



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária/Instituto Superior de Agronomia

UTILIZAÇÃO DA CASTANHA COMO FONTE DE AMIDO NA ALIMENTAÇÃO DO LEITÃO AO DESMAME

(Versão Final)

Raquel Sofia Alves Ribeiro

Constituição do Júri

Orientador

Doutor Luís Manuel dos Anjos Ferreira

Professor Doutor João Pedro Bengala Freire

Doutor João Pedro Bengala Freire

Co-orientador

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha

Doutor Mário António Pereira Silva Soares de Pinho

Doutor Mário António Pereira da Silva Soares de Pinho

2012

Lisboa



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária/Instituto Superior de Agronomia

UTILIZAÇÃO DA CASTANHA COMO FONTE DE AMIDO NA ALIMENTAÇÃO DO LEITÃO AO DESMAME

(Versão Final)

Raquel Sofia Alves Ribeiro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Zootécnica/ Produção Animal

Constituição do Júri

Doutor Luís Manuel dos Anjos Ferreira

Doutor João Pedro Bengala Freire

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha

Doutor Mário António Pereira da Silva Soares de Pinho

Orientador

Professor Doutor João Pedro Bengala Freire

Co-orientador

Doutor Mário António Pereira Silva Soares de Pinho

2012

Lisboa

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. João Pedro Bengala Freire, meu orientador, pela sugestão do tema, por todo o apoio, confiança, amabilidade, ajuda e compreensão ao longo deste percurso, mostrando sempre estar disponível para mim.

Ao Prof. Dr. Mário Pinho, meu co-orientador, pela disponibilidade, paciência e ajuda na parte histológica do trabalho.

À D. Georgina pelo incansável trabalho e carinho demonstrados ao longo da parte experimental do trabalho.

Ao Bruno, à D. Lúcia e à D. Lurdes por toda a ajuda, paciência e simpatia demonstradas ao longo do trabalho experimental e laboratorial.

À minha mãe, Isabel e ao meu pai Mário, por sempre me terem incentivado a seguir este caminho, por todo o apoio ao longo dos anos, por todo o amor, carinho, cumplicidade e grande ajuda dada aos fins-de-semana na parte experimental deste trabalho.

Ao resto da minha família, avós, padrinhos e tios, em especial ao meu tio Rui pela grande disponibilidade, ajuda e apoio dado ao longo dos últimos anos.

Aos meus amigos e colegas, Raquel Lima, Isaura Gouveia, Fernando Carvalho, Cristiana Duarte, Cláudia Carreira, Mafalda Ferreira, Nelson Gaspar e Ana Sofia Ribeiro, por todo o apoio e por estarem presentes em todos os momentos da minha vida.

Aos meus restantes amigos, Inês Aboim, Rute Serra, Leonor Chaves, Rita Lebre, Ana Nascimento, João Valdevino, Diana Silva e Cláudio Palma, pela preocupação e amizade demonstrada ao longo do tempo.

À Sofia Lopes, pelas tardes passadas na biblioteca e pela motivação, ajuda e amizade.

Por fim, à Cláudia Santos simplesmente por tudo! Pela grande amizade, motivação, por estar presente em todos os momentos da minha vida e me ter apoiado ao longo de todo este processo, por ter ouvido as minhas queixas, por ter ralhado comigo quando foi preciso e ter sempre uma palavra atenciosa e carinhosa para me dar, mais uma vez um grande obrigado!

A todos, Muito Obrigada!

Título: Utilização da Castanha como fonte de amido na alimentação do leitão ao desmame

Resumo

Com o objectivo de estudar o efeito da introdução de castanha na dieta, no crescimento e função digestiva do leitão foi realizado um ensaio com 24 animais com cerca de 4 semanas de idade. Os leitões foram distribuídos por 3 regimes: RB (controlo), CAST50 (50% do amido do trigo substituído por amido da castanha) e CAST100 (totalidade do trigo substituído por castanha).

O peso médio final foi de 17,44 kg e o ganho médio de peso foi de 404 g/dia. A ingestão (em g/d/kg^{0,75}) foi de 80,5; 86,0 e 82,9 (P=0,0497) e o índice de conversão foi de 1,27; 1,30 e 1,37 para os regimes RB, CAST50 e CAST100, respectivamente (P=0,0420).

A digestibilidade da PB (em %) foi de 85,3; 82,8 e 77,6, a digestibilidade do NDF (em %) de 67,2; 80,7 e 88,2 e a digestibilidade do ADF (em %) de 50,0; 68,0 e 84,0 para os regimes RB, CAST50 e CAST100, respectivamente (P <0,0001). A actividade da xilanase diminuiu em 49% (P=0,0230) e a actividade da pectinase aumentou em 76% (P=0,0327) no colón dos animais que consumiram o regime CAST100, comparativamente ao RB. Ocorreu ainda um aumento no teor de ácido butírico e propiónico e na concentração total de AGV com o mesmo regime, comparativamente ao RB (P=0,0482).

Concluindo, seria interessante analisar-se a hipótese de reduzir os problemas de digestibilidade da castanha de modo a rentabilizá-la.

Palavras-chave: leitões, castanha, performances zootécnicas, digestibilidade, fermentação intestinal.

Abstract

In order to study the effect of introducing chestnut in the piglet's diet on the growth and digestive function, 24 piglets with about 4 weeks of age were used in a trial. The piglets were assigned into 3 diets: RB (control), CAST50 (where 50% of the wheat starch was replaced by chestnut starch) and CAST100 (where the whole wheat was replaced by chestnut).

The average final body weight was 17.44 kg and the average weight gain was 404 g/day. Feed intake (in g/day/kg^{0.75}) was 80.5, 86.0 and 82.9 for RB, CAST50 and CAST100 respectively (P=0.0497) and feed conversion rate was 1.27, 1.30 and 1.37 for RB, CAST50 and CAST100 respectively (P=0.0420).

Crude protein digestibility (in %) was 85.3, 82.8 and 77.6, NDF digestibility (in %) was 67.2, 80.7 and 82.2 and ADF digestibility (in %) was 50.0, 68.0 and 84.0 for RB, CAST50 and CAST100 respectively (P<0.0001). Xylanase activity decreased 49% (P=0.0230) and pectinase activity increased 76% (P=0.0327) in the colon from the piglets fed CAST100 compared to the ones fed RB. The piglets fed CAST100 had an increased butyric and propionic content and an increased total VFA concentration, compared to the ones fed RB (P=0.0482).

Concluding, it would be interesting to study the possibility to decrease the digestibility problems caused by the chestnut to make it more profitable.

Key words: piglets, chestnut, growth performance, digestibility, intestinal fermentation

Índice Geral

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	vii
Lista de Abreviaturas	ix
1 - Introdução	1
2 - Revisão Bibliográfica	3
2.1 - O sistema Digestivo do Porco.....	3
2.1.1 - Caracterização Morfológica.....	3
2.1.2 - Digestão na Boca, Estômago, Intestino Delgado e Intestino Grosso....	4
2.2 - O Leitão.....	6
2.2.1 - Evolução das Enzimas Digestivas.....	6
2.2.2 - A Problemática do Desmame.....	9
2.3 - A Castanha.....	10
2.3.1 – Evolução da Produção a nível Mundial.....	11
2.3.2 – Evolução da Produção em Portugal.....	12
2.3.3 – Variedades Portuguesas.....	13
2.3.4 – Composição Química da Polpa de Castanha.....	14
2.3.5 – O uso da Castanha na Alimentação Suína.....	18
2.4 - Amido.....	19
2.4.1 - Estrutura Molecular.....	20
2.4.1.1 - Estrutura Física.....	20
2.4.1.2 - Estrutura Química.....	21
2.4.2 - O Amido da Castanha.....	23
2.4.3 - Factores que afectam a Digestibilidade do Amido.....	25
3 - Materiais e Métodos	28
3.1 - Animais.....	28
3.2 - Regimes Alimentares.....	29

3.3 - Protocolo Experimental.....	31
3.3.1 - Preparação das Amostras dos Regimes Alimentares, dos Refugos e das Fezes.....	32
3.4 - Análises.....	33
3.4.1 - Determinação dos Ácidos Gordos Voláteis (AGV).....	33
3.4.2 - Determinação da Actividade Enzimática Microbiana.....	33
3.4.3 - Análise Histológica da Mucosa Intestinal.....	34
3.4.4 - Medição do pH dos Conteúdos do Tracto Gastrointestinal.....	34
3.4.5 - Determinações Analíticas a partir dos Regimes Alimentares e das Fezes.....	34
3.5 - Parâmetros Avaliados.....	36
3.5.1 - Performances Zootécnicas.....	36
3.5.2 - Digestibilidade Fecal Aparente.....	37
3.6 - Tratamento Estatístico dos Dados.....	37
4 - Resultados.....	38
4.1 - Performances Zootécnicas.....	38
4.2 - Digestibilidade Fecal Aparente.....	40
4.3 - Desenvolvimento Gastrointestinal.....	42
4.4 - Conteúdos do Tracto Gastrointestinal: determinação da matéria seca (MS) e do pH.....	43
4.5 - Morfologia da Mucosa Intestinal.....	43
4.6 - Actividade Enzimática Microbiana.....	44
4.7 - Ácidos Gordos Voláteis (AGV) nos Conteúdos Intestinais.....	45
5 - Discussão.....	48
5.1 - Performances Zootécnicas.....	48
5.2 - Digestibilidade Fecal Aparente.....	48
5.3 - Desenvolvimento Gastrointestinal.....	50
5.4 - Morfologia da Mucosa Intestinal.....	50
5.5 - Actividade Enzimática Microbiana.....	51
5.6 - Ácidos Gordos Voláteis (AGV) nos Conteúdos Intestinais.....	51
6 - Conclusão.....	54
7 - Referências Bibliográficas.....	55

Índice de Figuras

Figura 1 – Esquema do Sistema Digestivo do Porco.....4

Figura 2 – Distribuição do Castanheiro em Portugal no final do século XX.....13

Figura 3 – Sala de Ensaio e leitão na gaiola metabólica individual.....28

Figura 4 – Calendário dos Trabalhos.....31

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Resumo dos compartimentos de degradação dos constituintes do alimento e enzimas existentes nos mesmos.....	5
Tabela 2 – Resumo da evolução das enzimas digestivas ao longo das semanas de vida do Leitão.....	8
Tabela 3 – Resumo de algumas Variedades Portuguesas de Castanha e Regiões onde estas são produzidas.....	14
Tabela 4 – Composição da Polpa de Castanha (por 100 g comestíveis).....	15
Tabela 5 – Resumo da composição química da Polpa de Castanhas de diversas Regiões (% de MS).....	16
Tabela 6 – Resumo da Composição em Açúcares Solúveis da Polpa de Castanha (%MS).....	17
Tabela 7 – Tamanho e Forma aproximados dos Grânulos de Amido de alguns Alimentos.....	20
Tabela 8 – Algumas Características da Amilose e da Amilopectina.....	21
Tabela 9 – Conteúdo aproximado em Amilose e Amilopectina do Amido de alguns Alimentos.....	23
Tabela 10 – Composição Química de algumas Farinhas.....	24
Tabela 11 – Composição Química e Estrutural do Amido da Castanha, do Milho e da Mandioca.....	24
Tabela 12 – Amilases importantes na hidrólise do Amido.....	26
Tabela 13 – Composição dos regimes experimentais (%).....	29
Tabela 14 – Composição química do Trigo e da Castanha (%).....	30
Tabela 15 – Composição química dos regimes experimentais (%).....	30
Tabela 16 – Índice de consistência fecal e respectivo estado das fezes.....	31
Tabela 17 – Efeito do regime experimental e do período experimental nas performances de crescimento e no índice fecal durante o ensaio.....	39
Tabela 18 – Efeito da Castanha e da idade do leitão na digestibilidade total aparente (CUD) do regime.....	41
Tabela 19 – Efeito da composição do regime alimentar no peso do tracto gastrointestinal dos leitões ao abate (g/kg de peso vivo).....	42
Tabela 20 – Efeito da composição do regime alimentar sobre o teor da matéria seca e o pH dos conteúdos do tracto gastrointestinal dos leitões.....	43
Tabela 21 – Efeito da inclusão de castanha no regime alimentar dos leitões na morfologia da mucosa intestinal.....	44

Tabela 22 – Efeito do regime alimentar na actividade das enzimas microbianas (mg/ml) nos conteúdos do ceco e do cólon dos leitões.....	45
Tabela 23 – Efeito da composição do regime experimental no teor e proporção molar dos AGV nos conteúdos do ceco.....	46
Tabela 24 – Efeito da composição do regime experimental no teor e proporção molar dos AGV nos conteúdos do cólon.....	47

Lista de Abreviaturas

ADF – Fibra ácido-detergente

ADL – Lenhina ácido-detergente

AGV – Ácidos gordos voláteis

AI – Alimento ingerido

C2 – Ácido acético

C3 – Ácido propiónico

C4 – Ácido butírico

C5 – Ácido isovalérico

CAST100 – Regime em que se substituiu a totalidade do amido do trigo por amido da castanha

CAST50 – Regime onde 50% do amido do trigo foi substituído por amido fornecido pela castanha

CMV – Complexo mineral e vitamínico

CUD – Coeficiente de utilização digestiva

CUDap – Coeficiente de utilização digestiva aparente

DGF – Direcção Geral das Florestas

DNSA – Ácido dinitrosalicílico

DP – Desvio padrão

DPR – Desvio padrão residual

GMD – Ganho médio diário

HCl – Ácido clorídrico

IC – Índice de conversão

IC4 – Ácido isobutírico

INRA – Institut National de la Recherche Agronomique

ISA – Instituto Superior de Agronomia

MS – Matéria seca

N.A. – Não analisado

NDF – Fibra neutro-detergente

NRC – National Research Council

PB – Proteína bruta

PV – Peso vivo

RB – Regime base

SAS – Statistical Analysis System

Vt – Quantidades Vestigiais

1- Introdução

O tracto digestivo dos suínos prolonga-se da boca ao ânus, encontrando-se entre as duas extremidades diversos compartimentos e glândulas anexas essenciais ao bom funcionamento digestivo do animal. A digestão inicia-se na boca, sendo o principal local de digestão dos nutrientes o intestino delgado e o principal local de absorção de água e sais minerais o intestino grosso.

O leitão, desde o nascimento até ao desmame vai sofrendo uma evolução no que toca às enzimas digestivas que produz (Kitts *et al.*, 1956 e Hudman *et al.*, 1957 citados por Owsley *et al.*, 1986). Hoje em dia, cada vez mais se procura antecipar a idade do desmame de modo a produzir mais animais num menor espaço de tempo, contudo este desmame efectuado precocemente (às 3-4 semanas) acarreta diversos problemas a nível fisiológico para os leitões, estando estes sujeitos a um aumento da incidência de diarreias no pós desmame, pela dificuldade de adaptação ao novo alimento (Freire, 2005).

Desde sempre a castanha foi um fruto muito utilizado na alimentação das populações rurais quer a nível mundial, quer a nível da Península Ibérica (Lage, 2006). Devido à grande utilização deste fruto começou a fazer-se a sua produção não só para consumo familiar mas também para vender tendo-se verificado o aumento de desperdícios das castanhas de pior calibre, bichadas, podres ou de pior qualidade e o aparecimento de excedentes de mercado, levando o Homem a procurar uma nova forma de utilizar esta produção, virando-se assim para a utilização da mesma como fonte de alimento para os animais, nomeadamente os suínos (Fernandes, 1954).

A castanha apresenta fibra e taninos, sobretudo na sua casca o que pode levar a uma diminuição da sua digestibilidade por parte dos suínos, uma vez que os taninos se podem ligar às proteínas e aos carboidratos podendo interferir na actividade enzimática que ocorre no intestino, dificultando a digestão da castanha (Lewis, 2001) e a fibra apenas sofre degradação através de alguma fermentação no intestino grosso (Lewis, 2001).

Do ponto de vista nutricional a principal fonte de energia fornecida pela castanha é o amido, uma vez que esta apresenta um teor elevado em hidratos de carbono, especificamente deste composto. Esta é um fruto, pobre em gordura, apresenta um elevado teor em glúcidos e um teor apreciável de água, sendo semelhante ao trigo do ponto de vista nutricional (Lage, 2006). Em termos de açúcares presentes no fruto, parece ser a sacarose o que existe em maior proporção. Por fim, a composição em aminoácidos das três fracções proteicas da castanha (globulinas, albuminas e glutelinas) são idênticas, sendo

caracterizadas por níveis elevados de aspartato, glutamato e um baixo conteúdo de metionina (Collada *et al.*, 1988).

O amido, sendo o principal hidrato de carbono existente na castanha e a principal fonte de energia fornecida aos animais quando alimentados com este fruto, requer uma atenção especial sendo que a nível da composição química o amido da castanha apresenta valores da cinza, dos lípidos e da proteína mais elevados que os das farinhas de milho e mandioca, apresentando a nível estrutural valores de amilose e amilopectina intermédios em relação a estas farinhas. Esta diferença ao nível da estrutura leva a diferenças não só entre os grânulos de amido (Franco *et al.*, 1988 citado por Demiate *et al.*, 2001) mas também nas propriedades do mesmo, havendo alterações na temperatura a que ocorre a gelatinização (Park *et al.*, 1982 citado por Demiate *et al.*, 2001) e na degradação enzimática (Rickard *et al.*, 1990 citado por Demiate *et al.*, 2001), sendo o amido da castanha considerado um amido resistente, uma vez que pode existir uma interacção entre este e a proteína o que o torna menos susceptível à degradação pelas enzimas amilolíticas (Rooney *et al.*, 1986).

