



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária/ Instituto Superior de
Agronomia

UTILIZAÇÃO DO REPISO DE TOMATE NA ALIMENTAÇÃO DO LEITÃO:
DIGESTIBILIDADE, ATIVIDADE FERMENTATIVA E MORFOLOGIA DA MUCOSA
INTESTINAL

Patrícia Alexandra Gaspar Alves

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

ORIENTADOR

Doutor João Pedro Bengala Freire

PRESIDENTE

Doutor Luís Manuel dos Anjos Ferreira

COORDINADOR

Doutor Mário António Pereira Silva Soares de Pinho

VOGAIS

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha

Doutor João Pedro Bengala Freire

2013

LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária/ Instituto Superior de
Agronomia

UTILIZAÇÃO DO REPISO DE TOMATE NA ALIMENTAÇÃO DO LEITÃO:
DIGESTIBILIDADE, ATIVIDADE FERMENTATIVA E MORFÓLOGIA DA MUCOSA
INTESTINAL

Patrícia Alexandra Gaspar Alves

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ZOOTÉCNICA/ PRODUÇÃO
ANIMAL

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

PRESIDENTE

Doutor Luís Manuel dos Anjos Ferreira

VOGAIS

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha
Doutor João Pedro Bengala Freire

ORIENTADOR

Doutor João Pedro Bengala Freire

COORIENTADOR

Doutor Mário António Pereira Silva Soares de Pinho

2013

LISBOA

Dedicatória

Ao avô Zé,

Agradecimentos

Ao Professor Doutor João Pedro Bengala Freire, meu orientador, pela proposta do tema da dissertação de mestrado e pelo seu apoio incondicional em todas as fases que compuseram este trabalho;

Ao Professor Doutor Mário Pinho, pela ajuda preciosa na realização da componente histológica deste trabalho;

À Cristiana Correia, minha colega de trabalho na componente de ensaio experimental com os leitões, por toda a amizade, apoio, paciência e companhia;

Ao André, meu namorado, pelo apoio incansável, por ouvir os meus desabafos e aconselhar devidamente, pela paciência interminável e pela compreensão nos meus períodos de longa ausência;

Aos meus pais, avó e irmão, por me darem a força necessária para concluir esta etapa da minha vida;

À Ana por ter sempre paciência para me ouvir e por ter sempre as palavras certas para me dar, por ser tão paciente e por me apoiar tanto nesta fase;

Ao João pelo apoio e compreensão nos meus períodos de ausência;

Às amigas para a vida, Cátia, Andreia, Mónica e mais recentemente, Elisabete e Raquel, por todo o vosso apoio;

À Elisabete Carvalho pela força que sempre me deu para concluir esta etapa da minha vida;

À D. Lurdes pela sua ajuda, simpatia e dedicação em momentos de aperto;

À D. Maria do Rosário pela disponibilidade e simpatia;

À Raquel e à Carla pelo apoio e incentivo na fase final deste trabalho.

Resumo

Com o objetivo de estudar o efeito da introdução do repiso de tomate (RT) e a natureza da gordura na dieta, no crescimento e na funcionalidade digestiva dos leitões, foi realizado um ensaio com 40 animais com cerca de 6 semanas. Aos leitões foram distribuídos quatro regimes: R1 (sêmea de trigo e óleo de soja), R2 (RT e óleo de soja), R3 (sêmea de trigo e banha) e R4 (RT e banha) durante 5 semanas.

O peso médio inicial dos leitões foi de 12,79 ($\pm 0,99$) kg e o final foi em média de 38,6 ($\pm 3,24$) kg. A ingestão de alimento e a conversão alimentar não foram afetadas pelas dietas. Os regimes não afetaram a digestibilidade fecal aparente, o balanço azotado, o desenvolvimento dos órgãos do trato gastrointestinal e o peso dos seus conteúdos ao abate, a altura das vilosidades e profundidade das criptas da mucosa intestinal dos leitões. A utilização do RT reduziu o pH do conteúdo do estômago ($P=0,0024$). A utilização da banha aumentou a atividade pectinolítica no conteúdo do intestino delgado ($P=0,0023$). Ocorreu interação ($P=0,0362$) entre a fonte de fibra e de gordura na atividade xilanolítica nos conteúdos do intestino delgado.

Palavras- chave: leitão, repiso de tomate, performances zootécnicas, digestibilidade, atividade fermentativa, mucosa intestinal.

Abstract

In order to study the effect of the replacement of wheat bran by tomato pomace (TP) and two different sources of fat (soybean oil, lard) in piglets diet on the growth and digestive function, a trial was performed with 40 animals aged 6 weeks. The piglets were allocated into 4 experimental diets during 5 weeks: R1 (wheat bran and soybean oil), R2 (TP and soybean oil), R3 (wheat bran and lard) and R4 (TP and lard).

