

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 28/10/2021.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FONTES DE AMIDO E FIBRA SOLÚVEL EM DIETAS PARA  
CÃES E SEUS EFEITOS NO PROCESSO DE EXTRUSÃO,  
QUALIDADE DOS KIBBLES E METABOLISMO**

**Peterson Dante Gavasso Pacheco**

Zootecnista

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FONTES DE AMIDO E FIBRA SOLÚVEL EM DIETAS PARA  
CÃES E SEUS EFEITOS NO PROCESSO DE EXTRUSÃO,  
QUALIDADE DOS KIBBLES E METABOLISMO**

**Discente: Peterson Dante Gavasso Pacheco**

**Orientador: Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia

**2020**

P116f Pacheco, Peterson Dante Gavasso  
Fontes de amido e fibra solúvel em dietas para cães e seus efeitos no processo de extrusão, qualidade dos kibbles e metabolismo / Peterson Dante Gavasso Pacheco. -- Jaboticabal, 2020  
110 p. : tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientador: Aulus Cavalieri Carciofi

1. Cães. 2. Carboidratos na nutrição animal. 3. Nutrição animal. 4. Processo de extrusão. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: FONTES DE AMIDO E FIBRA SOLÚVEL EM DIETAS PARA CÃES E SEUS EFEITOS NO PROCESSO DE EXTRUSÃO, QUALIDADE DOS KIBBLES E METABOLISMO

AUTOR: PETERSON DANTE GAVASSO PACHECO

ORIENTADOR: AULUS CAVALIERI CARCIOFI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora;

Prof. Dr. AULUS CAVALIERI CARCIOFI (Participação Virtual)  
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

*Aulus Carciofi*

Profa. Dra. ANANDA PORTELLA FÉLIX (Participação Virtual)  
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal do Paraná / Curitiba/PR

*Ananda Félix*

Profa. Dra. THAILA CRISTINA PUTAROV (Participação Virtual) p/   
Universidade Brasil/Campus Descalvado. / Descalvado/SP

*Thaila Putarov*

Profa. Dra. MÁRCIA DE OLIVEIRA SAMPAIO GOMES (Participação Virtual) p/   
Departamento de Clínica Médica / FMVZ - USP - São Paulo, SP

*Márcia Sampaio*

Profa. Dra. NILVA KAZUE SAKOMURA (Participação Virtual) p/   
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

*Nilva Sakomura*

Jaboticabal, 28 de outubro de 2020

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Peterson Dante Gavasso Pacheco, nascido em 24 de janeiro de 1990, na cidade de Alta Floresta – Mato Grosso, ingressou no curso de Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Botucatu, em março de 2009. Durante a graduação foi bolsista de Iniciação Científica da FAPESP em diferentes áreas (fisiologia digestiva e isótopos estáveis), finalizando o curso em dezembro de 2013. Em março de 2014, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi. Durante esse período, desenvolveu parte do seu projeto de pesquisa na Kansas State University (Manhattan, Kansas, EUA). Em 2016, concluiu o curso de Mestrado e iniciou o curso de Doutorado pela mesma instituição e sob orientação do mesmo pesquisador.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me mantido no caminho certo com saúde e forças para chegar até o final de mais uma etapa.

À minha família pelo apoio que sempre me deram ao longo da minha trajetória acadêmica. Especialmente aos meus tios, Ana Maria Pacheco Terence e Renato Luiz Terence, que sempre estiveram ao meu lado e me incentivando.

Deixo um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi, pela oportunidade de trabalhar em sua equipe e dedicação ao meu projeto de pesquisa. Muito obrigado pela amizade, paciência, confiança e pelos ensinamentos passados durante todos esses anos.

Agradeço a Dra. Thaila Cristina Putarov, que coordenou o laboratório com muito carinho e competência, sempre ajudando a todos com sua experiência e paciência desde o início. Muito obrigado pela ajuda, amizade, conselhos e por me indicar a direção correta que o trabalho deveria tomar.

Aos meus queridos colegas do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada” que compartilharam inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo e otimismo. Apesar das diferenças individuais de comportamento e personalidade, sou muito grato por ter conhecido cada um de vocês. Obrigado por me aguentarem e/ou me suportarem por tanto tempo (risos). Fiz grandes amigos ao longo desses seis anos. Saibam que tenho um carinho muito especial por cada um de vocês: Amanda, Bruninha, Bia, Camila, Carol, Claudinha, Débora, Diego, Elaine, Érico, Fer, Fran, Kelly, Lara, Lets, Lê, Lucas Bastos, Lucas Moraes, Ludmilla, Mayara, Pierina, Priscila, Sté e Thaila. Muito obrigado pela ajuda, amizade, pelas conversas divertidas e pelo respeito. Sentirei saudades.

Aos nossos queridos peludos (cães e gatos), que sempre colaboram com nossos estudos e com a ciência. Especialmente aos cães que participam dos estudos: Babalu, Barbie, Bia, Brenda, Brisa, Bruna, Café, Chanel, Chokito, Churros, Jasmin, Maia, Major, Manolo, Mel, Mike, Nenezico, Zagalo, Zara, Zeca, Zoe e Zulu.

Aos meus queridos amigos com quem tive a oportunidade de conviver e compartilhar momentos incríveis na Rep. Misto Quente, especialmente, a Aline e

Denise. Obrigado pela amizade e pelo companheirismo. Também gostaria de agradecer aos nossos queridos peludos, Spike (em lembrança), Didi, Lola, Princesa, Nina (em lembrança), Xavante e Zé, por alegrarem o nosso lar.

Gostaria de agradecer a minha querida “Galera”, pessoas incríveis que me proporcionaram momentos especiais, principalmente, durante a fase final do doutorado. Muito obrigado pela amizade Caio, Stella e Tryssia. Sentirei muitas saudades dos nossos encontros e aventuras pela cozinha.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e o seu corpo docente pelo comprometimento com a qualidade e excelência do ensino.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo (142191/2016-7).

À Affinity Petcare (Barcelona, Espanha) pelo financiamento do estudo com fontes de amido.