Neste trabalho pretende avaliar-se a utilização da castanha na alimentação dos leitões analisando as alterações que a substituição parcial ou total do amido fornecido pelo trigo por amido fornecido pela castanha vai provocar nas performances zootécnicas destes animais. Para isso utilizaram-se leitões desmamados às 4 semanas que foram alimentados com 3 regimes diferentes, um regime base (RB), um regime em que 50% do amido fornecido pelo trigo foi substituído por amido fornecido pela castanha (CAST50) e um regime onde todo o amido do trigo foi substituído pelo amido da castanha (CAST100). Para além do crescimento dos leitões avaliou-se ainda o efeito da castanha na digestibilidade, desenvolvimento do tracto gastrointestinal, matéria seca e pH dos conteúdos intestinais, morfologia da mucosa intestinal e actividade fermentativa microbiana.

2 - Revisão Bibliográfica

2.1 - O Sistema Digestivo do Porco

Ao longo do processo digestivo, os alimentos sofrem transformações físicas (mastigação) e químicas (degradação enzimática e microbiana) que permitem ao animal degradá-los e retirar destes os nutrientes que necessita para se desenvolver e manter a sua condição física (Lewis, 2001).

Em cada compartimento do tracto gastrointestinal ocorrem processos distintos, sendo os mais importantes para a digestão os devidos à acção enzimática e microbiana, ocorrendo a sua maioria no intestino delgado.

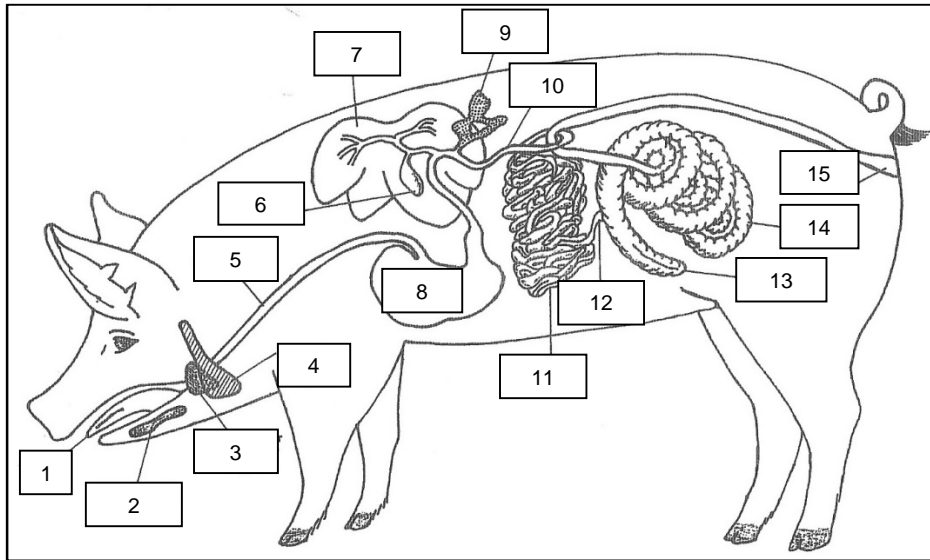
Segundo Lewis (2001), a absorção dos nutrientes é afectada pelo desenvolvimento do sistema digestivo, sendo por isso importante ter uma noção de como ocorre todo o processo digestivo e quais os compartimentos onde se dá maior degradação dos alimentos e absorção dos seus nutrientes.

2.1.1 - Caracterização Morfológica

O tracto digestivo prolonga-se da boca ao ânus encontrando-se entre estas extremidades a faringe, o esófago, o estômago, o intestino delgado (dividido em duodeno, jejuno e íleo), o intestino grosso (dividido em ceco e cólon) e as glândulas anexas compostas pelas glândulas salivares, o fígado e o pâncreas (figura 1).

O sistema digestivo serve como porta de entrada aos nutrientes, mas também como barreira aos agentes infecciosos e substâncias tóxicas. Ao longo do tubo digestivo, o bolo alimentar é “atacado” por diversas enzimas provenientes das secreções digestivas, sendo estas muitas vezes activadas apenas aquando da secreção no tracto digestivo em si.

Na boca, ocorre sobretudo digestão mecânica do alimento e mistura deste com a saliva, podendo o tamanho da cavidade oral ser diferente entre raças. O estômago de um suíno adulto possui uma capacidade de cerca de 8 litros, podendo ser dividido em quatro zonas, sendo elas a região esofágica (não glandular), a região cárdica, a região fúndica e a região pilórica (glandulares) (McDonald *et al.*, 2002). Este é responsável pela libertação de pequenas quantidades de bolo alimentar no intestino delgado, sendo a velocidade de passagem do bolo alimentar nos suínos mais rápida na primeira hora após a refeição e influenciada pelo tamanho das partículas, viscosidade e osmolaridade do alimento assim como, pelos componentes da dieta como os lípidos, os aminoácidos, as proteínas, os açúcares, o amido e os polissacáridos não amiláceos (Lewis, 2001).

Figura 1 - Esquema do Sistema Digestivo do Porco

Fonte: Lewis, (2001)

Legenda: 1 - Língua, 2 - Glândulas salivares sublinguais, 3 - Glândulas salivares mandibulares, 4 - Glândulas salivares parótidas, 5 - Esófago, 6 - Vesícula biliar, 7 - Fígado, 8 - Estômago, 9 - Pâncreas, 10 - Duodeno, 11 - Jejuno, 12 - Íleo, 13 - Ceco, 14 - Cólon, 15 - Recto

No intestino delgado ocorre a maior parte da absorção dos nutrientes e é aqui que o bolo alimentar recebe as secreções vindas do fígado, do pâncreas e do próprio lúmen intestinal. Este é composto pelo duodeno, jejuno e íleo, chegando no porco adulto a ter 16 a 21 metros de comprimento dos quais 4 a 5% pertencem ao duodeno, 88 a 91% ao jejuno e 4 a 5% ao íleo (Lewis, 2001). O comprimento das vilosidades intestinais aumenta do duodeno para o jejuno e diminui na parte final do íleo (Lewis, 2001).

No intestino grosso, encontra-se 30 a 60% do conteúdo gastrointestinal total ficando este retido por 20 a 38 horas neste local em comparação às 0 a 6 horas que fica no estômago e às 2 a 6 horas que passa no intestino delgado (Low e Zebrowska, 1989, citados por Lewis, 2001). Este compartimento é dividido em ceco e cólon, não apresentando vilosidades intestinais, mas sim umas pequenas projecções que aumentam a área de absorção.

2.1.2 - Digestão na Boca, Estômago, Intestino Delgado e Intestino Grosso

Na tabela 1, encontram-se resumidos os compartimentos onde ocorre a digestão dos principais constituintes dos alimentos e as principais enzimas necessárias para a sua degradação.

Na boca, a secreção principal é a saliva que é libertada pelas glândulas salivares (parótida, submandibular e sublingual), sendo esta constituída na sua grande maioria por água e contendo também pequenas quantidades de mucina, sais inorgânicos, amilase e lisosima (McDonald *et al.*, 2002). Por conter amilase considera-se que aqui se inicia a degradação dos hidratos de carbono, mais propriamente do amido embora com pouca importância.

Tabela 1 - Resumo dos compartimentos de degradação dos constituintes do alimento e enzimas existentes nos mesmos

	Boca	Estômago	Intestino Delgado	Intestino Grosso
Proteína		X	X	X
Gordura		X	X	X
Fibra				X
Hidratos de Carbono	X	X	X	X
Enzimas	Amilase Lisosima	Pepsina A, B, C Quimosina Amilase Lipase	Amilase Sacarase Maltase Lactase Lipase Tripsina Quimotripsina	Fermentação Microbiana (Celulase, Hemicelulase, Pectinases)

Legenda: Os X indicam que há degradação destes elementos nos compartimentos referidos

Fonte: Lewis, (2001)

No estômago, a proteína é sobretudo degradada pela pepsina com a ajuda do HCl, uma vez que é este que activa o pepsinogénio (forma em que se encontra a pepsina quando não está activada) (Lewis, 2001). Embora em pequena escala devido ao pH ácido do estômago a digestão da gordura inicia-se neste compartimento e a digestão dos hidratos de carbono ocorre devido à amilase que provém da saliva, mas é no intestino delgado que a sua degradação é maior.

Segundo McDonald *et al.* (2002), o intestino delgado é o local onde ocorre grande parte da digestão e absorção dos alimentos, assim ao chegar a este compartimento o alimento recebe para além das enzimas do próprio lúmen do intestino, secreções vindas do

pâncreas e do fígado. Estas secreções trazem por seu lado amilase e peptidases (vindas do pâncreas) que vão ajudar à digestão dos hidratos de carbono e das proteínas e sais biliares vindos da secreção da bÍlis que emulsionam as gorduras e activam a lipase pancreática. Quanto à sacarase, maltase e lactase estas são libertadas pelas inúmeras vilosidades que cobrem a parede do intestino delgado, ajudando à degradação da sacarose, da maltose e da lactose (Lewis, 2001).

No intestino grosso ocorre sobretudo absorção de água e sais minerais, podendo ocorrer alguma degradação dos nutrientes mas à custa das enzimas que acompanham o alimento (que vêm dos outros compartimentos do tracto digestivo) e da acção fermentativa da actividade microbiana, que por sinal é muito elevada neste local, sobretudo no ceco. Pode dizer-se que aqui, ocorre sobretudo a quebra dos hidratos de carbono pela microflora anaeróbica em ácidos gordos e gases (Cummings e Macfarlane, 1991 citados por Wang *et al.*, 2004). Entre 90 a 95% dos ácidos gordos que aqui se formam são acetato, propionato e butirato (Christensen *et al.*, 1999 citado por Wang *et al.*, 2004), embora diversos factores como, o tipo e a estrutura química dos polissacáridos fermentados, a actividade da população microbiológica e a velocidade do trânsito digestivo possam alterar a composição dos ácidos gordos que aqui se formam (Englyst *et al.*, 1987 citado por Wang *et al.*, 2004).

Através da actividade dos microrganismos (da sua acção fermentativa) ocorre a produção de celulases e hemicelulases, o que vai permitir que no intestino grosso se dê a degradação da fibra que o animal consumiu.

2.2 - O Leitão

2.2.1 - Evolução das Enzimas Digestivas

Durante todo o período de gestação o feto vai evoluindo a nível gastrointestinal de modo a estar preparado para o novo período, que se inicia com o nascimento e em que a sua forma de alimentação vai sofrer alterações, havendo um aumento na actividade das enzimas digestivas do nascimento ao desmame (Kitts *et al.*, 1956 e Hudman *et al.*, 1957 citados por Owsley *et al.*, 1986).

Nas primeiras 6 horas de ingestão de colostro ocorre um grande aumento no tamanho e peso do intestino (Zhang *et al.*, 1997;1998, citado por Lewis, 2001). Durante as primeiras 24 horas após o nascimento, o intestino do leitão é permeável às imonuglobulinas vindas da mãe (e que adquire através do colostro), sendo estas a primeira barreira imunológica aos microrganismos patogénicos.

Desde o nascimento até ao desmame (aqui considerado às 4 semanas) o leitão sofre um grande desenvolvimento gastrointestinal, havendo uma evolução nas enzimas digestivas presentes ao longo do mesmo (tabela 2). Analisando a tabela 2 verifica-se que a lactase no início da vida do leitão tem valores elevados, sofrendo depois um decréscimo, que a amilase aumenta a partir das quatro semanas, que a lipase sofre um aumento ao longo das 4 semanas, que tanto a quimotripsina como a tripsina diminuem ao longo das primeiras 3 semanas de vida do leitão e que o desmame tem um papel importante sobre as enzimas digestivas, provocando normalmente um decréscimo das mesmas nos primeiros dias ou mesmo semanas após o desmame.

Tabela 2 - Resumo da evolução das enzimas digestivas ao longo das semanas de vida do Leitão

Enzima	Semanas após o nascimento				Pós Desmame	Fonte
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a		
Lactase	Atinge o seu Máximo	-	Diminui progressivamente		-	
Maltase	Aumenta a partir da 1^a semana atingindo um máximo aos 10/16 dias. Atinge um nível estável às 3 semanas .		Aumenta		-	Cranwell (1995) *
Sacarase	Aumenta a partir da 1^a semana atingindo um máximo aos 10/16 dias. Atinge um nível estável às 3 semanas .		Nível constante		-	
Amilase	O nível desta mantém-se baixo até às 4 semanas , onde começa a aumentar				Na primeira semana após o desmame há um decréscimo, mas 2 a 4 semanas após este há um aumento.	
Lipase	Vai sofrendo um aumento ao longo das 4 semanas				Uma diminuição de 60% após o desmame	Lindemann <i>et al.</i> (1986) e Cera <i>et al.</i> (1990) *
Quimotripsina	Sofre um decréscimo do nascimento até às 3 semanas		-		Aumenta a partir das 6 semanas , mas com o desmame às 4 semanas sofre uma diminuição	Corring <i>et al.</i> (1978) e Lindemann <i>et al.</i> (1986)*
Tripsina	Sofre um decréscimo do nascimento até às 3 semanas		-		Aumenta a partir das 8 semanas , mas com o desmame às 4 semanas sofre uma diminuição	

Fonte: Lewis, (2001), *Citados por Lewis, (2001).

Legenda: Não havia informação referente aos locais assinalados com um “-“

2.2.2 - A Problemática do Desmame

O desmame é um processo único e corresponde a um período difícil na vida do leitão no qual este passa por um nível elevado de stress, já que o animal não só tem de se habituar a um novo regime, como é afastado da mãe e tem de lidar com novas instalações, onde tudo é novo. Associado a este, ocorre uma redução na actividade enzimática no intestino delgado e mudanças na morfologia intestinal que causam uma diminuição na capacidade digestiva e de absorção do mesmo (Pluske, 2001 citado por Hedemann *et al.*, 2006). Como consequência destas alterações, no período de desmame, ocorre normalmente uma diminuição do consumo de alimento e do crescimento do animal, um aumento da incidência de diarreias e do aparecimento de vícios sociais (Gatnau, 1999 citado por Beaulieu *et al.*, 2006).

Actualmente, as explorações sofrem uma grande pressão para colocar no mercado um grande número de animais no menor tempo possível e com os menores custos. Devido a esta grande pressão e para aumentar a produtividade anual das porcas o desmame começou a ser feito cada vez mais cedo (por volta das 3-4 semanas) o que aumenta os problemas a nível fisiológico do leitão, uma vez que este ainda não tem o seu tracto gastrointestinal totalmente preparado para uma mudança do leite da porca para o alimento seco, o que leva a um aumento da incidência de diarreias no pós-desmame. Durante o aleitamento, o leitão não só recebe da porca imunoglobulinas que lhe proporcionam alguma capacidade imunológica como também é através do leite da porca e do ambiente que o rodeia que é feita a colonização da sua flora intestinal. Segundo Freire (2005), durante o período de aleitamento, no estômago e no intestino delgado os lactobacillus e os streptococos tornam-se as bactérias dominantes, enquanto no intestino grosso a população é bem mais complexa, sendo predominantes as bactérias anaeróbias obrigatórias das espécies *Bacteroides*, *Eubacterium*, *Bifidobacterium*, *Propionibacterium*, *Fusobacterium* e *Clostridium* (Hopwood e Hampson, 2003 citados por Freire, 2005). Ao desmame, a flora intestinal sofre uma grande alteração ocorrendo um aumento dos coliformes e uma redução dos lactobacillus presentes no intestino delgado, enquanto no intestino grosso a população microbiana se mantém estável. Esta alteração é muitas vezes a responsável pela colonização e multiplicação de agentes patogénicos, nomeadamente bactérias *E.coli* enterotóxicas que são as grandes responsáveis das colibaciloses no pós-desmame (Freire, 2005).

Ao desmame o leitão tem o seu sistema gastrointestinal preparado apenas para o consumo de leite logo, aquando da mudança para o regime seco não possui as enzimas necessárias para degradar o alimento, o que leva a que ocorram problemas digestivos até

que o novo alimento “colonize” o sistema digestivo do animal de modo a que a produção de enzimas aumente e que a colonização das bactérias da flora intestinal seja favorável à fermentação dos novos alimentos. Como o animal não está preparado para esta mudança abrupta pode haver uma resposta inflamatória por parte do intestino ao novo alimento, o que leva a uma irritação das paredes intestinais, ocorrendo uma diminuição na profundidade das criptas e no comprimento das vilosidades alguns dias após o desmame (Makkink, 1993; Van Beers-Schreurs, 1996 citados por Scholten *et al.*, 2002), uma diminuição da capacidade de absorção de nutrientes por parte do animal e uma diminuição na produção de mucina, que provoca uma redução no efeito barreira da mucosa intestinal podendo assim aumentar o risco da ocorrência de processos diarreicos, tão comuns nesta fase (Freire, 2005). Todo este ciclo leva a uma diminuição da produção das enzimas digestivas e de consumo de alimento o que vai enfraquecer o leitão, levando-o a perder condição física, afectando assim o seu poder de sobrevivência e o seu futuro desenvolvimento e ganho de peso. Dá-se a esta fase o nome de **fase aguda** e ocorrendo esta durante a primeira semana após o desmame.

