSP/USP a qualquer momento, se tiver mais dúvidas.

Questões: Camila Mattos Rocha Olivieri, pesquisadora responsável por este estudo, discutiu estas informações comigo, oferecendo-se para responder minhas dúvidas. Caso tenha perguntas adicionais poderei contatá-la pelo telefone (11) 98217-6771 ou email: camilarocha@usp.br.

Consentimento: Eu, _____, concordo em participar desta pesquisa, na qualidade de provador dos produtos. Recebi uma cópia do presente termo de consentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer dúvidas.

Assinatura dos pesquisadores responsáveis:

Camila Mattos Rocha Olivieri _____

Prof. Dr. José Alfredo Gomes Arêas _____

São Paulo, ____ de _____ 2014.

ANEXO 1 – Aprovação do projeto pela Comissão de Ética no Uso de Animais em Pesquisa do Instituto de Medicina Tropical da USP.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE MEDICINA TROPICAL DE SÃO PAULO
 Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 470
 CEP 05403-000 - São Paulo - Brasil - e-mail: cpq-imt@usp.br
 Telefones: (55) 11-3061-8650, FAX (55) 11-3064-5132

São Paulo, 28 de Janeiro de 2014

Ilmo(a)

Dr. José Alfredo Gomes Arêas

(aos cuidados de Camila Mattos Rocha Olivieri)

Em reunião na presente data, a Comissão de Pesquisa e Ética e Comissão de Ética no Uso de Animais em Pesquisa, do Instituto de Medicina Tropical da Universidade de São Paulo, analisou e **APROVOU**, no que diz respeito aos aspectos de natureza da ética em experimentação animal, o projeto de pesquisa classificado sob número **CPE-IMT/252 'Efeito da fibra modificada do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart) em parâmetros metabólicos 'in vivo'.**, sob a sua responsabilidade.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CEUA-IMT, o relatório final sobre a pesquisa, (Lei Procedimentos para o Uso Científico de Animais – Lei n 11.794, 8 de outubro de 2008).

Com relação à parte do projeto que envolve utilização de material humano, a CEP-IMT tomou ciência, sendo que o projeto deverá ser enviado ao Comitê de Ética da Faculdade de Medicina da USP, para aprovação.

Atenciosamente,

Dr. Expedito José de Albuquerque Luna
Presidente da Comissão de Pesquisa e Ética do IMT-USP

Dra. Luciana Regina Meireles Jaguaribe Ekman
Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais em Pesquisa do IMT-USP

ANEXO 2 – Aprovação do projeto pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina da USP.

A CEUA da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em 03/07/2014, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa nº **090/14** intitulado: **“Efeito da fibra modificada do jatobá-do cerrado(Hymenaea stigonocarpa Mart) em parâmetros metabólicos “in vivo”**. que utilizará **40** animais da espécie **Hamster**, apresentado pelo Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública-USP

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, o relatório final sobre a pesquisa, (Lei Procedimentos para o Uso Científico de Animais - Lei Nº 11.794 -8 de outubro de 2008).

Pesquisador (a) Responsável: José Alfredo Gomes Arêas

Pesquisador Executante: Camila Mattos Rocha Olivieri

CEUA-FMUSP, 03 de Julho de 2014

Dr. Eduardo Pompeu
Coordenador
Comissão de Ética no Uso de Animais

ANEXO 3 – Aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Faculdade de Saúde Pública da USP.

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Faculdade de Saúde Pública
Universidade de São Paulo

OF.COEP/220/12

29 de novembro de 2012.

Prezada pesquisadora,

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, analisou, de acordo com a Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares, o protocolo de pesquisa n.º CAAE 07961412.0.0000.5421, intitulado "EFEITO DA FIBRA MODIFICADA DO JATOBÁ-DO-CERRADO (HYMENAEA STIGONOCARPA MART) EM PARÂMETROS METABÓLICOS IN VIVO.", sob responsabilidade da pesquisadora Camila Mattos Rocha, considerando-o APROVADO "AD REFERENDUM".