À Citrosuco (Matão, São Paulo) pelo financiamento do estudo com fontes de fibra.

À Affinity Petcare (Campinas, Brasil) pelo apoio financeiro ao Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flavio Prada”.

À Manfrim Industrial e Comercial Ltda pelo apoio institucional ao Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flavio Prada”.

À Manzoni Industrial Ltda pela doação da extrusora (modelo MEX-250), que possibilitou o desenvolvimento dessa tese.

Aos membros que participaram dos exames de qualificação e defesa. Muito obrigado pela dedicação e pelas contribuições para melhorar a qualidade do trabalho: Dra. Ananda Portella Félix, Dra. Bruna Agy Loureiro, Dra. Carolina Cardoso Nagib Nascimento, Dr. Edney Pereira da Silva, Dra. Márcia de Oliveira Sampaio Gomes, Dra. Nilva Kazue Sakomura e a Dra. Thaila Cristina Putarov.



## SUMÁRIO

	Página
CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais.....	iii
CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT .....	vii
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1. Introdução .....	1
2. Revisão de literatura .....	2
2.1. Classificação dos carboidratos .....	2
2.2. Fontes de amido .....	3
2.3. Fontes de fibra alimentar .....	8
2.4. Estrutura do amido.....	12
2.5. Efeito dos carboidratos no metabolismo de glicose e insulina.....	13
2.6. Efeito dos carboidratos na extrusão e qualidade dos kibbles .....	16
3. Referências.....	19
CAPÍTULO 2 – Citrus pulp and orange fiber as a dietary fiber sources for dogs .....	31
Abstract.....	33
1. Introduction .....	34
2. Materials and Methods.....	35
2.1. Fiber ingredients .....	35
2.2. Diet formulation and experimental design.....	37
2.3. Diet preparation and extrusion processing.....	38
2.4. Digestibility test.....	39
2.5. Raw material particle size distribution and kibble macrostructure evaluation .....	40
2.6. Chemical analysis of ingredients, diets, and feces .....	41
2.7. Palatability study .....	42
2.8. Statistical analysis.....	42
3. Results .....	43
3.1. Fiber sources and experimental diets .....	43
3.2. Extrusion variables and kibble macrostructure .....	44
3.3. Nutrient intake and coefficient of total tract digestibility of nutrients .....	47
3.4. Fecal characteristics and fermentation end products.....	50

3.5. Palatability study .....	50
4. Discussion.....	53
5. Conclusion .....	58
Acknowledgments .....	59
References.....	59
CAPÍTULO 3 – Chickpea, dehulled oat, faba bean starch flour and pea as dietary starch sources for dog foods: effects on extrusion, digestibility, fermentation end-products in feces, palatability and postprandial glucose and insulin responses .....	66
Abstract.....	68
1. Introduction .....	69
2. Materials and methods.....	71
2.1. Diets and experimental design.....	71
2.2. Diets processing .....	75
2.3. Particle size distribution and kibble characteristics .....	76
2.4. Digestibility protocol.....	77
2.5. Chemical analyses.....	77
2.6. Fecal pH and fermentation end-products.....	78
2.7. Postprandial glucose and insulin responses .....	78
2.8. Palatability testing.....	80
2.9. Statistical analysis.....	80
3. Results .....	81
3.1. Carbohydrate sources and diets .....	81
3.2. Extrusion processing and kibble macrostructure .....	83
3.3. Nutrient intake and digestibility .....	86
3.4. Fecal characteristics and fermentation products.....	88
3.5. Glucose and insulin postprandial responses.....	91
3.6. Palatability study .....	98
4. Discussion.....	98
5. Conclusion .....	104
Acknowledgments .....	105
4. References.....	105

## CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "**Avaliação da inclusão de polpa cítrica e fibra de laranja em rações para cães**", protocolo nº 017359/17, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Aulus Cavalleri Carciofi, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 08 de fevereiro de 2018.

Vigência do Projeto	05/03/2018 a 17/12/2018
Espécie / Linhagem	Canina / Beagle
Nº de animais	30
Peso / Idade	12 Kg / 8
Sexo	Ambos os sexos
Origem	Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos "Prof. Flavio Prada"

Jaboticabal, 08 de fevereiro de 2018.

*Fabiana Pilarski*

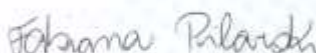
**Profª Drª Fabiana Pilarski**  
Coordenadora – CEUA

## CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "**Fontes alternativas de carboidratos sobre as variáveis de processo de extrusão, digestibilidade dos nutrientes e resposta pós-prandial de glicose e insulina de cães**", protocolo nº 017360/17, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 08 de fevereiro de 2018.

Vigência do Projeto	05/03/2018 a 17/12/2018
Espécie / Linhagem	Canina / Beagle
Nº de animais	54
Peso / Idade	12 Kg / 8
Sexo	Ambos os sexos
Origem	Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos "Prof. Flavio Prada"

Jaboticabal, 08 de fevereiro de 2018.

  
**Profª Drª Fabiana Pilarski**  
Coordenadora – CEUA

## FONTES DE AMIDO E FIBRA SOLÚVEL EM DIETAS PARA CÃES E SEUS EFEITOS NO PROCESSO DE EXTRUSÃO, QUALIDADE DO KIBBLE E METABOLISMO