Na segunda fase que se considera durante o processo de desmame e a que se dá o nome de **fase adaptativa** o leitão passa por um processo de aceitação do novo alimento e começa a recuperar da fase aguda. Nesta fase, o animal já consegue utilizar o que come e verifica-se um aumento das enzimas proteolíticas do suco pancreático, da lipase pancreática, da maltase e da sacarase intestinais, com uma diminuição da lactase (que já era esperada), visto que esta é a principal enzima responsável pela degradação do principal açúcar do leite, a lactose (Lewis, 2001). Segundo Burrin e Stoll (2003a) citados por Freire (2005), a glucose, certos aminoácidos e os ácidos gordos voláteis são utilizados pelo tubo digestivo como fontes de energia para o seu crescimento, enquanto outros aminoácidos são utilizados para a síntese de proteína intestinal. Os ácidos gordos voláteis e os ácidos gordos polinsaturados induzem a produção de factores de crescimento os quais estimulam a síntese proteica intestinal e a multiplicação dos enterócitos. Ocorre um aumento da massa do estômago, intestino delgado e intestino grosso, um aprofundamento das criptas e um aumento no número de vilosidades acompanhadas pelo aumento da actividade das enzimas e das secreções digestivas, como o suco intestinal e a mucina (Freire, 2005). Assim, o animal começa a aumentar a quantidade de alimento queingere e conseqüentemente o seu ritmo de crescimento.

2.3 - A Castanha

Nos dias de hoje, as espécies de castanha mais importantes no mundo são: a *Castanea sativa* Miller (autóctone na Europa), a *Castanea crenata* Siebold e Zucc

(autóctone no Japão, Coreia e parte oriental Norte da China) e a *Castanea molíssima* Blume (China oriental e meridional) (Lage, 2006).

A castanha pode ser dividida em dois tipos de fruto a “marron” e a castanha propriamente dita, apresentando a “marron” um maior interesse a nível económico por apresentar um maior valor no mercado. Segundo Fernandes (1954), a diferença entre ambas é que a castanha é septada, enquanto a “marron” não apresenta este septo, mas sim uma cicatriz apical de forma rectangular bem desenhada e possuindo um descasque e pelagem fáceis, sendo uma castanha considerada “marron” se apresentar menos de 12% de frutos septados.

2.3.1 - Evolução da Produção a nível Mundial

A castanha sempre foi um alimento com grande importância na alimentação mundial sobretudo nas populações mais pobres, mas ao longo dos tempos a sua importância foi diminuindo, devido ao afastamento das populações do meio rural e devido à doença da tinta e do cancro do castanheiro. Contudo, nas últimas décadas o interesse por este fruto renasceu, deixando de ser visto como um fruto dos pobres e passando a ser introduzido em pratos de cozinha gourmet, aumentando assim o seu valor económico (Lage, 2006).

Este fruto encontra-se distribuído sobretudo pelo Hemisfério Norte, na Ásia (Japão, China e Coreia), no Sul da Europa desde a Turquia até ao Atlântico e nos Estados Unidos da América (Pereira - Lorenzo e Ramos - Cabrer, 2004 citados por Pereira-Lorenzo *et al.*, 2006) e só recentemente foi introduzido no Hemisfério Sul (Chile, Argentina, Austrália e Nova Zelândia). Pode assim dizer-se que existem três grandes zonas no mundo onde há castanha: na Ásia, sobretudo na China, no Sul da Europa e por fim a América do Norte.

Segundo Simões (2005) estima-se que a produção mundial ronde as 600.000 t/ano, sendo as espécies mais vendidas as três principais (*C. sativa*, *C. molíssima*, *C. crenata*) e que na Europa a produção, por ordem decrescente é de 70.000 t/ano para a Itália, 50.000 t/ano para a Turquia, 25.000 t/ano para Espanha, 25.000 t/ano para Portugal, 12.000 t/ano para a França, 10.000 t/ano para a Grécia e nos países de Leste em conjunto 30.000 t/ano, perfazendo 222.000 toneladas. Também segundo este autor os exportadores europeus mais importantes são a Itália, Portugal e Espanha, sendo a França, Suíça, Áustria, Alemanha e a Inglaterra os maiores importadores europeus, com destaque para a França que importa 25.000 toneladas.

No Mundo os principais produtores são a China, Coreia, Itália, Turquia, França, Japão, Espanha, Portugal e a Grécia (Bounous e Paglietta, 1985 citados por Moore *et al.*, 1990).

2.3.2 - Evolução da Produção em Portugal

A castanha, em Portugal teve um grande peso na alimentação das populações rurais, sobretudo no norte do país. Esta era consumida ao longo de todo o ano tanto a fresco (crua, cozida ou assada) ou depois de seca (pilada) produzindo-se farinha que depois era utilizada para fazer pão. No meio rural não só era consumida, como era vendida de modo a dar lucro às famílias, assim como era tradição usá-la na alimentação dos suínos (sobretudo da raça Bísara), essencialmente se fossem destinados à produção de presunto, por ser do conhecimento geral que estes ficavam com um sabor mais apetecível (Fernandes, 1954).

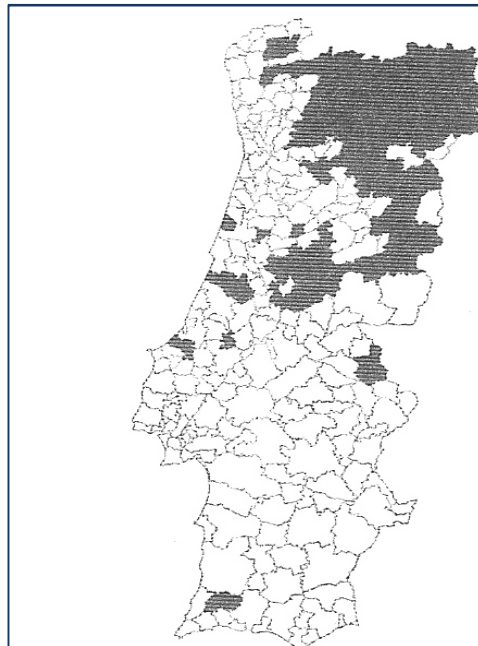
Segundo Lage (2006), com os descobrimentos, veio a introdução de novos produtos como o milho, a batata e o trigo que vieram em grande parte substituir a castanha tornando-a num produto considerado de menor valor o que afastou a população da sua produção e consumo. Também devido aos descobrimentos, foram introduzidas em Portugal espécies exóticas que trouxeram as duas principais doenças dizimadoras do castanheiro, a “tinta dos castanheiros” e o cancro, provocadas por fungos, contribuindo assim para o declínio desta planta.

É sobretudo no Norte do país (figura 2) que se encontram as principais zonas de produção de soutos, podendo dizer-se que as 3 zonas principais se encontram no distrito de Bragança (Terra Fria Transmontana), em Vila Real (Carrazedo de Montenegro – Valpaços) e em Viseu/Guarda (Soutos da Serra da Lapa – Sernancelhe, Trancoso e Penedono) (Lage, 2006).

A estas podem juntar-se Portalegre (Marvão), uma pequena parte na zona Nordeste e Norte da serra de Sintra e um pouco na serra d’Ossa e em Monchique (Foia e Picota) (Lage, 2006).

Nos últimos anos, com o aumento do interesse por esta cultura houve um aumento da produção em Portugal, de tal modo que algumas culturas receberam a designação DOP, focando-se estas em 4 regiões: Terra Fria Transmontana, Carrazedo Montenegro/Padrela, Soutos da Lapa e Castanha de Marvão/Portalegre (Lage, 2006).

Figura 2 - Distribuição do Castanheiro em Portugal no final do século XX



Fonte: Lage, (2006) Imagem cedida pela DGF

Legenda:  Concelhos com presença de Castanheiro

Por fim, em termos globais mais de 60% da nossa castanha é exportada para países europeus, como sejam a França, Espanha, Itália, Reino Unido, Bélgica, Alemanha e Grécia e a restante produção tem como destino o Brasil, Canadá, Estados Unidos da América, Suíça, Japão e África do Sul (Lage, 2006).

2.3.3 - Variedades Portuguesas

As variedades de castanha diferem um pouco entre zonas, embora muitas sejam iguais mudando apenas o nome. Segundo Lage (2006), existem em Portugal cerca de 50 variedades, sendo as mais cultivadas as da espécie *C. sativa*, como a Longal, a Martainha, a Judia e a Côta, contudo como a produção de castanha tem vindo a ganhar importância no nosso país na tabela 3 são feitas também referências a outras variedades mesmo que estas não apresentem tanto interesse a nível comercial.

Tabela 3 - Resumo de algumas Variedades Portuguesas de Castanha e Regiões onde estas são produzidas

Variedades	Regiões					
	Minho	Trás - os - Montes	Terra Fria Transmontana	Chaves	Serra do Açor	Madeira
Judia		X				
Côta		X				
Longal		X		X	X	
Misericórdia	X					
Amarelal	X					
Enxertia			X			
Aveleira			X			
Vermelhinha				X	X	
Negrinha						X
Vinha						X

Fonte: Lage, (2006)

2.3.4 - Composição Química da Polpa de Castanha

A castanha apresenta grande qualidade organoléptica, sendo do ponto de vista nutricional muito semelhante ao trigo (Lage, 2006).

Ao efectuar-se uma análise da composição da castanha há que ter em conta que muitos dos resultados que se encontram nos artigos e livros mostram uma variabilidade relativamente elevada sendo por isso, por vezes, difícil apresentar grande consistência. Este problema decorre do facto de:

- ✓ Alguma informação ser referente à castanha propriamente dita e outra a “marrons”, que são produtos com diferente morfologia e diferentes características tecnológicas (Neri *et al.*, 2010),
- ✓ Algumas variedades apresentarem ecotipos com características químicas diferentes (Sacchetti e Pinnavaia, 2005 citados por Neri *et al.*, 2010),
- ✓ A composição da castanha ser dramaticamente afectada pelo ano de cultivo (Pinnavaia *et al.*, 1993; Sacchetti e Pinnavaia, 2005 citados por Neri *et al.*, 2010),
- ✓ Ocorrer grande interacção entre o ano de cultivo e a cultivar (Ferreira-Cardoso *et al.*, 2005 citados por Neri *et al.*, 2010),
- ✓ Haver uma mistura de informação referente à castanha fresca e à castanha seca (Neri *et al.*, 2010).

Com todas estas ressalvas são apresentadas em seguida duas tabelas referentes à composição química deste fruto, sendo de ressaltar que na tabela 5 se dá ênfase às semelhanças na composição do fruto de diferentes regiões (Tabelas 4, 5).

Tabela 4 - Composição da Polpa de Castanha (por 100 g comestíveis)

Compostos (g)	Frescas	Secas
Água	52	10
Proteína	4	7,4
Lípidos	2,6	5
Glúcidos	40	73
Fibra Bruta	2	5
Elementos Minerais (mg)		
Enxofre	48	126
Fósforo	93	158
Cloro	10	18,6
Sódio	7	37,2
Potássio	530	986,0
Magnésio	40	74
Cálcio	34	74
Ferro	0,80	1,86
Zinco	0	0,35
Cobre	0,60	0,65
Manganês	0,70	1,30
Iodo	0,70	1,30
Vitaminas (mg)		
C	23	0
B ₁	0,20	0,30
B ₂	0,20	0,40
PP	0,40	0,70
Ácido Pantoténico	0,90	0

Fonte: Instituto Científico de Higiene Alimentar, Paris (1974) citado por Lage (2006)

Normalmente uma baixa temperatura de cultivo da castanha resulta num elevado conteúdo em açúcares enquanto uma temperatura e humidade elevadas resultam em menor formação de açúcares (Moore *et al.*, 1990).

A castanha é um fruto pobre em gordura, rico em hidratos de carbono (sobretudo amido) e apresenta um elevado teor de água (Lage, 2006).

Segundo Collada *et al.* (1986), a composição em aminoácidos das três fracções de proteínas da castanha (globulinas, albuminas e glutelinas) são idênticas, sendo caracterizadas por níveis elevados de aspartato, glutamato e um baixo conteúdo de metionina. Segundo os mesmos autores, as proteínas de reserva da castanha são

fundamentalmente as globulinas ao contrário do que se verifica na maior parte das gramíneas onde predominam as prolaminas.

Tabela 5 - Resumo da composição química da Polpa de Castanhas de diversas Regiões

	J. De La Montaña Miguelez <i>et al.</i> (2004) (<i>Cultivares da Galicia</i>)	S. Pereira-Lorenzo <i>et al.</i> (2006) (<i>Cultivares Espanholas</i>)	L.Neri <i>et al.</i> (2010) (<i>Cultivares Italianas</i>)
Água (%)	48,37 – 59,35	54	42,27 – 52,89
Proteína (% MS)	6,02 – 8,58	5,8	4,25 – 4,9
Lípidos (% MS)	1,3 – 3,0	2,8 – 3,2	3,27 – 4,15
Fibra Bruta (% MS)	2,0 – 3,0	2,5 – 2,9	1,43
Amido (% MS)	56,74 – 81,7	57	63,97 – 78,52
Sacarose (% MS)	6,5 – 19,5		12,95 – 19,84
Frutose (% MS)	Vt		
Glucose (% MS)	Vt		

Legenda: vt – quantidades vestigiais

O conteúdo em matéria seca depende do estado de maturação das castanhas, atingindo o maior valor com o máximo grau de maturação (Desmaison *et al.*, 1984), ocorrendo uma acentuada redução da concentração de água desde o aparecimento do fruto até à sua completa maturação. Contudo a quantidade de água na altura da colheita apresenta um valor elevado e é devido a este que ocorre a manutenção da actividade enzimática durante as primeiras semanas após a colheita, a qual é responsável pela alteração da composição química do fruto, sobretudo no que diz respeito ao conteúdo de hidratos de carbono e vitaminas (Desmaison *et al.*, 1986).

Para Hadorn e Jungkunz (1952) citados por Desmaison *et al.* (1986), a presença de dextrinas e açúcares redutores depende em grande parte dos mecanismos enzimáticos que ocorrem durante a conservação. A sacarose parece ser o açúcar solúvel em maior proporção na castanha (tabela 6), enquanto a frutose, glucose, rafinose e pentosanas estão presentes em quantidades menores.

Tabela 6 - Resumo da Composição em Açúcares Solúveis da Polpa de Castanha (% MS)

	Bergougnoux (1978)	Fernandes (1954)	Gonçalves Ferreira e Graça (1977)	Rotundo <i>et</i> <i>al.</i> (1988)	Vidal – Valverde (1979) *
Sacarose	7,6 – 16,7	16,6 – 24,1	17,5	8,6 – 9,0	19,7
Açúcares Redutores	4,2 – 9,6	1,0 – 1,2	1,2		
Glucose				0,4 – 0,8	0,1
Frutose				1,3 – 1,4	0,2
Rafinose					0,4
Pentosanas		3,5 – 3,9	2,1		

* Citado por Desmaison *et al.*, (1986)

Quando se avalia a composição nutricional da castanha tem de ter-se em conta se é em relação ao fruto inteiro ou em relação à semente. O principal motivo a ter-se em conta é que o fruto inteiro apresenta a casca e nesta é onde se encontra a maior quantidade de fibra e de taninos deste fruto. Ora, os suínos como monogástricos que são se forem alimentados utilizando o fruto inteiro vão degradar a fibra recorrendo apenas a alguma fermentação no intestino grosso o que vai diminuir a utilização digestiva desta fracção do alimento (Lewis, 2001). Quanto aos taninos estes podem ligar-se às proteínas e aos carboidratos podendo interferir na actividade enzimática que ocorre no intestino, dificultando a digestão da castanha (Lewis, 2001). O efeito dos taninos na performance animal varia dependendo da espécie animal, da idade, da fase de produção, da fonte do tanino, nível de inclusão deste e composição da dieta, mas normalmente estes provocam uma redução da digestibilidade aparente do azoto, aminoácidos e energia, provocando uma redução no aumento de peso e na eficiência energética do alimento (Jansman, 1993 citado Lewis, 2001).

Assim, como foi visto anteriormente, embora as características qualitativas e a composição química da castanha possam variar de acordo com o clima inerente a cada ano e região de cultivo, com o potencial genético, técnicas de cultivo, implantação e manutenção do souto e com o vigor e idade das árvores este fruto constitui um alimento de grande qualidade, com um elevado valor calórico devido à sua riqueza em hidratos de carbono facilmente digestíveis, principalmente na forma de amido (Cardoso, 2002).

2.3.5 - O uso da Castanha na Alimentação Suína

Inerente à utilização da castanha por parte da população sempre ocorreram desperdícios das castanhas de menor qualidade, de pequeno calibre, partidas, podres ou bichadas, bem como dos excedentes não absorvidos pelo mercado. Por este motivo começou a olhar-se para a castanha como possível fonte de alimento para os animais, sobretudo para os suínos na fase de acabamento, tendo assim surgido uma prática tradicional de se produzirem animais alimentados à base deste produto o que levou ao aparecimento de enchidos e presuntos de grande qualidade e específicos de certas zonas do país (Fernandes, 1954).