Cabe lembrar que, de acordo com a Res. CNS 196/96, são deveres do(a) pesquisador(a): 1) Comunicar de imediato qualquer alteração no projeto e aguardar manifestação deste Comitê de Ética em Pesquisa para dar continuidade à pesquisa; 2) Manter sob sua guarda e em local seguro, pelo prazo de 5 (cinco) anos, os dados da pesquisa, contendo fichas individuais e todos os demais documentos recomendados pelo COEP, no caso eventual auditoria; 3) Comunicar formalmente a este Comitê por ocasião do encerramento da pesquisa; 4) Elaborar e apresentar relatórios parciais e final; 5) Justificar perante o COEP interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Atenciosamente,

Prof. Tit. Claudio Leone

Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa - FSP/USP

Ilm.ª Sr.ª
Camila Mattos Rocha

ANEXO IV – Currículos Lattes

Camila Mattos Rocha-Olivieri

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/5881005598775974>

Última atualização do currículo em 22/01/2016

Graduação em Nutrição pela Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP (2005) e especialização pela UNESP - Botucatu em "Cuidados Nutricionais do Paciente e do Desportista" (2008). Possui Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela UNESP/ Ibilce - São José do Rio Preto (2011) e atualmente é Doutoranda pelo programa de Nutrição em Saúde Pública, da Faculdade de Saúde Pública - USP, atuando principalmente nos seguintes temas: análise físico-química de alimentos, extrusão termoplástica, índice glicêmico e efeitos fisiológicos das fibras alimentares. **(Texto informado pelo autor)**

Identificação

Nome	Camila Mattos Rocha-Olivieri
Nome em citações bibliográficas	ROCHA, C. M.; ROCHA-OLIVIERI CM; CM Rocha-Olivieri; Rocha-Olivieri, C.M.

Endereço

Formação acadêmica/titulação

2012	Doutorado em andamento em Nutrição em Saúde Pública. Faculdade de Saúde Pública - USP, FSP-USP, Brasil. Título: Efeito da fibra modificada do jatobá-do-cerrado (<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart) em parâmetros metabólicos <i>in vivo</i> . Orientador: José Alfredo Gomes Arêas. Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil.
2009 - 2011	Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos (Conceito CAPES 4). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. Título: Caracterização de fibras de milho e sua incorporação em barras de cereais, Ano de Obtenção: 2011. Orientador: Prof. Dr. José Francisco Lopes Filho. Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil. Palavras-chave: Fibras alimentares; Co-produto; Moagem úmida; Milho. Grande área: Ciências Agrárias Grande Área: Ciências Agrárias / Área: Ciência e Tecnologia de Alimentos / Subárea: Tecnologia de Alimentos / Especialidade: Aproveitamento de Subprodutos.
2007 - 2008	Especialização em Cuidados Nutricionais do Paciente e do Desportista. (Carga Horária: 465h). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. Título: Estado nutricional do paciente submetido ao transplante de células progenitoras hematopoiéticas. Orientador: Erasmo Benício Santos de Moraes Trindade.
2001 - 2005	Graduação em Nutrição. Universidade Metodista de Piracicaba, UNIMEP, Brasil. Título: Avaliação do consumo alimentar, efeito da dieta e de exercícios físicos sobre a perda ponderal em adolescentes com sobrepeso e obesidade. Orientador: Maysa Vieira Sousa.

José Alfredo Gomes Arêas

Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1B - CA AL - Ciência e Tecnologia de Alimentos

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/5885518243056121>

Última atualização do currículo em 05/11/2015

Graduação em Farmácia e Bioquímica pela Universidade de São Paulo (1973), Mestrado em Ciências dos Alimentos pela Universidade de São Paulo (1979), Doutorado em Food Science, University of Nottingham, Inglaterra (1983), Pós-doutorado junto ao Biomembrane Unit, Dep. of Biochemistry, University of Oxford, Inglaterra (1990-1993). Vice-Presidente da SBCTA (2004-2005). Coordenador do Programa de Pós-graduação em Saúde Pública da FSP/USP (2001-2006). Coordenador da área de Alimentos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (2001-2008). Membro do Comitê de Saúde Coletiva da CAPES (2004-2006). Atualmente Professor Titular da Universidade de São Paulo junto ao Dep. de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública. Atua na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Nutrição e Saúde Pública, Propriedades Funcionais de Alimentos, Biofísica de Alimentos, e Alimentos Funcionais. Temas principais de pesquisa: alimentos funcionais, alimentos e Saúde, peptídeos bioativos, metabolismo do colesterol, alimentos não convencionais, alimentos especiais, intervenções nutricionais, processamento de alimentos e valor nutritivo, emulsões alimentícias, ressonância magnética nuclear aplicada a alimentos, extrusão. (Texto informado pelo autor)