**RESUMO** – O desenvolvimento e a utilização de ingredientes novos ou alternativos são interessantes para a indústria de alimentos para animais de estimação, especialmente ingredientes derivados de fontes que promovam benefícios à saúde dos animais. Sendo assim, a presente tese está estruturada em três capítulos. O Capítulo 1 teve como objetivo apresentar uma visão geral sobre carboidratos através de uma revisão bibliográfica. O estudo presente no Capítulo 2 teve como objetivos avaliar os efeitos da inclusão de polpa cítrica (PC) e fibra de laranja (FL) em dietas para cães sobre o processo de extrusão, macroestrutura dos kibbles, digestibilidade dos nutrientes e da energia, características fecais, produtos de fermentação intestinal e palatabilidade. Uma dieta controle, sem inclusão de fonte de fibra, e quatro dietas contendo 3%, 6%, 12% de PC ou 6% de FL foram testadas. A inclusão de PC e FL reduziu a amperagem, pressão e energia mecânica específica do motor ( $P < 0,05$ ), mas a aplicação de energia térmica específica e energia específica total não se alterou ( $P > 0,05$ ). A macroestrutura dos kibbles foi afetada com redução na taxa de expansão, gelatinização do amido e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica ( $P < 0,05$ ), enquanto a dureza e o comprimento específico dos kibbles aumentaram ( $P < 0,05$ ) com a inclusão de ambas as fontes. A inclusão da FL não alterou a gelatinização do amido ( $P > 0,05$ ). O consumo de fibra alimentar total aumentou ( $P < 0,05$ ) com a adição das fontes de fibra, o que levou à redução no coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia, exceto para a digestibilidade da fibra alimentar que aumentou ( $P < 0,05$ ). A digestibilidade da fibra alimentar foi maior para a dieta com 6% de FL comparada com a dieta contendo 6% de PC ( $P < 0,05$ ). A inclusão de PC e FL aumentou a produção de fezes e reduziu a matéria seca fecal ( $P < 0,05$ ), mas não alterou o escore fecal ( $P > 0,05$ ). O pH fecal diminuiu e os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), acetato, butirato, valerato e lactato aumentaram ( $P < 0,05$ ) com a adição de PC. A FL induziu pH fecal mais baixo e concentrações totais de AGCC mais altas ( $P < 0,05$ ) do que a PC. A inclusão de FL aumentou a palatabilidade da dieta, sendo preferida pelos cães em relação à dieta controle ( $P < 0,05$ ). A FL pode ser utilizada como fonte de fibra alimentar na nutrição de cães, melhorando a saúde intestinal e a palatabilidade, sem afetar a qualidade fecal. O estudo apresentado no Capítulo 3 teve como objetivos avaliar os efeitos do grão-de-bico (GB), aveia descascada (AD), farinha de amido de feijão (AF) e ervilha (ER) como fontes de amido em dietas para cães sobre o processo de extrusão, características da ração, digestibilidade, características fecais, produtos de fermentação intestinal, palatabilidade e resposta pós-prandial de glicose e insulina. Uma dieta controle à base de arroz (AR) foi usada como referência e oito dietas foram formuladas, substituindo 50% ou 100% da dieta AR pelas fontes alternativas de amido: AD50, AD100, ER50, ER100, GB50, GB100, AF50 e AF100. As dietas foram processadas em extrusora de rosca simples. O coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes foi determinado através da coleta total de fezes, utilizando seis cães por tratamento distribuídos em delineamento em blocos casualizados. Fezes frescas foram coletadas para avaliar o pH e os produtos de fermentação. As dietas formuladas com 100% das fontes de carboidrato foram utilizadas para avaliar as respostas pós-prandiais de glicose e insulina, sendo utilizado nove animais por tratamento. Os

resultados foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). A digestibilidade aparente da MS, MO e EB foi semelhante entre as dietas AR, AD50, GB50, AF50 e AF100, e menor que a AR para as dietas AD100, ER50, ER100 e GB100 ( $P < 0,05$ ). Os cães alimentados com a dieta GB100 apresentaram menor digestibilidade da proteína bruta ( $P < 0,05$ ). Os animais alimentados com AD100 apresentaram menor digestibilidade da gordura que os alimentados com AR ( $P < 0,05$ ). A produção de fezes e umidade foram maiores em cães alimentados com as dietas ER100 e GB100 comparado com a AR ( $P < 0,05$ ). O pH fecal foi menor e o lactato fecal maior para a maioria das fontes alternativas de amido ( $P < 0,05$ ). Comparado com a dieta AR, os cães alimentados com as dietas ER100 e GB100 apresentaram maiores concentrações de acetato, propionato e AGCC totais nas fezes ( $P < 0,05$ ). Os cães alimentados com as dietas à base de AD e GB apresentaram menor pico máximo de insulina e menor área total sob a curva (AUC) de insulina em comparação à dieta BR ( $P < 0,05$ ). Em conclusão, o AF pode substituir o AR, enquanto a AD e o GB podem substituir até 50% o AR sem influenciar a digestibilidade dos nutrientes. A substituição total de AR por AD, GB e ER reduziu a digestibilidade com potencial de uso em dietas de baixa energia. Ervilha e GB aumentam a formação de produtos de fermentação e podem ser usados em dietas para tratar de problemas intestinais. Dietas contendo AD e GB reduziram a secreção de glicose e insulina.

**Palavras-chave:** carboidratos, digestibilidade, glicose, grain-free, insulina, palatabilidade

## SOURCES OF STARCH AND SOLUBLE FIBRE IN DOG FOODS AND THEIR EFFECTS ON EXTRUSION PROCESSING, KIBBLE QUALITY AND METABOLISM