Os animais usados tradicionalmente para a produção destes produtos de salsicharia são os da raça Bísara. Esta é uma raça predominante em Trás-os-Montes, Minho e Beiras, embora actualmente existam poucos animais de raça pura. As características genéticas destas raças como a elevada resistência ao stress e elevada tendência para a deposição de gordura no tecido muscular, e as condições inerentes ao sistema de produção extensivo (sistema de pastoreio e idade de abate tardia), constituem factores importantes para a obtenção de produtos, cuja qualidade acrescida levam a que o consumidor os prefira apesar de o seu custo ser mais elevado.

Segundo o site da empresa Bísaro S. T. (www.bisaro.pt), no caso do Bísaro as zonas de aproveitamento dos soutos não apresentam disponibilidade de terrenos para que se possam criar estes animais em sistemas extensivos, logo os animais são mantidos num regime semi-extensivo, onde os vários criadores possuem pocilgas licenciadas, com boas condições para o bem-estar dos animais. Neste tipo de sistema de produção, os criadores dedicam-se a quatro vertentes, criação de porcas reprodutoras, varrascos, leitões e porcos de engorda. Os animais utilizam os terrenos limítrofes à exploração como parques, estando nestes durante todo o ciclo produtivo à excepção dos períodos de gestação e lactação, onde as porcas permanecem nas maternidades. Alguns criadores recorrem ao sistema camping (sistema ao ar livre) durante todo o ciclo, recorrendo a abrigos, maternidades e locais de gestação com isolamento térmico (www.bisaro.pt).

Ainda de acordo com a mesma fonte (www.bisaro.pt), os animais são alimentados principalmente com culturas da própria exploração, consistindo a dieta na sua maioria num alimento base, composto por uma mistura de cereais, complementado com uma grande variedade de alimentos como, tubérculos, produtos hortícolas e frutos. A utilização de alimentos compostos é utilizada apenas em alturas pontuais como o desmame e a lactação. No caso da castanha podem fornecer-se aos animais os excessos de produção e as de

menor qualidade, ou pode usar-se um sistema de pastoreio, onde o animal vai ao souto consumir o produto que sobrou após a sua recolha para o mercado (Cardoso, 2002).

Quando os animais são libertados no souto, têm a tendência para após consumirem os frutos que se encontram no chão fossarem o solo, o que pode desgastá-lo assim como podem criar-se feridas nas raízes das árvores, danificando-as e deixando-as vulneráveis a infecções. Por isso, para que haja sucesso e rentabilidade no uso da castanha tem de haver uma exploração racional das áreas de castanheiro, sendo importante considerar a carga animal e a duração do pastoreio para que se preserve o souto, evitando a erosão do solo e a degradação dos castanheiros, sendo ideal que se retirem os animais do pasto assim que as castanhas no solo se esgotem (Cardoso, 2002).

Importa lembrar que o aproveitamento alimentar dos diversos componentes da castanha variam com a espécie animal. É de notar que os ruminantes devido à flora microbiana existente no rúmen possuem maior capacidade de utilização digestiva dos constituintes de natureza fibrosa e sem valor comercial (as cascas), enquanto os monogástricos (como é o caso dos suínos) têm uma capacidade limitada de os utilizarem, restringindo-se à fermentação que ocorre principalmente no intestino grosso (Lewis, 2001). Por apresentarem esta dificuldade, os suínos rejeitam no momento da ingestão, com a ajuda do aparelho bucal, a maior parte da casca externa ingerindo sobretudo a semente e a película interna da castanha (Cardoso, 2002).

Segundo Coutron-Gambotti *et al.*, (1998) os triglicéridos dos suínos alimentados com castanha apresentam um nível superior de ácidos gordos polinsaturados (18:2 n-6) e de ácido palmítoleico (16:1) em relação aos alimentados com um alimento concentrado comercial. Segundo o mesmo autor, os fosfolípidos dos animais alimentados com castanha contêm um nível mais baixo de ácidos gordos saturados e monoinsaturados e um nível mais elevado de ácidos gordos polinsaturados que os animais alimentados com concentrado.

2.4 - O Amido

Visto que o amido constitui a principal fonte de energia fornecida pela castanha quando utilizada na alimentação dos suínos é de grande interesse conhecer melhor a molécula, a sua estrutura e composição, assim como os factores que afectam a sua digestibilidade e eventuais processos que possam melhorar a sua utilização.

2.4.1 - Estrutura Molecular

O amido ocorre naturalmente na forma de grânulos, cuja forma e tamanho (tabela 7) variam com a sua origem botânica. Estes grânulos são insolúveis na água fria, mas quando esta é aquecida eles incham e podem gelatinizar (Rooney *et al.*, 1986).

Tabela 7 - Tamanho e Forma aproximados dos Grânulos de Amido de alguns Alimentos

	Fonte	Diâmetro (μm)	Forma
* Castanha	Fruto	2,9 – 21,4	Oval, irregular
“Dent Corn”	Cereal	5 – 30	Poligonal, redonda
“Waxy Corn”	Cereal	5 – 30	Poligonal, redonda
Milho rico em amilose	Cereal	5 – 30	Poligonal, redonda irregular
Trigo	Cereal	1 – 45	Redonda, lenticular
Batata	Tubérculo	5 -100	Oval, esférica
Tapioca	Raiz	4 – 35	Oval

Fonte: Adaptado de Thomas *et al.*, (1999), * Demiate *et al.*, (2001)

2.4.1.1 - Estrutura Física

Segundo Thomas *et al.* (1999), no meio ambiente o amido encontra-se organizado na forma de grânulos que apresentam zonas semi-cristalinas e zonas amorfas. Cada grânulo é composto por cadeias de amilopectina e amilose que se encontram ligadas por pontes de hidrogénio. Para além destes dois componentes principais, podem ainda encontrar-se proteínas, lípidos, cinza (minerais e sais) e água, embora em pequenas quantidades (Thomas *et al.*, 1999).

O grânulo de amido é classificado normalmente em três tipos (A, B e C) de acordo com o seu padrão de difracção de raios X da estrutura cristalina de amilopectina (Kubo *et al.*, 2008 citado por Yang *et al.*, 2010). O tipo A é característico dos cereais como o milho, o trigo e o arroz, o tipo B é característico dos amidos dos tubérculos, raízes e frutos, como a batata, a mandioca e a castanha e o tipo C encontra-se mais nos amidos das proteaginosas, sendo que temperaturas elevadas e baixo teor em água favorecem o aparecimento de estruturas do tipo A e baixas temperaturas e elevado teor em água as do tipo B (Hizukuri, 1961, citado por French, 1973).

A birrefringência é uma característica comum a todos os grânulos de amido, sendo definida como o aparecimento de uma “cruz de Malta” sobre o grânulo quando este é

observado ao microscópio sob luz polarizada. A sua intensidade é alterada de acordo com a forma, tamanho, grossura, estrutura molecular e orientação do grânulo (Rooney *et al.*, 1986).

2.4.1.2 - Estrutura Química

O amido é um glucano composto por polímeros de D-glucopiranosose ligados entre si através de ligações glicosídicas α -1,4 e α -1,6, onde o carbono C1 de uma molécula de D-glucopiranosose reage com o carbono C4 ou C6 da molécula de D-glucopiranosose adjacente (Thomas *et al.*, 1999). Segundo estes autores, como numa das extremidades do polímero de amido se encontra um grupo aldeído livre nestes polímeros encontra-se sempre uma zona redutora no seu final, dependendo o número de zonas redutoras do número de ramificações da cadeia.

Segundo Thomas *et al.* (1999), as ligações glicosídicas no amido apresentam uma configuração em forma de alfa (α), contribuindo esta para as propriedades únicas deste componente e para a forma característica de degradação enzimática a que é sujeito. Para o mesmo autor, a polimerização da glucose no amido resulta em dois tipos de moléculas, uma linear e sobretudo com ligações α -1,4 (a amilose) e outra de tamanho muito maior, ramificada e com maior número de ligações α -1,6 (a amilopectina) (tabela 8). As diferenças entre as estruturas destas duas moléculas são o factor determinante para as diferenças de funcionalidade e de propriedades do amido.

Tabela 8 - Algumas Características da Amilose e da Amilopectina

Características	Amilose	Amilopectina
Forma	Essencialmente Linear	Ramificada
Ligações	α - 1,4 (algumas α - 1,6)	α - 1,4 e α - 1,6
Formação de Gel	Firme	Sem formação de gel até um gel pouco firme
Coloração com Iodo	Azul	Avermelhado

Fonte: Adaptado de Thomas *et al.*, (1999)

No amido, normalmente a proporção de amilose é menor do que a de amilopectina, encontrando-se entre os 0 e os 80% dependendo da espécie vegetal considerada e da variação genética dentro da espécie, sendo que no amido dos cereais se encontram normalmente valores de 20 a 30% de amilose enquanto nos “waxy starches” (amido composto essencialmente por amilopectina) os valores desta molécula rondam os 0% (Rooney *et al.*, 1986) (tabela 9). Embora se considere que a molécula de amilose apresenta uma estrutura linear muitas vezes esta é helicoidal, apresentando no interior da sua hélice átomos de hidrogénio com carácter hidrofóbico e podendo ligar-se a ácidos gordos livres, alguns álcoois e ao iodo (Thomas *et al.*, 1999).

Segundo Thomas *et al.* (1999), uma outra característica da amilose é a capacidade para formar um gel após o grânulo de amido ter sido cozinhado, isto é gelatinizado e sofrido posterior formação de uma pasta.

No que toca à amilopectina, esta é a molécula predominante na maioria dos amidos, sendo composta por segmentos de glucose com ligações α -1,4 entre si e ligados por ligações α -1,6 a cadeias ramificadas. Segundo Rooney *et al.* (1986), a estrutura da molécula de amilopectina é organizada alternando entre regiões amorfas e cristalinas, sendo as cadeias lineares da molécula classificadas como “A” (sem ramificações), “B” (com ramificações) e “C” (uma ramificação central contendo um único grupo redutor livre). As cadeias do tipo “A” tendem a ser curtas e frágeis formando um complexo de cor avermelhado com o iodo, sendo este teste usado para determinar o tipo de amido presente no cereal. O grau de ramificação da cadeia de amilopectina varia entre espécies e vai interferir nas propriedades do amido (Rooney *et al.*, 1986).

Tabela 9 - Conteúdo aproximado em Amilose e Amilopectina do Amido de alguns Alimentos

Tipo de Amido	Conteúdo em Amilose (%)	Conteúdo em Amilopectina (%)
* Castanha	21,50	78,80
“Dent Corn”	25	75
“Waxy Corn”	<1	> 99
Batata	20	80
Milho rico em Amilose	55 - 70 (ou mais)	30 - 45 (ou menos)
Trigo	25	75
Arroz	19	81

Fonte: Thomas *et al.*, (1999), *Demiate *et al.*, (2001)

2.4.2 - O Amido da Castanha

Como este é um polissacárido de reserva, a sua síntese processa-se ao longo do crescimento do fruto, ocorrendo a partir dos açúcares solúveis, mais precisamente da sacarose (visto ser esta a única forma que a planta tem de transportar o dióxido de carbono fixado através da fotossíntese das folhas até aos frutos) e sobretudo na fase de maturação do fruto. No fruto vai ocorrer a síntese de compostos orgânicos como, polissacáridos de reserva e estruturais, aminoácidos e ácidos gordos, prevalecendo no caso da castanha a formação de hidratos de carbono de cadeia complexa, como a celulose e a hemicelulose e de reserva, como o amido (Cardoso, 2002).

Analisando a tabela 10, verifica-se que embora existam algumas diferenças entre os valores dos constituintes das farinhas, a farinha de castanha apresenta uma composição semelhante à farinha de milho.

Tabela 10 - Composição Química de algumas Farinhas

Fracção (g/100 g)	Farinha de Castanha	Farinha de Milho *	Farinha de Mandioca **
Cinza	2,14	1,73	3,17
Lípidos	5,39	5,20	0,53
Fibra	2,34	2,89	3,29
Proteína	5,58	10,40	2,80
Amido	78,75	79,78	90,21

Fonte: Demiate *et al.*, (2001)

*Camargo *et al.*, (1984); ** Cereda, (1994) citados por Demiate *et al.*, (2001)

Tabela 11 - Composição Química e Estrutural do grânulo de Amido da Castanha, do Milho e da Mandioca

Fracção (g/100 g)	Castanha	Milho	Mandioca
Cinza	0,51	0,02	0,16
Lípidos	1,51	0,06	0,43
Fibra	1,09	n.a.	n.a.
Proteína	0,83	0,30	0,08
Constituintes do Amido (%)			
Amilose	21,50	24,50	18,60
Amilopectina	78,80	75,50	81,40

Fonte: Adaptado de Demiate *et al.*, (2001); n.a.- não analisado

Contudo analisando a tabela 11, verifica-se que existem diferenças entre a composição do amido das 3 farinhas quer a nível estrutural quer a nível químico. A nível da composição química pode observar-se que no caso do amido da castanha os valores da

cinza, dos lípidos e da proteína são mais elevados que nos outros amidos. Ao nível molecular, o amido da castanha apresenta valores de amilose e amilopectina intermédios em relação aos valores do amido do milho e da mandioca.

Esta diferença ao nível da composição da molécula de amido leva a diferenças não só entre os grânulos de amido (Franco *et al.*, 1988 citado por Demiate *et al.*, 2001) mas também nas propriedades do mesmo, havendo alterações na temperatura a que ocorre a gelatinização (Park *et al.*, 1982 citado por Demiate *et al.*, 2001) e diferentes susceptibilidades à degradação enzimática (Rickard *et al.*, 1990 citado por Demiate *et al.*, 2001), sendo *in vitro* o amido do milho o mais susceptível à degradação das enzimas amilolíticas (Demiate *et al.*, 2001).

Segundo Demiate *et al.*, (2001) o amido da castanha apresenta uma baixa temperatura de gelatinização e pouca tendência para a retrogradação, sendo semelhante neste ponto com o amido da mandioca, mas apresentando por outro lado características de viscosidade e estabilidade mais parecidas às do milho.

Segundo Yang *et al.* (2010), em relação à castanha tem de considerar-se ainda o seu endurecimento durante o armazenamento, pois ao longo do endurecimento há perda de água por parte do fruto e ocorre um desarranjo da parede celular que pode afectar as propriedades químicas e físicas do amido. A quebra de ligações glicosídicas nas cadeias de amilose e de amilopectina por parte de endo-amilases cria maior mobilidade para que ocorra a reorganização das cadeias em regiões cristalinas de maiores dimensões e mais perfeitas, podendo considerar-se que o endurecimento sofrido pela castanha é acompanhado da formação de mais regiões cristalinas do tipo “B” e de complexos entre a amilose e os lípidos existentes no grânulo, resultando numa deterioração da qualidade da castanha (Yang *et al.*, 2010).

2.4.3 - Factores que afectam a Digestibilidade do Amido

Como todos os alimentos (e seus constituintes) que são ingeridos pelos animais, também o amido é degradado por um conjunto de enzimas que actuam em diversas etapas digestivas sobre as diversas ligações que a molécula apresenta.

As enzimas que actuam sobre o amido são classificadas de acordo com a sua fonte, os produtos que originam, a estrutura proteica que apresentam, o modo como atacam a molécula de amido e o efeito na viscosidade do mesmo (Whistler *et al.*, 1984, citado por Rooney *et al.*, 1986) (tabela 12). Como exemplo da acção enzimática sobre o amido pode

usar-se a acção da α - amilase proveniente do suco pancreático. Esta ataca qualquer ponto no interior da cadeia linear da molécula, fragmentando-a inicialmente em polissacáridos e após a degradação total em glucose, maltose e maltotriose (Robyt *et al.*, 1967, citado por French, 1973).

Tabela 12 - Amilases importantes na hidrólise do Amido

Enzima	Classe	Ligações Hidrolisadas	Produtos
α - amilase	Liquidificadoras	Endo - α -1,4	Maltose + Dextrinas
Amiloglucosidases	Sacarificadoras	Exo - α - 1,4 e α -1,6	Glucose
Pululanases	Desramificadoras	Endo - α -1,6	Dextrinas Lineares
Isoamilases	Desramificadoras	Endo - α -1,6	Dextrinas Lineares

Fonte: Rooney *et al.*, (1986)

Segundo French (1973), a maioria das amilases tem o seu óptimo de acção em dispersões de amido, enquanto outras actuam muito lentamente, ou mesmo nada sobre os grânulos de amido.

Para além das enzimas possuírem características muito próprias e actuarem melhor sobre o amido quando este sofre algum tipo de processo térmico existem outros factores que vão afectar a digestibilidade deste. Segundo Rooney *et al.*, (1986) a sua composição e estrutura, as interacções entre a molécula e as proteínas, a integridade celular das unidades que compõem a molécula, os factores antinutricionais do alimento fornecido ao animal e a forma (em granulado, farinhas, liquido) em que o alimento é fornecido vão afectar em grande medida a digestão da molécula. Também a idade do animal (Rérat, 1978) é importante no que toca à digestibilidade do amido.