Identificação

Nome	José Alfredo Gomes Arêas
Nome em citações bibliográficas	ARÊAS, J. A. G.; Areas, J. A. G.; Arêas, J. A. G.; Arêas, José A. G.; Areas, Jose A. G.; ARÊAS, JOSÉ ALFREDO GOMES; Ar?as, J. A. G.; ARÊAS, JOSÉ

Endereço

Endereço Profissional	Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Nutrição. Av. Dr. Arnaldo, 715 Cerqueira César 01246904 - São Paulo, SP - Brasil Telefone: (11) 30617858 Fax: (11) 30617705 URL da Homepage: http://www.nutricao.fsp.usp.br/funcionais
------------------------------	---

Formação acadêmica/titulação

1980 - 1983	<p>Doutorado em Food Science. University of Nottingham, NOTTINGHAM, Inglaterra. Título: Influence of Lipid-protein Interactions on Characteristics of Extruded Offal Protein, Ano de obtenção: 1983. Orientador: Ralston A Lawrie. Bolsista do(a): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Brasil. Palavras-chave: Food Protein; Extrusion of Protein; Recovery of Abattoir; Functional Properties; Novel Products; Protein Upgrade. Grande área: Ciências Agrárias Grande Área: Ciências Agrárias / Área: Ciência e Tecnologia de Alimentos / Subárea: Ciência de Alimentos / Especialidade: Química, Física, Físico-Química e Bioquímica dos Alim. e das Mat-Primas Alimentares. Grande Área: Ciências Agrárias / Área: Ciência e Tecnologia de Alimentos / Subárea: Ciência de Alimentos / Especialidade: Propriedades Funcionais de Alimentos. Setores de atividade: Nutrição e Alimentação; Produção Animal, Inclusive Serviços Veterinários; Produtos e Processos Biotecnológicos.</p>
1974 - 1979	<p>Mestrado em Ciências dos Alimentos (Conceito CAPES 7). Universidade de São Paulo, USP, Brasil. Título: Transformações do amido na banana nanica (Musa acuminata L.): Papel da fosforilase e fosfatase, Ano de Obtenção: 1979. Orientador: 🧐 Franco Maria Lajolo. Bolsista do(a): Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, Brasil. Palavras-chave: Amadurecimento; Amido; Banana; Fisiologia Pós-colheita. Grande área: Ciências Agrárias Grande Área: Ciências Agrárias / Área: Ciência e Tecnologia de Alimentos / Subárea: Ciência de Alimentos / Especialidade: Fisiologia Pós-Colheita. Grande Área: Ciências Agrárias / Área: Ciência e Tecnologia de Alimentos / Subárea: Ciência de Alimentos. Setores de atividade: Produção Vegetal.</p>
1969 - 1973	<p>Graduação em Farmácia e Bioquímica. Universidade de São Paulo, USP, Brasil.</p>

Pós-doutorado e Livre-docência

1986

Livre-docência.

Universidade de São Paulo, USP, Brasil.

Título: Interrelação entre estrutura e textura de isolados proteicos de pulmão bovino, Ano de obtenção: 1986.

Palavras-chave: Propriedades Funcionais; Interação lipíde-proteína; Extrusão termoplástica; Espectroscopia de Alimentos; Atividade de água; Proteínas alimentares.

Grande área: Ciências Agrárias

Grande Área: Ciências Agrárias / Área: Ciência e Tecnologia de Alimentos /

Subárea: Tecnologia de Alimentos / Especialidade: Tecnologia de Produtos de Origem Animal.

Grande Área: Ciências Agrárias / Área: Ciência e Tecnologia de Alimentos /

Subárea: Ciência de Alimentos / Especialidade: Propriedades Funcionais de Alimentos.

Setores de atividade: Nutrição e Alimentação; Produção Animal, Inclusive Serviços Veterinários; Fabricação de Equipamentos de Instrumentação Médico-Hospitalares, Instrumentos de Precisão e Ópticos, Equipamentos Para Automação Industrial, Cronômetros e Relógios.

1990 - 1993

Pós-Doutorado.

University of Oxford, OX, Inglaterra.

Bolsista do(a): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, Brasil.

Grande área: Ciências Biológicas

Grande Área: Ciências Agrárias / Área: Ciência e Tecnologia de Alimentos /

Subárea: Ciência de Alimentos / Especialidade: Propriedades Funcionais de Alimentos.

Grande Área: Ciências Agrárias / Área: Ciência e Tecnologia de Alimentos /

Subárea: Ciência de Alimentos / Especialidade: Química, Física, Físico-Química e Bioquímica dos Alim. e das Mat-Primas Alimentares.