**ABSTRACT** – The development and use of novel or alternative ingredients are interesting for the pet food industry, especially ingredients derived from sources that promote animal health benefits. Therefore, the present thesis is organized in three chapters. Chapter 1 aimed to provide an overview of carbohydrates (starch and fiber) by a literature review. The study in Chapter 2 aimed to evaluate the effects of citrus pulp (CP) and orange fiber (OF) inclusion on extrusion process, kibble macrostructure, digestibility of nutrients and energy, fecal characteristics, fermentation end products and palatability of dog foods. A control diet (CO), with no fiber source inclusion, and four diets containing 3%, 6%, 12% of CP or 6% of OF were tested. The inclusion of CP and OF reduced the motor amperage, pressure, and specific mechanical energy ( $P < 0.05$ ) but specific thermal energy and total specific energy application did not change ( $P > 0.05$ ). Kibble macrostructure was affected with a decreased in expansion rate, starch gelatinization and in vitro digestibility of organic matter ( $P < 0.05$ ), whereas kibble hardness and specific length increased ( $P < 0.05$ ) with CP and OF inclusion. OF inclusion did not change starch gelatinization ( $P > 0.05$ ). Total dietary fiber (TDF) intake increased ( $P < 0.05$ ) with the addition of fiber sources, which led to reduction on digestibility of nutrients and energy, excepted for TDF digestibility that increased ( $P < 0.05$ ). TDF digestibility was higher for diet with 6% OF than 6% CP ( $P < 0.05$ ). The inclusion of CP and OF increased feces production and reduced fecal DM ( $P < 0.05$ ) but did not alter fecal score ( $P > 0.05$ ). Fecal pH decreased and total short-chain fatty acids (SCFA), acetate, butyrate, valerate, and lactate increased ( $P < 0.05$ ) adding CP. The OF induced lower fecal pH and higher total SCFA concentrations ( $P < 0.05$ ) than CP. OF inclusion enhanced food palatability, being preferred by the dogs over the CO food ( $P < 0.05$ ). OF can be utilized as dietary fiber source in dog nutrition, improving gut health and palatability, with no effect on fecal quality. The study presented in Chapter 3 aimed to evaluate the effects of chickpea (CP), dehulled oat (DO), faba bean starch flour (FS) and pea (PE) as starch source in dog foods on extrusion processing, kibble characteristics, digestibility, fecal characteristics, fermentation end products, palatability and postprandial glucose and insulin responses. The present study in Chapter 3 compared chickpea (CP), dehulled oat (DO), faba bean starch flour (FB) and pea (PE) incorporated to dog extruded food as the main carbohydrate sources on extrusion variables, kibble macrostructure, apparent nutrient digestibility, fecal characteristics, fermentation end-products, palatability, and postprandial responses of glucose and insulin. A control diet based on broken rice (BR) was formulated and used as a reference carbohydrate source, and eight test foods were obtained replacing 50% or 100% of the broken rice by the ingredients in study: DO50, DO100, PE50, PE100, CP50, CP100, FB50 and FB100. Foods were extruded in a single screw extruder. Coefficients of total tract apparent digestibility (CTTAD) was determined with 6 dogs per diet by total collection of feces, in a completely randomized block design. Fresh feces were used to evaluate pH and fermentation products. The diets with BR and 100% of each ingredient in study were evaluated in 9 dogs per diet to determine glucose and insulin postprandial responses. Data was submitted to ANOVA and means compared by Tukey test ( $P < 0.05$ ). CTTAD of DM, OM and GE were similar among BR, DO50, CP50, FB50 and FB100 diets, but lower than BR for DO100, PE50, PE100, and CP100 treatments ( $P < 0.05$ ). Dogs fed the CP100 diet had lower crude protein

digestibility ( $P < 0.05$ ). Animals fed DO100 showed lower fat digestibility than those fed BR ( $P < 0.05$ ). Feces production and moisture were greater for dogs fed PE100 and CP100 than those fed BR ( $P < 0.05$ ). Fecal pH was lower and fecal lactate higher for most of non-conventional starch sources compared to BR ( $P < 0.05$ ). Dogs fed PE100 and CP100 had higher acetate, propionate, and total volatile fatty acids concentration on feces than dogs fed BR ( $P < 0.05$ ). Dogs fed DO100 and CP100-based foods presented lower maximum insulin pick and lower total area under the curve (AUC) of insulin in comparison to BR diet ( $P < 0.05$ ). In conclusion, the FB can replace BR, while DO and chickpea can replace up to 50% of BR without influencing digestibility of nutrients. The total substitution of BR by DO, CP and PE reduced digestibility with a potential use for low energy diets. PE and CP increased fermentation end-products formation and may be used in diets to support specific intestinal conditions. Diets based on DO and CP reduced the postprandial insulin secretion in dogs.

**Keywords:** carbohydrate, digestibility, glucose, grain-free, insulin, palatability



## CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

### 1. Introdução

A população de cães no Brasil foi estimada em 55,1 milhões de animais, em 2019, segundo levantamento realizado pelo Instituto Pet Brasil (IPB, 2019). Essa estatística populacional impulsiona o crescimento da indústria *pet* no país, que obteve um faturamento total de 22,3 bilhões de reais de acordo a Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação (ABINPET, 2019). Deste faturamento, o setor *pet food* abrange 73,3%, com crescimento de 8,4% em relação ao ano de 2018. Estes dados mostram a importância da indústria de alimentos para animais de companhia e o desenvolvimento deste segmento, além da demanda dos tutores por alimentos de alta qualidade.

Com base nos dados atuais de mercado e exigência dos tutores, a indústria de alimentos para animais de companhia (*pet food*) está cada vez mais preocupada em oferecer alimentos que atendam às exigências nutricionais e que proporcionem benefícios à saúde e aos bem-estar dos animais. Neste contexto, pode-se destacar o desenvolvimento e a utilização de ingredientes novos ou alternativos, que permitam desenvolver novos atrativos para os clientes, promover benefícios para a saúde dos animais, evitar potenciais competições com recursos alimentares humanos ou potencialmente reduzir o custo das formulações.

O foco marcante do uso de fontes alternativas de ingredientes pode ser observado nas dietas *grain-free* ou livre de grãos. As dietas *grain-free* são formuladas com ingredientes de qualidade, sendo as leguminosas (ervilha, feijão, grão-de-bico e lentilha) e os tubérculos (batata, batata doce e mandioca) as principais fontes de carboidrato (amido). A proposta desses alimentos é reduzir a quantidade de carboidratos presentes na sua composição, principalmente de amido. Os alimentos *grain-free* não são livres de carboidratos, mas podem apresentar, devido a composição das fontes de carboidratos utilizados, redução do teor de amido e aumento dos teores de proteína, gordura e fibra alimentar (Alvarenga e Aldrich, 2020). Isto, porém, não é regra geral e algumas dietas comerciais *grain-free* para cães podem apresentar maior quantidade de amido na sua composição nutricional em relação as dietas à base de grãos cereais tradicionais (Alvarenga e Aldrich, 2020).