Segundo Rooney *et al.*, (1986), o amido dos cereais é digerido com maior facilidade em relação ao amido das raízes e dos tubérculos, enquanto o amido das leguminosas tem valores de digestibilidade intermédios entre os referidos anteriormente. Segundo o mesmo autor, o amido do milho com elevada percentagem de amilose na sua composição apresenta uma baixa digestibilidade tanto cru como após algum tratamento térmico enquanto que o amido dos cereais considerados “waxy cereals” é dos que apresenta maior

digestibilidade, concluindo o autor que normalmente a digestibilidade do amido é inversamente proporcional ao seu conteúdo em amilose.

Se existir uma interacção entre a molécula de amido e as proteínas, o grânulo fica embebido numa matriz proteica o que vai dificultar a hidrólise por parte das enzimas (Rooney *et al.*, 1986). No caso dos factores antinutricionais, onde se incluem os inibidores de enzimas, os fitatos, as lectinas e os taninos (Drecher *et al.*, 1984, citado por Rooney *et al.*, 1986), os últimos são os mais importantes no caso da castanha por estarem presentes neste alimento e provocarem uma diminuição significativa na hidrólise da molécula de amido, uma vez que se ligam a moléculas proteicas tais como as α -amilases, formando complexos estáveis de difícil degradação que inibem a actividade das enzimas (Rooney *et al.*, 1986).

Por fim, a idade do animal vai afectar a digestibilidade, pois há uma evolução nas enzimas digestivas com o avanço da idade, sendo no caso do leitão de reforçar a ideia já discutida anteriormente de que a amilase pancreática (considerada a principal enzima no que toca à degradação do amido) começa a ser sintetizada em maior quantidade a partir das 4 ou 5 semanas de idade não conseguindo o animal digerir grandes quantidades de amido até esta altura (Lewis, 2001).

3 - Materiais e Métodos

Este trabalho teve por objectivo estudar o efeito da introdução de castanha no regime alimentar de leitões ao desmame. A fase experimental decorreu no sector experimental da Secção de Produção Animal do Instituto Superior de Agronomia (ISA) e a fase analítica decorreu no Laboratório Pais de Azevedo do ISA e na Faculdade de Medicina Veterinária de Lisboa.

3.1 - Animais

Neste ensaio foram utilizados 24 leitões resultantes do cruzamento Duroc x Landrace todos do sexo masculino, desmamados com cerca de 4 semanas de idade e um peso vivo médio de 6,11 kg (+/- 0,49kg). Os leitões foram divididos em 3 grupos (8 leitões cada), de forma homogénea de acordo com o seu peso vivo e cada grupo recebeu um dos 3 regimes experimentais. Depois de terem sido identificados, cada leitão foi colocado numa gaiola metabólica individual (110 cm x 80 cm) equipada com comedouro, bebedouro (chupeta), piso ripado e dois tabuleiros em aço inoxidável para a recolha separada das fezes e da urina (figura 3). A sala de ensaio dispunha de um equipamento de ar condicionado que permitia o controlo da temperatura ambiente e de um sistema de ventilação forçada para a renovação do ar.

Figura 3 - Sala de Ensaio e leitão na gaiola metabólica individual



3.2 - Regimes Alimentares

Os regimes foram preparados na fábrica de rações da Secção de Produção Animal do ISA. A formulação base do regime teve em consideração as necessidades alimentares dos leitões, respeitando as recomendações do NRC (1998) para leitões entre 5 kg e 20 kg de peso vivo. Foram fabricados 3 regimes distintos: um regime base (RB) que serviu de controlo, um regime em que se substituiu 50% do amido fornecido pelo trigo por amido fornecido pela castanha (regime CAST50) e um regime em que se substituiu a totalidade do trigo por castanha (regime CAST100). Os constituintes e a composição química dos 3 regimes experimentais encontram-se descritos nas tabelas 13, 14 e 15, respectivamente.

Tabela 13 - Composição dos regimes experimentais (%)

Composição (%)	Regimes		
	RB	CAST50	CAST100
Trigo	66,1	34,1	-
Castanha*	-	31,0	63,1
Bagaço de Soja 48	16,0	16,0	16,0
Soro de Leite	5,0	5,0	5,0
Farinha de Peixe	7,0	8,0	10,0
Gordura	3,0	3,0	3,0
L-Lisina	0,4	0,4	0,4
DL- Metionina	0,2	0,2	0,2
Carbonato de Cálcio	0,7	0,7	0,7
Fosfato Bicálcico	0,9	0,9	0,9
Cloreto de Sódio	0,2	0,2	0,2
CMV ¹	0,5	0,5	0,5

¹ Complexo mineral e vitamínico. Composição por kg de alimento: Vit. A: 25000 UI; Vit. D3: 2000 UI; Vit. E: 20 UI; Vit. C: 200 mg; Vit. B1: 1, 5 mg; Vit. B2: 5 mg; Vit. B3:30 mg; Vit. B5: 15 mg; Vit. B6: 2, 5 mg; Vit. B9: 0, 5 mg; Vit. B12: 0, 03 mg; Vit. K3: 1mg; Vit. H2: 80 mg; colina: 300 mg; I (iodeto de potássio): 1 mg; Mn (óxido de manganês): 50 mg; Fe (carbonato ferroso): 120 mg; Zn (óxido de zinco): 140 mg; Cu (sulfato cúprico): 160 mg; Se (selenito de sódio): 0,3 mg; Co (carbonato de cobalto): 0.5 mg.

* Castanha sem casca

Tabela 14 - Composição química do Trigo e da Castanha (%)

Composição (%)	Trigo	Castanha*
Proteína Bruta	9,9	6,0
Amido	59,0	62,5
Fibra Bruta	2,2	3,0
NDF	12,1	17,0
ADF	2,4	-

* Polpa da castanha seca na estufa a 60°C

Tabela 15 - Composição química dos regimes experimentais (%)

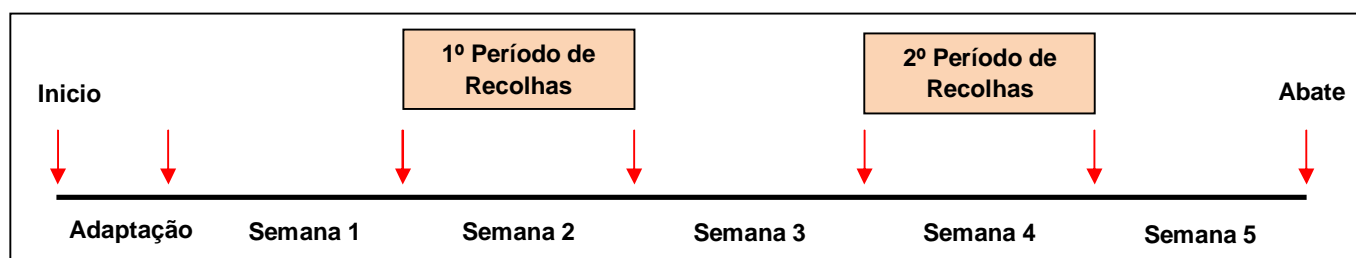
Composição Química (%)	Regimes		
	RB	CAST50	CAST100
Matéria Seca	90,89	91,14	91,87
Matéria Orgânica	85,29	85,40	85,78
Proteína Bruta	22,45	21,41	21,25
NDF	10,37	12,30	10,96
ADF	3,22	3,30	3,75
ADL	0,78	1,06	0,90
Cinza	5,60	5,74	6,09
Amido	39,0	39,5	39,4

A preparação dos regimes começou com a descongelação da polpa da castanha, sua secagem na estufa a 60°C e posterior moenda num moinho de martelos móveis com crivo de 3 mm de diâmetro. O trigo foi também moído num moinho de martelos móveis com crivo de 3 mm de diâmetro. Em seguida, procedeu-se à pesagem das diversas matérias-primas e à sua introdução numa misturadora horizontal com fita em espiral, onde todos os ingredientes foram misturados durante aproximadamente 10 minutos. Finalmente, os regimes passaram por um processo de granulação numa prensa com um crivo de 3 mm. Após um período de arrefecimento o alimento já granulado foi armazenado, sendo recolhidas duas amostras de cada regime para posterior análise laboratorial.

3.3 - Protocolo Experimental

O ensaio decorreu durante 5 semanas, tendo o calendário dos trabalhos (figura 4) sido dividido por semanas. Durante todo o período experimental, a ingestão de alimento foi controlada diariamente através da pesagem do alimento distribuído e da pesagem do alimento refugado recolhido, para cada leitão, sendo este último conservado no frio (-20° C) para posterior análise do seu teor em matéria seca. O alimento era distribuído diariamente em duas refeições, uma de manhã e outra de tarde, sendo as quantidades distribuídas ajustadas de acordo com as quantidades refugadas e com o peso vivo dos animais de modo a assegurar pelo menos 10% de refugo.

Figura 4 - Calendário dos Trabalhos



Os primeiros três dias após a chegada dos animais foram dias de adaptação ao alimento e às instalações, tendo sido feita apenas a recolha dos refugos. Os animais eram pesados no início de cada semana e na segunda (1º período de recolhas) e quarta (2º período de recolhas) semanas, foram feitas recolhas de fezes que eram pesadas, identificadas individualmente e armazenadas numa arca frigorífica (-20° C). A consistência das fezes foi avaliada diariamente utilizando uma escala de 0 a 3, de acordo com Marquardt *et al.*, (1999) (Tabela 16).

Tabela 16 - Índice de consistência fecal e respectivo estado das fezes

Índice de Consistência	Estado das Fezes
0	Normais
1	Moles
2	Diarreia moderada
3	Diarreia severa

No final do período experimental os leitões foram abatidos após um jejum de 12 horas. Imediatamente antes do abate os animais foram pesados e ao abate foram recolhidos os conteúdos intestinais para a determinação do pH, e posterior determinação da matéria seca, ácidos gordos voláteis e actividade enzimática microbiana. Foram também recolhidas amostras de três segmentos do intestino delgado: duodeno (a cerca de 10 cm do piloro), jejuno (a cerca de 5,5 cm do piloro) e íleo (a cerca de 60 cm da válvula íleo-cecal), que foram imediatamente fixadas em formol tamponado, para posterior observação e medição das características morfológicas das criptas (profundidade) e das vilosidades intestinais (comprimento e largura). O desenvolvimento do tracto gastrointestinal foi avaliado através do peso do estômago cheio e vazio, do peso do intestino delgado cheio e vazio e do seu comprimento, do peso do intestino grosso cheio e vazio e seu comprimento, do peso do pâncreas, do peso do fígado e do peso da vesícula biliar. Foi ainda medido o pH do conteúdo do estômago, do íleo, do ceco e do cólon.

3.3.1 - Preparação das Amostras dos Regimes Alimentares, dos Refugos e das Fezes

As amostras dos regimes alimentares foram moídas num moinho de Retch com um crivo de 1 mm de diâmetro para serem posteriormente analisadas.

Os refugos foram descongelados, colocados em tabuleiros de alumínio (previamente desumidificados a 103° C na estufa) e pesados (peso do refugo húmido). Foram secos na estufa a 103° C, sendo depois arrefecidos num excicador e pesados (peso do refugo seco) para a posterior determinação da ingestão semanal de alimento. No caso das fezes, após terem sido descongeladas, foram colocadas em tabuleiros de alumínio e pesadas (peso das fezes húmidas). Foram levadas à estufa a 65° C para secagem, sendo posteriormente arrefecidas em excicador e pesadas (peso das fezes secas). As fezes secas foram moídas num moinho de Retch com um crivo de 1 mm de diâmetro e armazenadas em frascos individuais (por leitão e por período de recolha) para posterior determinação da digestibilidade fecal aparente.

3.4 - Análises

3.4.1 - Determinação dos Ácidos Gordos Voláteis (AGV)

Os AGV foram doseados pelo método de Jouany (1982) nos conteúdos do íleo, ceco e cólon. Estes conteúdos foram recolhidos após o abate para frascos onde previamente tinham sido colocados 2 ml de ácido ortofosfórico (0,03 M) e conservados a -20° C. Aquando da sua utilização, as amostras foram primeiro descongeladas em meio fresco e em seguida centrifugadas (centrífuga Beckman J2 – HS) a 5000 rpm durante 20 minutos. A partir do sobrenadante foram recolhidas duas amostras (1 ml cada) para dois eppendorfs, que foram imediatamente congelados a -20° C. Para serem analisadas, as amostras foram descongeladas, adicionou-se 1 ml de ácido metil valérico a 1% (p/v) e homogeneizou-se antes da injeção da amostra (0,3 µl) no cromatógrafo (Perkin-Elmer 8410 Gas Chromatograph). O injetor e o detector estavam a 120° C de temperatura, enquanto o forno se encontrava inicialmente a 120° C (nos primeiros 7 minutos), e por cada minuto que passava foi aumentada em 10° C até atingir os 170° C, mantendo-se a esta temperatura durante 4 minutos. O gás de arraste utilizado foi o hidrogénio. A separação e identificação dos diferentes AGV (acético, propiónico, butírico, isobutírico e isovalérico) foram feitas num aparelho Perkin – Helmer, por cromatografia em fase gasosa, utilizando como padrão interno o ácido metil valérico.

3.4.2 - Determinação da Actividade Enzimática Microbiana

Após o abate foram retiradas amostras dos conteúdos do ceco e do cólon para frascos onde previamente se colocaram 10 ml de uma solução tampão fosfato 0,1 M a pH 6, sendo em seguida conservadas a -80° C. Antes da sua utilização, as amostras foram sujeitas a dois ciclos de congelação e descongelação, de modo a promover a ruptura das membranas celulares. Depois, cada amostra foi sujeita a um ciclo de sonicações (sonicador Bandelin Sonoplus) de 4 minutos, que consistia em 30 s de sonicação seguidos de 30 s de repouso, sempre em meio fresco. De seguida, procedeu-se à centrifugação (centrífuga Beckman J2 – HS) das amostras a 15000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi recolhido em duplicado para as 3 enzimas (xilanase, pectinase e celulase), para tubos eppendorf, e imediatamente congelado a -20° C. A determinação da actividade enzimática decorreu de acordo com o método descrito por Jehl *et al.* (1996). Foram utilizados tubos de ensaio contendo 5,25 ml do respectivo substrato (Xilana Sigma X-0502 (0,2%) para a

enzima xilanase, Pectina de citrinos Sigma P-9135 (0,2%) para a enzima pectinase, Carboximetilcelulose Sigma C-5678 (0,2%) para a enzima celulase) e 1,575 ml de solução tampão fosfato 0,1 M a pH 6, aos quais se adicionou 5,25 µl de amostra, sendo posteriormente colocados em banho-maria a 39° C. Nos tempos de incubação estudados (30 e 60 minutos) foram pipetados 700 µl do conteúdo dos tubos de ensaio para os eppendorfs que continham igual volume de DNSA (3,5 ácido-dinitrosalicílico) activado (1 ml de sulfito de sódio (5%) e 20 µl de glucose (20%) por cada 100 ml de DNSA), o que juntamente com a colocação em gelo fez com que a reacção parasse. Em seguida, os eppendorfs foram colocados em banho-maria a 100° C durante 20 minutos. Posteriormente foram arrefecidos para que os açúcares redutores libertados adquirissem cor e pudessem ser doseados por espectrofotometria. A leitura da absorvância (575 nm de comprimento de onda) foi feita num espectrofotómetro (Hitachi U-2001 Spectrophotometer).

3.4.3 - Análise Histológica da Mucosa Intestinal

A análise histológica da mucosa intestinal consistiu na medição do comprimento e largura das vilosidades intestinais e da profundidade das criptas do duodeno, jejuno e do íleo. As amostras recolhidas após o abate foram fixadas em formol tamponado a 10% e processadas para inclusão em parafina. Os cortes histológicos de 7 µm de espessura foram corados com hematoxilina-eosina e posteriormente observados ao microscópio utilizando uma objectiva de 10x. Foram tiradas um número de fotografias necessárias para reunir um número mínimo de 10 criptas e 10 vilosidades por segmento e por animal, tendo sido utilizada uma câmara digital (Olympus DP11) incorporada no microscópio (Olympus BX511) e as imagens recolhidas foram depois descarregadas para o computador e analisadas com o software Olympus DP Soft, para medição dos parâmetros.

3.4.4 - Medição do pH dos Conteúdos do Tracto Gastrointestinal

A medição do pH foi realizada logo após o abate dos animais e as amostras recolhidas dos conteúdos do estômago, do íleo, do ceco e do cólon foram homogeneizadas por agitação e medidas utilizando o aparelho WTW pH 522.

3.4.5 - Determinações Analíticas a partir dos Regimes Alimentares e das Fezes

- **Matéria Seca (MS):** Obtida através da secagem da amostra em estufa a 103° C, sendo expressa em percentagem de massa da amostra.

$$\text{Matéria Seca (\%)} = \frac{m1}{m2} \times 100$$

em que:

m1 – massa (g) de amostra após a secagem

m2 – massa (g) de amostra antes da secagem

- **Cinza:** Obtida através da incineração da amostra numa mufla a 550° C.

$$\text{Cinza (\% de Ms)} = \frac{m1}{m2} \times 100$$

em que:

m1 – massa (g) de amostra após a incineração

m2 – massa (g) de amostra antes da incineração

- **Fibra Neutro-Detergente (NDF)** a **Fibra Ácido-Detergente (ADF)** e a **Lenhina Ácido-Detergente (ADL)** foram determinadas utilizando o sistema Fibertec de acordo com o método de Van Soest *et al.*, (1991).
- **Azoto:** Utilizou-se o sistema de digestão 1015 Digester Tecator e a unidade de destilação 1026 Tecator, com posterior titulação manual. Para a fórmula entrou-se em linha de conta com o método de Kjeldahl para o cálculo do azoto total.

$$\text{Azoto (\%)} = \left(\frac{(v1 - v2) \times N \times 14,007 \times 10^{-8}}{m} \right) \times 100$$

em que:

v1 – Volume de ácido clorídrico consumido na titulação da amostra

v2 – Volume de ácido clorídrico consumido na titulação do ensaio em branco

N – Normalidade da solução de ácido clorídrico utilizada

m – Massa (g) da amostra

Para determinar o valor da PB, multiplica-se o valor de azoto obtido por 6,25, considerando que toda a proteína contém 16% de azoto. O teor de proteína foi calculado no regime alimentar e nas fezes.