Além do uso de fontes alternativas de amido, a caracterização e o desenvolvimento de novas fontes de fibras alimentares também são interessantes para a indústria de alimentos para animais de estimação, especialmente ingredientes derivados de fontes naturais e com propriedades funcionais que possam colaborar para melhorar a saúde intestinal. Atualmente, a polpa de beterraba é a mais usual fonte de fibra alimentar fermentável utilizada em alimentos para animais de companhia de alta qualidade, por apresentar fermentação moderada para cães e gatos. Contudo, essa fibra é cara, elevando o custo das formulações. Como o Brasil é o maior produtor de laranja, uma grande quantidade de resíduos é gerada durante a extração do suco da fruta, material com elevada proporção de fibra solúvel. Esses resíduos se apresentam, devido à sua composição química, como alternativa à polpa de beterraba, podendo apresentar benefícios para a saúde dos animais.

Com base no exposto, este trabalho teve como objetivos gerais compreender os efeitos da utilização de fontes alternativas de amidos e fibras solúveis em dietas para cães e os seus efeitos sobre o processo de extrusão, digestibilidade dos nutrientes e da energia, produtos de fermentação microbiana, resposta pós-prandial de glicose e insulina e palatabilidade. Para isso, essa tese está estruturada em três capítulos: Capítulo 1: Considerações gerais; Capítulo 2: Citrus pulp and orange fiber as dietary fiber sources for dogs; e Capítulo 3: Chickpea, dehulled oat, faba bean starch flour and pea as dietary starch sources for dog foods: effects on extrusion, digestibility, fermentation end-products in feces, palatability, and postprandial glucose and insulin responses.

### 3. Referências

ABINPET (2019) **Mercado pet Brasil**. Disponível em: <<http://abinpet.org.br/mercado/>>. Acesso em setembro de 2020.

Alvarenga IC, Holt D, Aldrich CG (2020) Evaluation of faba beans as an ingredient in dog diets: apparent total tract digestibility of extruded diets with graded levels of dehulled faba beans (*Vicia faba* L.) by dogs. **Journal of Animal Science** 98:skaa085.

Alvarenga IC, Aldrich CG (2020) Starch characterization of commercial extruded dry pet foods. **Translational Animal Science** 4:1-6.

Ambigaipalan P, Hoover R, Donner E, Liu Q, Jaiswal S, Chibbar R, Nantanga KKM, Seetharaman K (2011) Structure of faba bean, black bean and pinto bean starches at different levels of granule organization and their physicochemical properties. **Food Research International** 44:2962-2974.

Adolphe JL, Drew MD, Huang Q, Silver TI, Weber LP (2012) Postprandial impairment of flow-mediated dilation and elevated methylglyoxal after simple but not complex carbohydrate consumption in dogs. **Nutrition Research** 32:278-284.

Adolphe JL, Drew MD, Silver TI, Fohse J, Childs H, Weber LP (2015) Effect of an extruded pea or rice diet on postprandial insulin and cardiovascular responses in dogs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 99:767-776.

Bazolli RS, Vasconcelos RS, De-Oliveira LD, Sá FC, Pereira GT, Carciofi AC (2015) Effect of the particle size of maize, rice, and sorghum in extruded diets for dogs on starch gelatinization, digestibility, and the fecal concentration of fermentation products. **Journal of Animal Science** 93:2956-2966.

Belibasakis NG, Tsirgogianni D (1996) Effects of dried citrus pulp on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology** 60:87-92.

Bertoft E (2017) Understanding starch structure: recent progress. **Agronomy** 7:56.

Björck I, Granfeldt Y, Liljeberg H, Tovar J, Asp NG (1994) Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates. **American Journal of Clinical Nutrition** 59:699S-705S.

Bordoloi R, Ganguly S (2014) Extrusion technique in food processing and a review on its various technological parameters. **Indian Journal of Science and Technology** 2:1-3.

Bosch G, Verbrugghe A, Hesta M, Holst JJ, van der Poel AFB, Janssens GPJ, Hendriks WH (2009) The effects of dietary fibre type on satiety-related hormones and voluntary food intake in dogs. **British Journal of Nutrition** 102:318-325.

Brambillasca S, Britos A, Deluca C, Fraga M, Cajarville C (2013) Addition of citrus pulp and apple pomace in diets for dogs: influence on fermentation kinetics, digestion, faecal characteristics and bacterial populations. **Archives of Animal Nutrition** 67:492-502.

Brunetto MA, Sá FC, Nogueira SP, Gomes MOS, Pinarel AG, Jeremias JT, Paula FJA, Carciofi AC (2011) The intravenous glucose tolerance and postprandial glucose tests may present different responses in the evaluation of obese dogs. **British Journal of Nutrition** 106:S194-S197.

Burkhalter TM, Merchen NR, Bauer LL, Murray SM, Patil AR, Brent Jr JL, Fahey Jr GC (2001) The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal

and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. **The Journal of Nutrition** 131:1978-1985.

Burrows CF, Kronfeld DS, Banta CA, Merritt AM (1982) Effects of fiber on digestibility and transit time in dogs. **The Journal of Nutrition** 112:1726-1732.

Carciofi AC, Takakura FS, De-Oliveira LD, Teshima E, Jeremias JT, Brunetto MA, Prada F (2008) Effects of six carbohydrate sources on dog diet digestibility and post-prandial glucose and insulin response. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 92:326-336.

Carvalho WT, Reis RC, Velasco P, Júnior MSS, Bassinello PZ, Caliaro M (2011) Características físico-químicas de extratos de arroz integral, quirera de arroz e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 41:422-429.

Chiruvella RV, Jaluria Y, Karwe MV (1996) Numerical simulation of the extrusion process for food material in a single-screw extruder. **Journal of Food Engineering** 30:449-467.

Cole JT, Fahey Jr GC, Merchen NR, Patil AR, Murray SM, Hussen HS, Brent Jr JL (1999) Soybean hulls as a dietary fiber source for dogs. **Journal of Animal Science** 77:917-924.

Costa GEA, Queiroz-Monici KS, Reis SMPM, Oliveira AC (2006) Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry** 94:327-330.

Cummings JH, Stephen AM (2007) Carbohydrate terminology and classification. **European Journal of Clinical Nutrition** 61:S5-S18.