3.5 - Parâmetros Avaliados

3.5.1 - Performances Zootécnicas

- **Alimento Ingerido (AI):** Calculado pela diferença entre as quantidades de alimento fornecida e a quantidade refugada, após a correcção da MS dos refugos.

$$AI = \text{Alimento Fornecido (g)} - \text{Refugo (g)}$$

- **Ganho médio diário (GMD):** Razão entre o ganho de peso e o intervalo de tempo entre duas pesagens.

$$GMD = \frac{\text{Ganho de Peso (g)}}{\text{Intervalo de tempo (dias)}}$$

- **Índice de conversão alimentar (IC):** Quantidade de alimento ingerida pelo animal para aumentar 1 kg de peso vivo.

$$IC = \frac{\text{Alimento Ingerido (kg)}}{\text{Ganho de peso (kg)}}$$

3.5.2 - Digestibilidade Fecal Aparente

A digestibilidade fecal aparente é definida como a percentagem de nutriente ingerida não excretada nas fezes, ou seja, que é supostamente absorvida. É quantificada pelo coeficiente de utilização digestiva (CUD) e foi calculada para a MS, cinza, PB, NDF, ADF e ADL.

$$CUD_{ap} = \left(\frac{ing - exc. fezes}{ing} \right) \times 100$$

3.6 - Tratamento Estatístico dos Dados

Os resultados das performances de crescimento, consistência fecal e digestibilidade dos leitões foram comparados por análise de variância utilizando o efeito do regime e do período experimental como variáveis independentes. Esta análise de variância foi realizada pelo procedimento MIXED do programa SAS (SAS, 1991) devido à existência de medidas repetidas no tempo (Littell *et al.*, 1998). Os restantes resultados foram comparados por análise de variância considerando-se o regime como o único factor de variação, recorrendo-se ao procedimento GML do programa SAS.

Quando os valores de F da análise de variância foram significativos (P <0,05), as médias ajustadas foram comparadas pelo teste da mais pequena diferença significativa.

4 - Resultados

4.1 - Performances Zootécnicas

Na tabela 17 estão apresentados os resultados obtidos para as performances zootécnicas. O peso vivo médio inicial dos leitões foi de 6,11 kg (+/- 0,49 kg) e o peso vivo médio final foi de 17,44 kg (+/- 1,66 kg).

A quantidade média de alimento ingerida por dia pelos leitões foi de 529 g (+/- 47 g), não se tendo verificado um efeito significativo do regime alimentar sobre este parâmetro ($P=0,1691$). Contudo, exprimindo a ingestão de alimento/kg de peso metabólico verificou-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre os regimes ($P=0,0497$), tendo sido os animais alimentados com o regime no qual o amido da castanha substituiu em 50% o amido do trigo (CAST50), aqueles que ingeriram maior quantidade de alimento. No caso da substituição integral do amido do trigo pelo amido da castanha (CAST100) os valores são estatisticamente iguais aos do regime base (RB) e CAST50. O regime RB é aquele que os animais consumiram em menor quantidade.

Os leitões tiveram um ganho médio de peso diário de 404 g (+/- 53 g), não se tendo verificado um efeito significativo do regime sobre este parâmetro.

No caso do índice de conversão a introdução de castanha no regime influenciou significativamente este parâmetro ($P=0,0420$). Os leitões que ingeriram o regime no qual a castanha substituiu em 100% o trigo tiveram um índice de conversão agravado em 0,10 pontos, relativamente ao regime base.

O índice fecal avalia a consistência das fezes e quanto menor é o seu valor numérico, maior é a consistência das mesmas. Observando os dados relativos a este parâmetro, verificou-se que houve influência do período ($P=0,0220$) tendo ocorrido um aumento da consistência das fezes ao longo das semanas experimentais. Quanto ao regime alimentar houve uma tendência ($P= 0,0698$) para que os leitões que consumiram o regime CAST50 apresentassem um menor índice fecal, ou seja uma maior consistência das fezes.

Tabela 17 - Efeito do regime experimental e do período experimental nas performances de crescimento e no índice de consistência das fezes

	Regime			Período				Regime ³	Período ³	DP ³
	RB	CAST50	CAST100	1	2	3	4			
Peso Inicial (kg)	6,05	6,10	6,19	-	-	-	-	0,8400	-	0,49
Peso Final (kg) ¹	17,29	18,08	16,94	-	-	-	-	0,4249	-	1,66
Ingestão										
g/d	509	558	520	-	-	-	-	0,1691	-	47
g/d/kg	43,6	46,2	45,0	-	-	-	-	0,0751	-	2,01
g/d/kg ^{0,75}	80,5 ^a	86,0 ^b	82,9 ^{ab}	-	-	-	-	0,0497	-	3,85
Ganho Médio Diário (g)	402	428	384	-	-	-	-	0,2709	-	53
Índice de Conversão	1,27 ^a	1,30 ^{ab}	1,37 ^b	-	-	-	-	0,0420	-	0,08
Índice Fecal ²	1,430 ^a	0,858 ^b	1,026 ^a	1,298	1,105	1,044	0,971	0,0698	0,0220	0,887

⁽¹⁾ Final do período experimental, ⁽²⁾ Resultados analisados pelo procedimento MIXED do programa SAS para considerar medidas repetidas nos períodos experimentais, 0 = Normal, 1 = Fezes moles, 2 = Diarreia Moderada, 3 = Diarreia severa

⁽³⁾ Valores de P para os efeitos: Regime e período. DP: Desvio padrão

4.2 - Digestibilidade Fecal Aparente

Na tabela 18 para além dos resultados referentes à digestibilidade fecal aparente, apresenta-se também a ingestão de alimento dos leitões durante os dois períodos de medida da digestibilidade. A ingestão de alimento dos leitões no segundo período foi superior em 2,6 vezes em relação ao primeiro período ($P < 0,0001$) e os leitões com o regime CAST100 ingeriram menos 7% de alimento ($P = 0,0495$). Os valores obtidos para a ingestão de alimento com o regime RB são estatisticamente iguais aos obtidos com os regimes CAST50 e CAST100, havendo apenas diferenças estatisticamente significativas entre os últimos dois regimes.

Em relação à digestibilidade fecal aparente da Proteína Bruta, do NDF, do ADF e do ADL, todos estes foram afectados significativamente pelo regime ($P < 0,0001$), assim como a Cinza ($P = 0,0098$) embora esta também tenha sido afectada significativamente pelo período ($P = 0,0024$). A composição do regime exerceu ainda uma tendência sobre a digestibilidade fecal aparente da MS ($P = 0,0667$).

Em relação à cinza, a digestibilidade desta fracção foi aumentada em 5 pontos percentuais nos regimes CAST50 e CAST100 em relação ao regime base.

A digestibilidade da proteína bruta foi reduzida em cerca de 8 e 5 pontos percentuais no regime CAST100 comparativamente aos regimes RB e CAST50, respectivamente.

Quanto ao NDF, a utilização digestiva aumentou 14 pontos percentuais no regime CAST50 e 21 pontos percentuais no regime CAST100 em relação ao regime RB e sofreu um aumento de 7,5 pontos percentuais no regime CAST100 em comparação com o regime CAST50 ($P < 0,0001$).

A digestibilidade do ADF, sofreu um aumento de 18 pontos percentuais no regime CAST50 e 34 pontos percentuais no regime CAST100 comparativamente ao regime RB e aumentou 16 pontos percentuais no regime CAST100 em relação ao regime CAST50 ($P < 0,0001$).

Tabela 18 - Efeito da Castanha e da idade do leitão na digestibilidade fecal aparente (CUD) do regime

	RB	CAST50	CAST100	Período 1*	Período 2*	Regime ¹	Período ¹	DxP ¹	DP ²
Ingestão (g/d)	599 ^{ab}	652 ^a	586 ^b	337	887	0,0495	<0,0001	0,0501	287
CUDap (%)									
Matéria Seca	88,2	89,8	89,6	88,8	89,5	0,0667	0,1638	0,0188	1,97
Cinza	69,4 ^a	73,9 ^b	74,6 ^b	70,4	74,9	0,0098	0,0024	0,0069	5,76
Proteína Bruta	85,3 ^a	82,8 ^a	77,6 ^b	82,0	81,8	<0,0001	0,8725	0,1279	4,70
NDF	67,2 ^a	80,7 ^b	88,2 ^c	79,1	78,3	<0,0001	0,4161	0,0033	9,52
ADF	50,0 ^a	68,0 ^b	84,0 ^c	67,6	67,0	<0,0001	0,7427	0,0088	15,36
ADL	40,3 ^a	61,2 ^b	62,4 ^b	55,3	53,9	<0,0001	0,5899	0,0124	13,52

* Período 1: leitões 38-45 dias de idade. Período 2: leitões 52-59 dias de idade.

⁽¹⁾ Valores de P para os efeitos: Regime, período e interacção regime X período.

⁽²⁾ DP: Desvio padrão.

4.3 - Desenvolvimento Gastrointestinal

Analisando o efeito do regime no desenvolvimento do tracto gastrointestinal dos leitões, verificou-se que a inclusão de castanha não teve influência no peso (g/kg de PV) do estômago cheio ou vazio, do intestino delgado cheio ou vazio, do pâncreas, do fígado e da vesícula.

Quanto ao intestino grosso, verifica-se uma tendência para que o peso cheio ($P=0,0668$) deste órgão apresente um valor maior nos animais que consumiram o regime CAST100 em relação aos que foram alimentados quer com o regime CAST50 quer com o regime RB. O peso médio do intestino grosso vazio dos regimes RB e CAST50 é de 21,11 g/kg de peso vivo, havendo uma tendência para o valor deste parâmetro ser mais elevado nos animais que consumiram o regime CAST100 ($P=0,0593$) em relação aos que consumiram os outros dois regimes.

Tabela 19 - Efeito da composição do regime alimentar no peso do tracto gastrointestinal dos leitões ao abate (g/kg de peso vivo)

	RB	CAST50	CAST100	Regime ¹	DPR ²
Peso ao abate (kg)	19,06	19,57	17,92	0,2238	1,88
Estômago					
Cheio	12,51	13,01	14,27	0,3582	2,48
Vazio	8,55	9,12	8,77	0,3940	0,82
Conteúdo	3,95	3,89	5,51	0,2803	2,22
Intestino Delgado					
Cheio	54,87	54,79	58,51	0,3462	5,68
Vazio	45,30	43,74	44,65	0,6257	3,21
Conteúdo	9,57	11,06	13,86	0,0898	3,74
Comprimento (m)	15,15	15,45	15,40	0,8415	1,09
Intestino Grosso					
Cheio	39,94	41,31	47,58	0,0668	6,55
Vazio	22,03	20,19	24,50	0,0593	3,40
Conteúdo	17,91	21,12	23,08	0,2210	5,79
Comprimento (m)	2,83	2,49	2,54	0,1253	0,33
Pâncreas	2,37	2,29	2,21	0,6339	0,33
Fígado	27,31	26,69	29,79	0,3135	4,18
Vesícula	1,31	1,12	1,15	0,5497	0,37

⁽¹⁾ Valores de P para o efeito do regime.

⁽²⁾ DPR: Desvio Padrão Residual

4.4 - Conteúdos do Tracto Gastrointestinal: determinação da matéria seca (MS) e do pH

A composição do regime alimentar dos leitões não exerceu nenhuma influencia estatisticamente significativa ($P > 0,05$) no teor de MS e nos valores de pH dos conteúdos intestinais do íleo, ceco e cólon. O pH do estômago, íleo, ceco e cólon foi em média respectivamente 2,75; 6,98; 6,50 e 6,74.

Tabela 20 - Efeito da composição do regime alimentar sobre o teor da matéria seca e o pH dos conteúdos do tracto gastrointestinal dos leitões

	RB	CAST50	CAST100	Regime ¹	DPR ²
Matéria Seca (%)					
Íleo	3,64	3,71	3,69	0,9882	1,01
Ceco	12,23	12,06	8,63	0,1585	3,81
Cólon	21,33	18,92	18,52	0,2476	3,53
pH					
Estômago	2,83	2,47	2,94	0,5833	0,93
Íleo	6,98	6,94	7,03	0,3129	0,12
Ceco	6,69	6,47	6,33	0,1434	0,33
Cólon	6,95	6,65	6,62	0,1058	0,33

⁽¹⁾ Valores de P para o efeito do regime.

⁽²⁾ DPR: Desvio padrão residual

4.5 - Morfologia da Mucosa Intestinal

Na tabela 21 estão apresentados os resultados obtidos para o efeito da inclusão de castanha sobre a altura e largura das vilosidades, profundidade das criptas e rácio entre a altura das vilosidades e a profundidade das criptas ao nível do duodeno, jejuno e íleo.

Relativamente à altura e largura das vilosidades intestinais nos diversos segmentos do intestino delgado, não se verificaram efeitos do regime sobre estes parâmetros ($P > 0,05$).

Quanto à profundidade das criptas do jejuno, o regime alimentar afectou significativamente este parâmetro ($P=0,0062$), tendo-se verificado diferenças significativas entre os regimes RB e CAST50 relativamente ao regime CAST100, apresentando os animais alimentados com o regime CAST100 uma diminuição da profundidade das criptas de 26% e 19% comparativamente aos regimes RB e CAST50, respectivamente. Em relação à profundidade das criptas do duodeno, há uma tendência para um efeito do regime

alimentar sobre este parâmetro ($P=0,0586$), tendo ocorrido uma redução superior a 12 % no regime CAST100 comparativamente aos regimes RB e CAST50, respectivamente.

Observando os valores obtidos para o rácio entre a altura das vilosidades e a profundidade das criptas, no jejuno o regime afecta significativamente este parâmetro ($P=0,0181$) apresentando o regime base uma redução de 22% e de 73% em relação aos regimes CAST50 e CAST100, respectivamente. Quanto ao rácio no duodeno, existe uma tendência para um efeito do regime alimentar sobre este parâmetro ($P=0,0545$), tendo ocorrido um aumento de 16% e de 19% no regime CAST100 em relação aos regimes RB e CAST50, respectivamente.

Tabela 21 - Efeito da inclusão de castanha no regime alimentar dos leitões na morfologia da mucosa intestinal

	RB	CAST50	CAST100	Regime ¹	DPR ²
Altura das vilosidades (μm)					
Duodeno	414	407	421	0,8754	42,4
Jejuno	374	433	385	0,1086	53,8
Íleo	324	325	319	0,9847	51,9
Largura das vilosidades (μm)					
Duodeno	199	229	202	0,1250	28,8
Jejuno	166	179	172	0,3274	16,5
Íleo	168	189	182	0,2087	22,9
Profundidade das criptas (μm)					
Duodeno	516	520	453	0,0586	39,6
Jejuno	411 ^a	376 ^a	306 ^b	0,0062	41,4
Íleo	386	343	325	0,1060	46,6
Vilosidades/Criptas³					
Duodeno	0,803	0,785	0,933	0,0545	0,084
Jejuno	0,917 ^a	1,171 ^b	1,261 ^b	0,0181	0,190
Íleo	0,851	0,949	0,990	0,2970	0,150

⁽¹⁾ Valores de P para o efeito do regime

⁽²⁾ DPR: Desvio Padrão Residual

⁽³⁾ Altura das vilosidades/ Profundidade das criptas

4.6 - Actividade Enzimática Microbiana

A tabela 22 mostra os valores obtidos para a actividade das enzimas microbianas xilanase, pectinase e celulase no ceco e cólon dos leitões. Verificaram-se diferenças

significativas entre os regimes no que diz respeito à actividade da xilanase e pectinase no cólon ($P=0,0230$ e $P=0,0347$, respectivamente).

No cólon a actividade da xilanase é semelhante nos regimes RB e CAST50 mas significativamente diferente no regime CAST100, apresentando este último, uma redução de 49% e de 44% comparativamente aos regimes RB e CAST50. No caso da pectinase o regime CAST100 apresenta um aumento de 76% comparativamente ao regime RB.

Por fim, no ceco, houve uma tendência ($P=0,0829$) de um efeito do regime sobre a actividade da xilanase, com uma redução no regime CAST100 comparativamente aos regimes RB e CAST50.