Crane SW, Griffin RW, Messent PR (2000) Introduction to commercial pet foods. In: Hand MS, Thatcher CD, Remillard RL, Roudebush P (4 edição) **Small animal clinical nutrition**. Kansas: Mark Morris Institute, p.111-126.

Dai FJ, Chau CF (2017) Classification and regulatory perspectives of dietary fiber. **Journal of Food Drug Analysis** 25:37-42.

De-Godoy MRC, Kerr KR, Fahey Jr GC (2013) Alternative dietary fiber sources in companion animal nutrition. **Nutrients** 5:3099-3117.

Detweiler KB, He F, Mangian HF, Davenport GM, de-Godoy MRC (2019) Effects of high inclusion of soybean hulls on apparent total tract macronutrient digestibility, fecal quality, and fecal fermentative end-product concentrations in extruded diets of adult dogs. **Journal of Animal Science** 97:1027-1035.

Diez M, van Eenaeme C, Hornick JL, Baldwin P, Istasse L (1997) Dietary fibre in dogs diet: comparisons between cellulose, pectin, guar gum, and between two incorporation rates of guar gum. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 78:220-229.

Domingues L, Murakami F, Zattoni D, Kaelle G, Oliveira S, Félix A (2019) Effect of potato on kibble characteristics and diet digestibility and palatability to adult dogs and puppies. **Italian Journal of Animal Science** 18:292-300.

Dhital S, Warren FJ, Butterworth PJ, Ellis PR, Gidley MJ (2017) Mechanisms of starch digestion by  $\alpha$ -amilase – structural basis for kinetic properties. **Critical Review in Food Science and Nutrition** 57:875-892.

Dona AC, Pages G, Gilbert RG, Kuchel PW (2010) Digestion of starch: *In vivo* and *In vitro* kinetic models used to characterize oligosaccharide or glucose release. **Carbohydrate Polymers** 83:1775-1786.

Englyst H (1989) Classification and measurement of plant polysaccharides. **Animal Feed Science and Technology** 23:27-42.

Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH (1992) Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition** 46:S33-S50.

Englyst KN, Englyst HN, Hudson GJ, Cole TJ, Cummings JH (1999) Rapidly available glucose in foods: an in vitro measurement that reflects the glycemic response. **American Journal of Clinical Nutrition** 69:448-454.

Englyst KN, Liu S, Englyst HN (2007) Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates. **European Journal of Clinical Nutrition** 61:S19-S39.

Fahey Jr GC, Merchen NR, Corbin JE, Hamilton AK, Serbe KA, Lewis KA, Hirakawa DA (1990a) Dietary fiber for dogs: I. Effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. **Journal of Animal Science** 68:4221-4228.

Fahey Jr GC, Merchen NR, Corbin JE, Hamilton AK, Serbe KA, Hirakawa DA (1990b) Dietary fiber for dogs: II. Iso-total dietary fiber (TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. **Journal of Animal Science** 68:4229-4235.

Fischer MM, Kessler AM, Sá LRM, Vasconcellos RS, Roberti-Filho FO, Nogueira SP, Oliveira MCC, Carciofi AC (2012) Fiber fermentability effects on energy and macronutrient digestibility, fecal traits, postprandial metabolites responses, and colon histology of overweight cats. **Journal of Animal Science** 90:2233-2245.

Fortes CMLS, Carciofi AC, Sakomura NK, Kawauchi IM, Vasconcellos RS (2010) Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dogs. **Animal Feed Science and Technology** 156:121-125.

Foster GM, Hill D, Gregory G, Weishaar KM, Lana S, Bauer JE, Ryan EP (2012) Effects of cooked navy bean powder on apparent total tract nutrient digestibility and safety in healthy adult dogs. **Journal of Animal Science** 90:2631-2638.

Ganjyal GM, Hanna MA (2004) Effects of extruder die nozzle dimensions on expansion and micrographic characterization during extrusion of acetylated starch. **Starch** 56:108-117.

He W, Wei C (2017) Progress in C-type starches from different plant sources. **Food Hydrocolloids** 73:162-175.

Herrera-Saldana RE, Huber JT, Poore MH (1990) Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereals grains. **Journal of Dairy Science** 73:2386-2393.

Ho KS, Tan CYM, Daud MAM, Seow-Choen F (2012) Stopping or reducing dietary fiber intake reduces constipation and its associated symptoms. **World Journal of Gastroenterology** 18:4593-4596.

Holscher HD (2017) Dietary fiber and prebiotic and the gastrointestinal microbiota. **Gut Microbes** 8:172-184.

Hoover R, Hughes T, Chung HJ, Liu Q (2010) Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: a review. **Food Research International** 43:399-413.

Hughes T, Hoover R, Liu Q, Donner E, Chibbar R, Jaiswal S (2009) Composition, morphology, molecular structure, and physicochemical properties of starches from newly released chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Canada. **Food Research International** 42:627-635.

IBGE (2020) Laranja In.: **Levantamento sistemático da produção agrícola: estatística da produção agrícola**. p. 73.

IPB (2019) **População de animais no Brasil**. Disponível em: <<http://institutopetbrasil.com/>>. Acesso em setembro de 2020.

Jenkins PJ, Donald AM (1995) The influence of amylase on starch granule structure. **International Journal of Biological Macromolecules** 17:315-321.

Jukanti AK, Gaur PM, Gowda CLL, Chibbar RN (2012) Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. **British Journal of Nutrition** 108:S11-S26.

Karkle EL, Keller L, Dogan H, Alavi S (2012) Matrix transformation in fiber-added extruded products: impact of different hydration regimens on texture, microstructure and digestibility. **Journal of Food Engineering** 108:171-182.

Kasapidou E, Sossidou E, Mitlianga P (2015) Fruit and vegetable co-products as functional feed ingredients in farm animal nutrition for improved product quality. **Agriculture** 5:1020-1034.

Kawauchi IM, Sakomura NK, Vasconcellos RS, de-Oliveira LD, Gomes MOS, Loureiro BA, Carciofi AC (2011) Digestibility and metabolizable energy of maize gluten feed for dogs as measured by two different techniques. **Journal of Animal Feed Science and Technology** 169:96-103.