Tabela 22 - Efeito do regime alimentar na actividade das enzimas microbianas (mg/ml/60 minutos) nos conteúdos do ceco e do cólon dos leitões

	RB	CAST50	CAST100	Regime ¹	DPR ²
Ceco					
Xilanase	257,6	205,7	139,8	0,0829	96,3
Pectinase	369,2	312,4	437,2	0,1141	113,4
Celulase	96,1	115,4	128,9	0,5470	56,9
Cólon					
Xilanase	439,1 ^a	399,3 ^a	224,4 ^b	0,0230	151,6
Pectinase	324,5 ^a	439,2 ^{ab}	577,4 ^b	0,0347	180,0
Celulase	219,5	264,4	362,1	0,1322	138,1

⁽¹⁾ Valores de P para o efeito do regime

⁽²⁾ DPR: Desvio Padrão Residual

4.7 - Ácidos Gordos Voláteis (AGV) nos Conteúdos Intestinais

Ceco

Observando a tabela 23, verifica-se que o regime afectou significativamente a concentração total de AGV ($P=0,0482$), assim como o teor de ácido propiónico ($P=0,0424$) e de ácido butírico ($P=0,0250$).

Tabela 23 - Efeito da composição do regime experimental no teor e proporção molar dos AGV nos conteúdos do ceco

	RB	CAST50	CAST100	Regime ¹	DPR ²
AGV (mmol.1⁻¹)[*]					
C2	11,91	17,73	25,9	0,0634	10,82
C3	5,15 ^a	9,43 ^{ab}	14,70 ^b	0,0424	6,80
C4	3,50 ^a	4,90 ^a	9,84 ^b	0,0250	4,37
IC4	1,13	1,89	3,65	0,0754	2,08
C5	1,33	1,54	3,10	0,0623	1,51
Total	23,02 ^a	35,48 ^{ab}	57,19 ^b	0,0482	25,29
Proporção molar					
C2:C3	2,40 ^a	1,93 ^b	1,82 ^b	0,0078	0,34
C2:C4	4,04 ^a	3,75 ^a	2,73 ^b	0,0308	0,94
C3:C4	0,53	0,50	0,46	0,2764	0,54
(C2:C3+C4)	1,45 ^a	1,26 ^b	1,08 ^c	0,0008	0,15
(C2:total)	0,53 ^a	0,50 ^a	0,46 ^b	0,0011	0,03

⁽¹⁾ Valores de P para o efeito do regime

⁽²⁾ DPR: Desvio Padrão Residual

^{*} C2: Acético, C3: Propiónico, C4: Butírico, IC4: Isobutírico, C5: Isovalérico

Os leitões que receberam o regime CAST100 apresentaram uma concentração de ácido propiónico (C3) no ceco, cerca de 3 vezes superior à dos leitões que receberam o regime à base de trigo. Da mesma forma a substituição integral do trigo pela castanha aumentou significativamente a concentração de ácido butírico (C4) relativamente aos outros dois regimes em estudo. Por outro lado, a concentração total dos AGV analisados mais do que duplicou com o regime CAST100 comparativamente ao regime à base de trigo.

É importante salientar que se verificam ainda tendências do regime sobre o teor de ácido acético (P=0,0634), ácido isobutírico (P=0,0754) e ácido isovalérico (P=0,0623), verificando-se um aumento destes no regime CAST100 relativamente aos regimes RB e CAST50.

Relativamente à proporção entre os diferentes ácidos gordos voláteis no ceco os resultados mostram que a utilização de castanha no regime dos leitões diminuiu significativamente a proporção molar de ácido acético (C2), resultado que assumiu maior expressão quando o trigo foi integralmente substituído pela castanha no regime dos leitões.

Quanto à proporção entre acético: (propiónico + butírico) existem diferenças significativas entre os regimes (P=0,0008), tendo-se verificado respectivamente uma

redução de 87% e 74% nos regimes CAST50 e CAST100, respectivamente em relação ao regime base e uma redução de 86% no regime CAST100 em relação ao regime CAST50.

Por fim a proporção entre o ácido acético e o total dos ácidos gordos voláteis analisados foi reduzida em 87% e 92% no regime CAST100 em relação aos regimes RB e CAST50, respectivamente ($P=0,0011$).

Cólon

Na tabela 24, verifica-se que não houve qualquer efeito significativo ($P > 0,05$) do regime alimentar sobre o teor de AGV, ou a sua proporção molar nos conteúdos do cólon.

Tabela 24 - Efeito da composição do regime experimental no teor e proporção molar dos AGV nos conteúdos do cólon

	RB	CAST50	CAST100	Regime ¹	DPR ²
AGV (mmol.l⁻¹) *					
C2	21,30	25,57	24,78	0,5253	7,88
C3	9,17	10,40	11,49	0,3187	2,99
C4	11,40	12,38	12,02	0,8653	3,66
IC4	3,01	3,55	3,65	0,3592	0,95
C5	5,17	4,91	4,55	0,7681	1,69
Total	50,04	56,82	56,49	0,6209	15,48
Proporção molar					
C2:C3	2,37	2,41	2,19	0,3650	0,32
C2:C4	1,93	2,06	2,08	0,7141	0,38
C3:C4	0,83	0,86	0,97	0,3884	0,21
(C2:C3+C4)	1,04	1,11	1,06	0,5862	0,13
(C2:total)	0,43	0,44	0,44	0,7238	0,04

⁽¹⁾ Valores de P para o efeito do regime

⁽²⁾ DPR: Desvio Padrão Residual

*C2: Acético. C3: Propiónico. C4: Butírico. IC4: Isobutírico. C5: Isovalérico

As concentrações médias (mmol.l⁻¹) dos ácidos, acético, propiónico e butírico foram respectivamente de 23,88; 10,35 e 11,93.

Quanto às médias das proporções entre o ácido acético: propiónico e o ácido acético: butírico, estas são respectivamente, 2,32 e 2,02.

5 - Discussão

5.1 - Performances Zootécnicas

A menor ingestão de alimento por parte dos leitões que receberam o regime à base de trigo mostra que a castanha foi bem aceite pelos leitões, não colocando problemas de palatabilidade.

Contudo, verificou-se que os leitões alimentados com o regime base (RB) apresentaram um melhor índice de conversão comparativamente aos alimentados com o regime CAST100, sugerindo este facto que a castanha é utilizada com pior eficiência por parte dos leitões comparativamente ao trigo, estando este resultado em concordância com a pior digestibilidade da fracção proteína bruta apresentada pelo regime CAST100 (tabela 18). Por outro lado, uma maior produção de ácidos gordos voláteis no ceco dos leitões alimentados com castanha (tabela 23) sugere uma maior absorção de nutrientes na forma de AGV, os quais comparativamente à glucose, são utilizados com menor eficiência energética pelos suínos (Jansman e Van der Kliss, 2002) justificando assim o agravamento do índice de conversão com o regime CAST100.

Em relação à consistência das fezes, verificou-se que a inclusão de castanha no regime dos leitões melhorou a consistência fecal, principalmente nos animais que consumiram o regime CAST50. Este resultado parece sugerir uma boa adaptação dos leitões aos regimes com castanha.

A maior incidência de diarreias no início do período de pós-desmame (a consistência das fezes foi melhorando ao longo das semanas experimentais) pode ser justificada pelo stress a que o animal é sujeito, quer do ponto de vista alimentar (tem de se adaptar a um novo regime) quer do ponto de vista social (é afastado da mãe e tem de lidar com novas instalações) durante este período. Segundo Gatnau (1999) citado por Beaulieu *et al.* (2006), após o desmame ocorre um aumento da incidência de diarreias e do aparecimento de vícios sociais. Contudo, a melhoria da consistência das fezes ao longo do ensaio demonstrou a adaptação digestiva dos leitões aos regimes experimentais.

5.2 - Digestibilidade Fecal Aparente

A utilização de castanha no regime de desmame dos leitões não penalizou a digestibilidade fecal aparente da matéria seca, pois a menor utilização digestiva da fracção PB destes regimes foi compensada pela maior digestibilidade das fracções NDF e ADF.

Na formulação dos regimes experimentais, quando a castanha substituiu parcial ou totalmente o trigo, utilizou-se maior incorporação de farinha de peixe para equilibrar o teor de proteína bruta destes regimes (tabela 13). Normalmente a proteína fornecida pela farinha de peixe apresenta uma elevada digestibilidade pelos leitões (Kim *et al.*, 2001), não sendo credível que tenha menor utilização digestiva que a proteína do trigo. Assim a menor utilização digestiva aparente da fracção proteica com o regime CAST100 pode justificar-se pela presença de taninos na polpa da castanha, pela ocorrência de reacções de Maillard na castanha durante o processo de secagem em estufa e/ou por aumento de excreção endógena de azoto. Com efeito a castanha apresenta taninos (Lewis, 2001) os quais podem complexar-se com as enzimas digestivas reduzindo a digestão enzimática no intestino delgado (Lewis, 2001).

Embora a secagem da castanha antes de ser incorporada nos regimes tenha decorrido a temperatura não superior a 60°C, o período de tempo relativamente longo que esta implicou e a presença de açúcares livres na polpa da castanha (tabela 6) podem ter levado à ocorrência de reacções de Maillard entre os grupos redutores dos polissacáridos e os grupos amina das proteínas, reduzindo a digestibilidade não só do amido (Pizzoferrano *et al.*, 1998a citado por Pizzoferrano *et al.*, 1999), mas também da fracção proteica. Segundo Asp (1986) e Hakansson (1987) citados por Vicente *et al.* (2008), o excesso de calor pode aumentar as reacções de Maillard, levando a uma menor digestibilidade da proteína.

Por outro lado, a maior concentração de AGV no ceco dos leitões alimentados com castanha (tabela 23) sugere um aumento da actividade microbiana no ceco destes leitões, podendo desta forma aumentar a excreção de azoto de origem microbiana e assim reduzir a digestibilidade fecal aparente da fracção proteica dos regimes à base de castanha.

A fibra alimentar é constituída pela lenhina e por polissacáridos não amiláceos (hemicelulose e celulose) (Theander *et al.*, 1994 e Bach Knudsen, 1997 citados por Serena *et al.*, 2008), sabendo-se que parte desta fracção pode sofrer fermentação microbiana mesmo nos compartimentos proximais do tubo digestivo (Bach Knudsen e Jørgensen, 2001 citados por Serena *et al.*, 2008). No entanto a maior parte dos glúcidos parietais do alimento passam para o intestino grosso onde vão estimular o crescimento microbiano e a produção de AGV (Serena *et al.*, 2008). No que toca à digestibilidade aparente do NDF e do ADF verificou-se que a introdução de castanha aumentou a digestibilidade destas fracções, com maior expressão no regime CAST100. Este resultado sugere que a fracção de glúcidos parietais da castanha tem melhor digestibilidade do que a do trigo. Neste ensaio, o estudo da actividade enzimática microbiana mostrou um aumento da produção de pectinases e uma redução na produção de xilanases no cólon com o regime CAST100 (tabela 21). Segundo

Henry (1985) citado por Barrera *et al.* (2004), os arabinosilanos e as xilanas são os componentes principais das hemiceluloses dos cereais e a xilanase é a enzima que hidrolisa os arabinosilanos (Barrera *et al.*, 2004). A pectinase está envolvida na degradação das pectinas, uma vez que segundo Metzler *et al.* (2008), a introdução ao nível íleal de pectina estimula a actividade da pectinase ao nível fecal. Assim, os resultados da actividade enzimática microbiana sugerem que, com a introdução da castanha nos regimes alimentares chegaram ao intestino grosso menos hemiceluloses e mais pectinas, levando a crer que a castanha apresenta na sua composição constituintes parietais mais fermentescíveis que o trigo, sendo estes degradados mais facilmente o que justifica o aumento da digestibilidade das fracções de NDF e ADF aqui referidos.

5.3 - Desenvolvimento Gastrointestinal

A composição do regime alimentar não influenciou significativamente o peso relativo (g/kg) do estômago, intestino delgado, pâncreas, fígado e vesícula, mas verificou-se uma tendência do regime alimentar sobre o peso relativo do intestino grosso vazio, apresentando o regime CAST100 o maior peso vazio deste órgão. Este resultado está de acordo com a maior degradação de glúcidos parietais apresentada com este regime (tabela 18) em concordância com a maior concentração de ácidos gordos voláteis no ceco dos leitões que o consumiram (tabela 23). Também segundo Lewis (2001), os monogástricos apresentam uma capacidade limitada de utilização dos constituintes de natureza fibrosa restringindo-se a alguma fermentação que ocorre principalmente no intestino grosso. Assim, é plausível considerar-se que as fermentações sofridas no intestino grosso pela fracção glucídica presente no regime CAST100 tenham estimulado o desenvolvimento deste compartimento do tudo digestivo.

5.4 - Morfologia da Mucosa Intestinal

A introdução de castanha nos regimes alimentares alterou a morfologia intestinal apenas ao nível do jejuno, com a diminuição da profundidade das criptas mas sem alteração na morfologia das vilosidades.

A maior profundidade das criptas no jejuno dos leitões que receberam o regime à base de trigo pode implicar uma maior maturidade dos enterócitos neste compartimento do intestino delgado. Segundo Freire (2005), a maturação fisiológica dos enterócitos da mucosa intestinal leva ao aumento da actividade enzimática digestiva no intestino delgado dos

leitões durante a fase adaptativa do desmame. Os enterócitos são células digestivas e absorptivas, sobretudo as do terço superior das vilosidades, exibindo microvilosidades que aumentam significativamente a superfície da mucosa (Van Dijk *et al.*, 2002; Moran, 2008) sofrendo uma maturação desde que migram das criptas onde são células indiferenciadas até às vilosidades, onde se tornam células especializadas para a absorção (Herdt, 1999).

5.5 - Actividade Enzimática Microbiana

A substituição total ou parcial do trigo pela castanha no regime dos leitões reduziu a actividade da xilanase no cólon mas aumentou a actividade da pectinase. Na tabela 14 apresenta-se a composição química do trigo e da polpa da castanha utilizados neste trabalho, podendo observar-se que a castanha apresenta um teor de proteína mais baixo que o trigo, mas valores mais elevados de fibra bruta, amido e NDF.

O facto de com a substituição total ou parcial do trigo pela castanha ter ocorrido uma redução da actividade da xilanase e aumento da actividade da pectinase no cólon, pode resultar de diferenças na composição dos glúcidos parietais da castanha em relação ao trigo. Com efeito, estando a xilanase envolvida na degradação das arabinoxilanas e sendo estas as principais hemiceluloses do trigo (Englyst, 1989) não é de estranhar uma maior actividade desta enzima no ceco dos leitões que receberam o regime à base deste. Por outro lado, o aumento da pectinase no ceco dos leitões que receberam os regimes com castanha sugere uma maior quantidade de pectinas presentes nos conteúdos intestinais destes animais.

Sendo a castanha um alimento rico em açúcares solúveis e constituindo estes um substrato facilmente fermentescível pela flora microbiana presente no tubo digestivo dos suínos (Butine e Leedle, 1989) será interessante em futuros trabalhos estudar em que medida estes compostos interferem na actividade microbiana presente no tubo digestivo dos leitões.

5.6 - Ácidos Gordos Voláteis (AGV) nos Conteúdos Intestinais

A proporção de AGV formados no ceco e no cólon depende da composição dos substratos que chegam ao intestino grosso (Glits *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2004; Bindelle *et al.*, 2008). Os hidratos de carbono que chegam ao intestino grosso são hidrolisados pelas enzimas microbianas em açúcares (Cummings e Macfarlane, 1991 citados por Wang *et al.*, 2004), os quais são posteriormente transformados em ácidos gordos e gases, sendo entre

90 a 95% dos ácidos gordos que aqui se formam acetato, propionato e butirato (Christensen *et al.*, 1999 citado por Wang *et al.*, 2004). Diversos factores como, o tipo e a estrutura química dos polissacáridos fermentescíveis, a actividade da população microbiana e a velocidade do trânsito digestivo podem alterar a composição dos ácidos gordos que se formam no intestino grosso (Englyst *et al.*, 1987 citado por Wang *et al.*, 2004).

A maior quantidade de AGV formados no ceco dos leitões que receberam os regimes nos quais a castanha substituiu parcial ou totalmente o trigo traduz maior actividade fermentativa neste compartimento do tubo digestivo, podendo estes resultados serem justificados pela chegada de maior quantidade de substratos fermentescíveis ao ceco dos leitões alimentados com os regimes com castanha.

Como referido anteriormente, os principais constituintes da fracção glucídica da polpa da castanha são o amido e os açúcares solúveis. Por outro lado o amido da castanha é considerado um amido resistente, ou seja a sua hidrólise no intestino delgado é mais lenta e pode ser parcial, permitindo a chegada de maior quantidade de amido ao intestino grosso, onde vai sofrer alguma degradação à custa das enzimas que acompanham o alimento (que vêm dos outros compartimentos do tracto digestivo) e da acção fermentativa da actividade microbiana, que por sinal é muito elevada no ceco, esperando-se assim que a maioria da acção fermentativa ocorresse neste compartimento intestinal (Lewis 2001). Também segundo Rooney *et al.* (1986), se existir uma interacção entre a molécula de amido e as proteínas, o grânulo fica embebido numa matriz proteica o que vai dificultar a hidrólise por parte das enzimas, ora visto que a polpa da castanha utilizada neste trabalho apresenta 6,0% de proteína é plausível considerar que possa ter ocorrido uma interacção entre a proteína e a molécula de amido tendo tornado este mais resistente á degradação enzimática.