Kempe R, Saastamoinen M, Hyyppä S (2004) Composition, digestibility and nutritive value of cereals for dogs. **Agricultural and Food Science** 13:5-17.



Knudsen KEB, Laerke HN et al (2018) Impact of diet-modulated butyrate production on intestinal barrier function and inflammation. **Nutrients** 10:1499.

Kröger S, Vahjen W, Zentek J (2017) Influence of lignocellulose and low or high levels of sugar beet pulp on nutrient digestibility and the fecal microbiota in dogs. **Journal of Animal Science** 95:1598-1605.

Laflamme D, Izquierdo O, Eirmann L, Binder S (2014) Myths and misperceptions about ingredients used in commercial pet foods. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice** 44:689-698.

Loureiro BA, Sembenelli G, Maria APJ, Vasconcellos RS, Sá FC, Sakomura NK, Carciofi AC (2014) Sugarcane fibre may prevent hairball formation in cats. **Journal of Nutritional Science** 3:1-5.

Loureiro BA, Sakomura NK, Vasconcellos RS, Sembenelli G, Gomes MOS, Monti M, Malheiros EB, Kawauchi IM, Carciofi AC (2017) Insoluble fibres, satiety and food intake in cats fed kibble diets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 101:824-834.

Mälkkia Y, Virtanen E (2001) Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum: a review. **LWT Food Science and Technology** 34:337-347.

Maria APJ, Ayane L, Putarov TC, Loureiro BA, Neto BP, Casagrande MF, Gomes MOS, Glória MBA, Carciofi AC (2017) The effect of age and carbohydrates and protein sources on digestibility, fecal microbiota, fermentation products, fecal IgA, and immunological blood parameters in dogs. **Journal of Animal Science** 95:2452-2466.

McGrane MM (2013) Carbohydrate metabolism: Synthesis and oxidation. In.: Stipanuk MH, Caudill MA **Biochemical, Physiological, and Molecular Aspects of Human Nutrition** (3 edição). St Louis:Elsevier, p. 209–255.

Merga B, Haji J (2019) Economic importance of chickpea: production, value, and world trade. **Coagent Food and Agriculture** 5:1615718.

Monti M, Gibson M, Loureiro BA, Sá, FC, Putarov TC, Villaverde C, Alavi S, Carciofi AC (2016) Influence of dietary fiber on macrostructure and processing trials of extruded dog foods. **Animal Feed Science and Technology** 220:93-102.

Moraru CI, Kokini JL (2003) Nucleation and expansion during extrusion and microwave heating of cereal foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety** 2:147-165.

Muir HE, Murray SM, Fahey Jr GC, Merchen NR, Reinhart GA (1996) Nutrient digestion by ileal cannulated dogs as affected by dietary fibers with various fermentation characteristics. **Journal of Animal Science** 74:1641-1648.

Murray SM, Fahey Jr GC, Merchen NR, Sunvold GD, Reinhart GA (1999) Evaluation of selected high-starch flours as ingredients in canine diets. **Journal of Animal Science** 77:2180-2186.

Murray SM, Flickinger EA, Patil AR, Merchen NR, Brent Jr JL, Fahey Jr GC (2001) In vitro fermentation characteristics of native and processed cereal grains and potato starch using ileal chyme from dogs. **Journal of Animal Science** 79:435–444.

Nair KK, Kharb S, Thompkinson DK (2010) Inulin dietary fiber with functional and health attributes – a review. **Food Reviews International** 26:189-203.

Nguyen P, Dumon H, Biourge V, Pouteau E (1998) Glycemic and insulinemic responses after ingestion of commercial foods in healthy dogs: influence of food composition. **The Journal of Nutrition** 128:2654S-2658S.

NRC (2006) **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington, DC: The National Academy. 424 p.

Pacheco PDG, Putarov TC, Baller MA, Peres FM, Loureiro BA, Carciofi AC (2018) Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods. **Animal Feed Science and Technology** 243:52–63.

Peixoto MC, Ribeiro ÉM, Maria APJ, Loureiro BA, di Santo LG, Putarov TC, Yoshitoshi FN, Pereira GT, Sá LRM, Carciofi AC (2018) Effect of resistant starch on the intestinal health of old dogs: fermentation products and histological features of the intestinal mucosa. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 102, e111-e121.

Peng L, Li ZR, Green RS, Holzman IR, Lin J (2009) Butyrate enhances the intestinal barrier by facilitating tight junction assembly via activation of AMP-activated protein kinase in caco-2 cell monolayers. **The Journal of Nutrition** 139, 1619-1625.

Pérez S, Bertoft E (2010) The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review. **Starch** 62:389-420.

Pezzali JG, Aldrich CG (2019) Effects of ancient grains and grain-free carbohydrate sources on extrusion parameters and nutrient utilization by dogs. **Journal of Animal Science** 97:3458-3767.

Raigond P, Ezekiel R, Raigond B (2015) Resistant starch in food: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 95:1968-1978.

Rankovic A, Adolphe JL, Ramdath DD, Shoveller AK, Verbrugghe A (2020) Glycemic response in nonracing sled dogs fed single starch ingredients and commercial extruded dog foods with different carbohydrate sources. **Journal of Animal Science** 98:skaaa241.

Ratnayake WS, Jackson DS (2003) Starch: sources and processing. In.: **Encyclopedia of Food Science and Nutrition** (2 edição). Cambridge: Academic Press, p.5567-5572.

Ratnayake WS, Jackson DS (2008) Starch gelatinization. **Advances in Food and Nutrition Research** 55:221-268.

Riaz MN, Rokey GJ (2012) What levels of starch are typically found in extruded products?. In.: **Extrusion problems solved**. Sawston: Woodhead Publishing Limited, p. 48.

Riaz MN (2007) **Extruders and Expanders in Pet Food, Aquatic and Livestock Feeds**. Agremedia, 420 p.

Riaz MN (2000) Appendix. In.: **Extruders in food applications**. Boca Raton: CRC Press, p. 205-219.