Considerando a composição química dos regimes experimentais (tabela 15), a ingestão diária de alimento pelos leitões (tabela 17) e a digestibilidade das fracções NDF e ADF (tabela 18) conclui-se que a quantidade diária de NDF degradada (g/d) no tubo digestivo dos leitões para os regimes base, CAST50 e CAST100 é de 142, 148,5 e 116,3, respectivamente. Quanto à quantidade de ADF degradada (g/d) os valores são de 42,6 para o regime base, 38,8 para o regime CAST50 e 39,40 para o regime CAST100.

A quantidade de hemicelulose (NDF - ADF) degradada (g/d) nos diversos regimes foi de 100 para o regime base, 109,7 para o regime CAST50 e de 76,9 para o regime CAST100, vem demonstrar que ocorreu uma menor degradação de hemicelulose com o regime CAST100, o que levanta a hipótese de que a maior produção de AGV com os regimes com castanha se deva essencialmente ao amido resistente presente no fruto que chegou ao intestino grosso.

Quanto aos resultados obtidos relativamente às proporções de AGV no ceco dos leitões, verificou-se uma menor proporção de acetato em relação aos outros AGV com a introdução da castanha nos regimes o que, uma vez mais pode traduzir maior fermentação de amido e de açúcares simples neste compartimento, ocorrendo assim uma maior produção de propionato e butirato. Com efeito, de acordo com Duncan *et al.* (2003), verificou-se que uma maior actividade amilolítica no intestino grosso gera um incremento nas concentrações de butirato e propionato e que o propionato é um substrato útil à gluconeogênese (Bindelle *et al.*, 2008).

6 - Conclusão

A introdução de castanha na dieta de leitões na fase do pós-desmame, levou a uma pequena melhoria das performances zootécnicas no que toca à ingestão de alimento e à consistência das fezes, uma vez que se verificou que os animais que consumiram o regime onde o trigo foi parcialmente substituído pela castanha (CAST50) ingeriram maior quantidade de alimento e apresentaram uma tendência para um menor índice fecal. Contudo, com o regime onde todo o trigo foi substituído pela castanha (CAST100) os animais apresentaram um agravamento do seu índice de conversão, podendo assim considerar-se que o regime CAST50 foi o que originou melhores resultados.

Quanto à digestibilidade do NDF e ADF, o regime CAST100 foi o que levou à obtenção de melhores resultados, tendo pelo contrário sido com este regime que ocorreu a menor digestibilidade da proteína bruta.

De modo geral, a introdução de castanha nos regimes não alterou significativamente o desenvolvimento do tracto gastrointestinal nem os seus conteúdos. Quanto à morfologia da mucosa intestinal, os animais que consumiram o regime CAST100 apresentaram uma menor profundidade das criptas ao nível do jejuno e um maior rácio entre a altura das vilosidades intestinais e a profundidade das criptas, também neste compartimento.

Relativamente às enzimas microbianas observou-se uma diminuição da actividade da xilanase e um aumento da actividade da pectinase no cólon dos leitões que consumiram o regime CAST100 e uma tendência para uma menor actividade da xilanase no ceco dos leitões alimentados com este regime. A actividade fermentativa no ceco aumentou com a introdução de castanha nos regimes, tendo apresentado os valores mais elevados nos animais que consumiram o regime CAST100.

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que a introdução de castanha na alimentação suína não parece ser rentável, contudo seria interessante fazerem-se mais estudos de modo a avaliar o papel dos açúcares na actividade microbiana e analisar-se a hipótese de reduzir os problemas de digestibilidade da castanha recorrendo a processos como a gelatinização, que vão melhorar a utilização digestiva por parte dos suínos do amido resistente, existente neste fruto.

7 - Referências Bibliográficas

- Anguita, M., Canibe, N., Pérez, J.F., Jensen, B.B. (2006). Influence of the amount of dietary fiber on the available energy from hindgut fermentation in growing pigs: use of cannulated pigs *in vitro* fermentation. *Journal of Animal Science*, 84:2766-2778.
- Barrera, M., Cervantes, M., Sauer, W.C., Araiza, A.B., Torrentera, N., Cervantes, M. (2004). Ileal amino acid digestibility and performance of growing pigs fed wheat-based diets supplemented with xylanase. *Journal of Animal Science*, 82:1997-2003.
- Beaulieu, A.D., Levesque, C.L., Patience, J.F. (2006). The effects of dietary energy concentration and weaning site on weanling pig performance. *Journal of Animal Science*, 84:1159-1168.
- Bergounoux, F. (1978). Conservation transformation et utilisation des châtaignes et marrons. *INVUFLEC*, Paris.
- Bindelle, J., Leterme, P., Buldgen, A. (2008). Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pigs nutrition: a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12 (1):69-80.
- Butine, T.J., Leedle, J.A.Z. (1989). Enumeration of selected anaerobic groups in cecal and colonic contents of growing-finishing pigs. *Appl. and Environ. Microbiol.*, 55:1112-1116.
- Cardoso, J.V.F. (2002). Caracterização e valorização do fruto de *Castanea sativa* Mill. Composição química, valor nutritivo e efeito da sua utilização na engorda de porcos Duroc. Tese de Doutoramento em Engenharia Biológica. Vila Real: Universidade de Trás - os - Montes e Alto Douro.
- Collada, C., Casado, R., Barber, D., Caleyá, R.F., Aragoncillo, C. (1986). Characterization of seed protein fractions from *Castanea* spp. *Journal of Experimental Botany*, 37:1872-1878.
- Demiante, I.M., Oetterer, M., Wosiacki, G. (2001). Characterization of chestnut (*Castanea sativa*, Mill) starch for industrial utilization. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 44(1):1516-8913.
- Desmaison, A.M., Tixier, M. (1984). Acides aminés libres da châtaigne provenant de *Castanea sativa* Mill, *Castanea crenata* Sieb. et Zucc, *Castanea molissima* Blume et d'hybrides: *Castanea crenata x sativa*. *Ann. Pharm.F.*, 42(4):353-357.
- Desmaison, A.M., Adrian, J. (1986). La place de la châtaigne en alimentation. *Méd Nut*, 22(3):174-180.
- Duncan, S.H., Scott, K.P., Ramsay, A.G., Harmsen, H.J., Welling, G.W., Stewart, C.S., Flint, H.J. (2003). Effects of alternative dietary substrates on competition between human colonic bacteria in an anaerobic fermentor system. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69:1136-1142.
- Englyst, H. (1989). Classification and measurement of plant polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology*, 23:27-42.
- Fernandes, C.T. (1954). A castanha, sua impotência económica e valor alimentar. *Publicação da Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas*, 21(2):37-53.
- Ferreira, F.A. (1977). Tabela da composição dos alimentos portugueses. *Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge*.

- Freire, J.P. (2005). Fisiologia digestiva do leitão: particularidades e consequências. *Revista da Sociedade Científica de Suinicultura*, 1(2):12-24.
- French, D. (1973). Chemical and physical properties of starch. *Journal of Animal Science*, 37:1048-1061.
- Gambotti, C.C., Gandemer, G., Casabianca, F. (1998). Effects of substituting a concentrated diet for chestnuts on the lipid traits of muscle and adipose tissue in Corsican and Corsican x Large White pigs reared in a sylvo-pastoral system in Corsica. *Meat Science*, 50(2): 163-174.
- Glitsø, L.V., Jensen, B.B., Bach Knudsen, K.E. (2000). In vitro fermentation of rye carbohydrates including arabinoxylans of different structure. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80:1211-12118.
- Hedemann, M.S., Eskildsen, M., Laerke, H.N., Pedersen, C., Lindberg, J.E., Laurinen, P., Bach Knudsen, K.E. (2006). Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. *Journal of Animal Science*, 84:1375-1386.
- Herd, T. (1999). Fisiologia gastrointestinal y metabolismo. In Cunningham, J.D. (Coord.), *Fisiologia Veterinária* (pp. 293-431), 2ª ed., México, McGraw - Hill Interamericana Editores.
- Jehl, N., Gidenne, T., Leroux, J.F. (1996). Measurements of the bacterial fibrolytic activity in the caecum and in the soft faeces of the rabbit. In Lebas, F., *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress*, Ass. Fr. Cuniculture, Lempdes, France, 1:199-203.
- Jouany, J.P. (1982). Volatile fatty acids and alcohol determination in digestive contents, silage juices, bacterial cultures and anaerobia fermentor contents. *Sci. Anim.*, 2:131-144.
- Kim, S.W., Easter, R.A. (2001). Nutritional value of fish meals in the diet for young pigs. *Journal of Animal Science*, 79:1829-1839.
- Lage, J.J. (2006). *Castanea. Uma dádiva dos deuses*. Lisboa: Jorge Lage (ed).
- Littell, R.C., Henry, P.R., Ammeman, C.B. (1998). Statistical analysis of repeated measure data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76:1216-1231.
- Lewis, A.J., Southern, L.L. (2001). Anatomy of the digestive system and nutritional physiology. In A. J. Lewis *et al.*, *Swine Nutrition* (pp. 31-63). Boca Raton, FL,US: CRC Press.
- Lewis, A.J., Southern, L.L. (2001). Cereal grains and by-products of swine. In A.J. Lewis *et al.* *Swine Nutrition* (pp. 785-802). Boca Raton, FL,US: CRC Press.
- Lewis, A.J., Southern, L.L. (2001). Energy utilization in swine nutrition. In A.J. Lewis *et al.*, *Swine Nutrition* (pp. 85-93). Boca Raton, FL, US: CRC Press.
- Lewis, A.J., Southern, L.L. (2001). Feeding neonatal pigs. In A.J. Lewis *et al.*, *Swine Nutrition* (pp. 671-682). Boca Raton, FL,US: CRC Press.
- Lewis, A.J., Southern, L.L. (2001). Feeding the weaned pig. In A.J. Lewis *et al.*, *Swine Nutrition* (pp. 692-706). Boca Raton, FL,US: CRC Press.
- Lindemann, M.D., Cornelius, S.G., El Kandelgy, S.M., Moser, R.L. (1986). Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *Journal of Animal Science*, 62:1298-1307.
- Lorenzo, S.P., Ramos-Cabrera, A.M., Díaz-Hernández, M.B. (2006). Chemical composition of chestnut cultivars from Spain. *Scientia Horticulturae*, 107:306-314.

- Marquardt, R.R. (1999). Passive protective effect of egg-yolk antibodies against enterotoxigenic *Escherichia coli* K88⁺ infection in neonatal and early-weaned piglets. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 23:283-288.
- McDonal, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. (2002). Carbohydrates. In P. McDonald *et al.*, *Animal Nutrition*. (6rd ed.). (pp. 14-31). Harlow Essex, GB: Pearson Education.
- McDonal, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. (2002). Digestion. In P. McDonald *et al.*, *Animal Nutrition*. (6rd ed.). (pp. 163-198). Harlow Essex,GB:Pearson Education.
- McDonal, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. (2002). Evaluation of foods (A) digestibility. In P. McDonald *et al.*, *Animal Nutrition*. (6rd ed.). (pp. 245-261). Harlow Essex,GB: Pearson Education.
- McDonal, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. (2002). Evaluation of foods (B) energy content of foods and the partition of food energy within the animal. In P. McDonald *et al.*, *Animal Nutrition*. (6rd ed.). (pp. 263-291). Harlow Essex,GB: Pearson Education.
- McDonal, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. (2002). Metabolism. In P. McDonald *et al.*, *Animal Nutrition*. (6rd ed.). (pp. 199-244). Harlow Essex,GB: Pearson Education.
- McDonal, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. (2002). The animal and its food. In P. McDonald *et al.*, *Animal Nutrition*. (6rd ed.). (pp. 1-13). Harlow Essex,GB: Pearson Education.
- Metzler, B.U., Mosenthin, R., Baumgartel, T., Rodehutsord, M. (2008). The effect of dietary phosphorus and calcium level, phytase supplementation and ileal infusion of pectin on the chemical composition and carbohydrase activity of fecal bacteria and the level of microbial metabolites in the gastrointestinal tract of pigs. *Journal of Animal Science*, 86:1544-1555.
- Migueluez, J.D., Bernárdez, M.M., Queijeiro, J.M.G. (2004). Composition of varieties of chestnuts from Galicia (Spain). *Food Chemistry*, 84:401-404.
- Moore, J.N., Ballington, J.R.Jr. (1990). Chestnut (*Castanea*). In J.N. Moore *et al.*, *Genetic resources of temperate fruit and nut crops* (pp. 761-785). Wageningen, NL: ISHS.
- Moran, E.T.Jr. (2008). Intestinal balance and equilibrium: setting the scene for health and management. In J.A. Taylor - Pickard, P. Springs, *Gut efficiency: the key ingredient in pig and poultry production - elevaitins animal performance and health* (pp. 97-109). Wageningen Academic Publishers.
- Neri, L., Dimitri, G., Sacchetti, G. (2010). Chemical composition and antioxidant activity of cured chestnuts from three sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) ecotypes from Italy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23:23-29.
- NRC, (1998). Nutrient requirement of swine, 10th ed. Nat. Acd. Press, Washington.
- Nomura, K., Ogasawara, Y., Uemukai, H., Yoshida, M. (1995). Change of sugar content in chestnut during low temperature storage. *Acta Horticulturae - ISHS*, 398: 265-276.
- Owsley, W. F., Orr, D.E.Jr., Tribble, L.F. (1986). Effects of age and diet on the development of the pancreas and the synthesis and secretion of pancreatic enzymes in the young pig. *Journal of Animal Science*, 63:497-504.
- Rérat, A. (1978). Digestion and absorption of carbohydrates and nitrogenous matters in the hindgut of the omnivorous nonruminant animal. *Journal of Animal Science*, 46:1808-1837.

- Rooney, L.W., Pflugfelder, R.L. (1986). Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*, 63:1607-1623.
- Rotundo, A., Rotundo, S., Gherardi, S. (1988). "Montemarano" e "Verdole": due cultivar interessanti per la castanicoltura meridionale. *L'informatura Agrário*, 49:79-88.
- SAS (1991). SAS Systems for Linear Models, 3th ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Serena, A., Jørgensen, H., Bach Knudsen, K.E. (2008). Digestion of carbohydrates and utilization of energy in sows fed diets with contrasting levels and physicochemical properties of dietary fiber. *Journal of Animal Science*, 86:2208-2216.
- Sewell, R.F., Maxwell Jr., C.V. (1966). Effects of various sources of carbohydrates in the diet of early-weaned pigs. *Journal of Animal Science*, 25:796-799.
- Shields Jr., R.G., Ekstrom, K.E., Mahan, D.C. (1980). Effect of weaning age and feeding method on digestive enzyme development in swine from birth to ten weeks. *Journal of Animal Science*, 50:257-265.
- Sholten, R.H., van der Peet-Schwering, C.M., den Hartog, L.A., Balk, M., Schrama, J.W., Verstegen, M.W. (2002). Fermented wheat in liquid diets: effects on gastrointestinal characteristics in weanling piglets. *Journal of Animal Science*, 80:1179-1186.
- Silva, J.S., Fabiao, A.M.D., Neto, C.S. (2007). Do Castanheiro ao Teixo. As outras espécies florestais. *Árvores e Florestas de Portugal (PT)*, vol.5.
- Simões, M.C. (2005). A cultura do castanheiro-perspectivas económicas. *Revista APH - Associação Portuguesa de Horticultura*, 80:14-18 .
- Thomas, D.J., Atwell, W.A. (1999). Starch structure. In D.J. Thomas *et al.*, *Starches* (pp. 1-11). St.Paul, MI, US: Eagan Press.
- Thomas, D.J., Atwell, W.A. (1999). Starch analysis methods. In D.J. Thomas *et al.*, *Starches* (pp. 13-24). St. Paul, MI, US: Eagan Press.
- Van Dijk, J.E., Huisman, J., Koninkx, J.F.J.G. (2002). Structural and functional aspects of a healthy gastrointestinal tract.
- Van Heugten, E.C. (1996). Effects of immune challenge, dietary energy density, and source of energy on performance and immunity in weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 74:2431-2440.
- Vander Kliss, J.D., Jansman, A.J.M. (2002). Optimising nutrient digestion, absorption and gut barrier function in monogastrics: reality or illusion? In M.C. Block *et al.*, *Nutrition and health of the gastrointestinal tract*, (pp.15-33). Wageningen Academic Publishers.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. (1991). Carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 74:3583-3597.
- Vicente, B., Valencia, D.G., Pérez - Serrano, M., Lázaro, R., Mareos, G.G. (2008). The effects of feeding rice in substitution of corn and the degree of starch gelatinization of rice on the digestibility of dietary components and productive performance of young pigs. *Journal of Animal Science*, 86:119-126.
- Wang, J.F., Zhut, Y.H., Li, D.F., Wang, Z., Jensen, B.B. (2004). In vitro fermentation of various fiber and starch sources by pig fecal inocula. *Journal of Animal Science*, 82:2615-2622.

Yang, B., Jiang, G., Prasad, K.N., Gu, C., Jiang, Y. (2010). Crystalline, thermal and textural characteristics of starches isolated from chestnut (*Castanea molissima* Bl.) seeds at different degrees of hardness. *Food Chemistry*, 119:995-999.

Website:

Bísaro Salsicharia Tradicional. Acedido a 24 de Novembro de 2011, disponível em: http://www.bisaro.pt/index.php?option=com_content&view=frontpage&lang=pt