Ribeiro EM, Peixoto MC, Putarov TC, Monti M, Pacheco PDG, Loureiro BA, Pereira GT, Carciofi AC (2019) The effects of age and dietary resistant starch on digestibility, fermentation end products in faeces and postprandial glucose and insulin responses of dogs. **Archives of Animal Nutrition** 73:485-504.

Robin F, Schuchmann HP, Palzer S (2012) Dietary fiber in extruded cereals: limitations and opportunities. **Trends in Food Science and Technology** 28:23-32.

Rokey GJ, Plattner B, Souza EM (2010) Feed extrusion process description. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39:510-518.

Rooney LW, Pflugfelder RL (1986) Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science** 63:1607-1623.

Sabchuk TT, Lowndes FG, Scheraiber M, Silva LP, Félix AP, Oliveira SG (2017) Effect of soya hulls on diet digestibility, palatability, and intestinal gas production in dogs. **Animal Feed Science and Technology** 225:134-142.

Singh N, Smith A (1997) A comparison of wheat starch, whole wheat meal and oat flour in the extrusion cooking press. **Journal of Food Engineering** 34:15-32.

Singh N, Sandhu KS, Kaur M (2004) Characterization of starches separated from Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Journal of Food Engineering** 63:441-449.

Slavin JL (2013) Structure, nomenclature, and properties of carbohydrates. In.: Stipanuk MH, Caudill MA (3 ed.) **Biochemical, Physiological and Molecular Aspects of Human Nutrition**. St Louis:Elsevier, p. 50–68.

Srichuwong S, Sunarti TC, Mishima T, Isono N, Hisamatsu M (2005) Starches from different botanical sources I: Contribution of amylopectin fine structure to thermal properties and enzyme digestibility. **Carbohydrate Polymers** 60:529-238.

Stewart D, McDougall G (2014) oat agriculture, cultivation and breeding targets: implications for human nutrition and health. **British Journal of Nutrition** 112:S50-S57.

Sunvold GD, Fahey Jr GC, Merchen NR, Reinhart GA (1995a) In vitro fermentation of selected fibrous substrates by dog and cat fecal inoculum: influence of diet composition on substrate organic matter disappearance and short-chain fatty acid production. **Journal of Animal Science** 73:1110-1122.

Sunvold GD, Fahey Jr GC, Merchen NR, Titgemeyer EC, Bourquin LD, Bauer LL, Reinhart GA (1995b) Dietary fiber for dogs: IV. In vitro fermentation of selected fiber

sources by dog fecal inoculum and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets. **Journal of Animal Science** 73:1099-1109.

Svihus B, Uhlen AK, Harstad OM (2005) Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. **Animal Feed Science and Technology** 122:303-320.

TACO (2011) **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (4 edição)**. Disponível em: <[https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada.pdf](https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf)>. Acesso em setembro de 2020.

Tayengwa T, Mapiye C (2018) Citrus and winery wastes: promising dietary supplements for sustainable ruminant animal nutrition, health, production, and meat quality. **Sustainability** 10:3718.

Tester RF, Morrison WR (1990) Swelling and gelatinization of cereal starches. II. Waxy rice starches. **Cereal Chemistry** 67:558-563e.

Tester RF, Karkalas J, Qi X (2004) Starch – composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science** 39:151-165.

Theodoro SS, Putarov TC, Tiemi C, Volpe LM, de-Oliveira CAF, Glória MBA, Carciofi AC (2019) Effects of the solubility of yeast cell wall preparations on their potential prebiotic properties in dogs. **PLoS ONE**. 14:e0225659.

Topping DL, Clifton PM (2001) Short-chain fatty acids and human colonic function: Roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. **Physiological Reviews** 81:1031-1064.

Toutounji MR, Farahnaky A, Santhakumar AB, Oli P, Butardo Jr VM, Blanchard CL (2019) Intrinsic and extrinsic factors affecting rice starch digestibility. **Trends in Food Science and Technology** 88:10-22.

Tran QD, Hendriks WH, Van der Poel AF (2008) Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 88:1487-1493.

Twomey LN, Pethick DW, Rowe JB, Choct M, Pluske JR, Brown W, Laviste MC (2002) The use of sorghum and corn as alternatives to rice in dog foods. **The Journal of Nutrition** 132:1704S-1705S.

Verbrugghe A, Hesta M. Cats and carbohydrate: the carnivore fantasy?. **Veterinary Sciences** 4:55.

Wambacp W, Rybachuk G, Jeusette I, Rochus K, Wuyts B, Fievez V, Nguyen P, Hesta M (2016) Fermentable soluble fibres spare amino acids in healthy dogs fed a low-protein diet. **BMC Veterinary Research** 12:1-10.

Wang HB, Wang PY, Wang X, Wan YL, Liu YC (2012) Butyrate enhances intestinal epithelial barrier function via up-regulation of tight junction protein Claudin-1 transcription. **Digestive Diseases and Sciences** 57, 3126-3135.

Wani IA, Sogi DS, Hamdani AM, Gani A, Bhat NA, Shah A (2016) Isolation, composition, and physicochemical properties of starch from legumes: a review. **Starch** 68:834-845.

Wolever TMS, Bolognesi C (1996) Source and amount of carbohydrate affect postprandial glucose and insulin in normal subjects. **The Journal of Nutrition** 126:2798-2806.

Wolter R, Do Socorro EP, Houdre C (1998) Faecal and ileal digestibility in the dog diets rich in wheat or tapioca starch. **Recueil de Médecine Veterinaire** 174:45-55.

Wood PJ (2007) Cereal  $\beta$ -glucans in diet and health. **Journal of Cereal Science** 46:230-238.

Yamanaka HT (2005) Obtenção de sub-produtos In.: **Cítricos**. São Paulo: CETESB, p. 21-22.

Yeh AI, Jaw YM (1998) Modeling residence time distribution for single screw extrusion process. **Journal of Food Engineering** 35:211-232.

Zhang Z, Tian X, Wang P, Jiang H, Li W (2019) Compositional, morphological, and physicochemical properties of starches from red adzuki bean, chickpea, faba bean, and baiyue bean grown in China. **Food Science & Nutrition** 7:2485-2494.