The average initial weight of piglets was 12,79(\pm 0.99) kg and the final was on average 38,6(\pm 3,24)kg. Feed intake and feed conversion rate wasn't affected by the different diets.

Diets didn't affect the apparent fecal digestibility, nitrogen balance, the development of gastrointestinal organs and the weight of its contents at slaughter, villus height and crypt depth of intestinal mucosa of piglets. In stomach, the use of TP reduced ($P=0,0024$) pH of its contents. Pectinolytic activity in small intestine increased with lard ($P=0,0023$). There was interaction ($P=0,0362$) between source of fiber and fat affecting xylanolytic activity in the contents of the small intestine, and it was found that the use of lard decreased it's activity with wheat bran but increased with TP. Concluding, the inclusion of TP in piglet's diet is well accepted.

Keywords: piglets, tomato pomace, growth performance, digestibility, microbial enzymatic activity, intestinal mucosa.

Índice geral

Dedicatória	ii
Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
Índice geral	vi
Índice de figuras	viii
Índice de tabelas	ix
Lista de abreviaturas	x
I. Introdução	1
II. Revisão bibliográfica	3
2.1. Aparelho digestivo dos suínos	3
2.2. Fisiologia da digestão nos suínos	8
2.2.1. Digestão dos glúcidos	8
2.2.2. Digestão dos lípidos	10
2.2.3. Digestão dos prótidos	12
2.2.4. Particularidades da capacidade digestiva dos leitões	13
2.3. A microflora intestinal nos suínos	14
2.3.1. Composição e caracterização	14
2.3.2. Importância da microflora intestinal nos suínos	17
2.4. A utilização da fibra no processo digestivo dos suínos	18
2.4.1. Hemiceluloses	18
2.4.2. Celulose	19
2.4.3. Pectinas	19
2.4.4. Importância da fibra no processo digestivo dos suínos	19
2.5. Utilização das gorduras na alimentação dos suínos	20
2.5.1. Utilização digestiva das gorduras	21
2.5.2. Efeito da gordura na utilização digestiva de outros constituintes do regime	21
2.5.3. Efeito da gordura na morfologia da mucosa intestinal	22
2.5.4. Efeito da gordura na microflora intestinal	22
2.6. Produção e transformação do tomate em Portugal	22
2.7. O repiso de tomate	24
2.7.1. Composição	24
2.7.2. Utilização do repiso de tomate na alimentação animal	25
III. Material e métodos	28
3.1. Animais	28
3.2. Regimes experimentais	30
3.3. Protocolo experimental	31
3.4. Preparação das amostras de refugos, regimes alimentares, fezes e urina	32
3.5. Determinações analíticas	33
3.5.1. Determinações analíticas nos regimes alimentares, fezes, urinas e refugos	33
3.5.1.1. Poder tampão e pH	33
3.5.1.2. Matéria seca	34
3.5.1.3. Cinza	34
3.5.1.4. Fibra	34
3.5.1.4.1. Fibra neutro detergente (NDF)	34
3.5.1.4.2. Fibra ácida detergente (ADF)	35
3.5.1.4.3. Lenhina ácida detergente (ADL)	35
3.5.1.5. Proteína	36
3.5.1.6. Gordura	36
3.5.1.7. Energia	37
3.5.2. Determinações analíticas aos conteúdos do trato gastrointestinal	37

3.5.2.1. Determinação da atividade enzimática microbiana.....	37
3.5.3. Análise histológica da mucosa intestinal	38
3.6. Parâmetros calculados.....	39
3.6.1. Performances de crescimento.....	39
3.6.2. Digestibilidade fecal aparente	39
3.6.3. Balanço azotado	40
3.7. Tratamento estatístico de dados	40
IV. Resultados	41
4.1. Performances de crescimento.....	41
4.2. Consistência das fezes e digestibilidade fecal aparente.....	44
4.3. Balanço azotado	46
4.4. Desenvolvimento do aparelho digestivo	47
4.5. MS e pH dos conteúdos do trato gastrointestinal	48
4.6. Análise histológica da mucosa intestinal	49
4.7. Determinação da atividade enzimática microbiana	50
V. Discussão	52
5.1. Composição dos regimes experimentais.....	52
5.2. Performances de crescimento.....	52
5.3. Consistência das fezes e digestibilidade fecal aparente.....	53
5.4. Balanço azotado	54
5.5. Desenvolvimento do tubo digestivo e morfologia intestinal	55
5.6. Composição dos conteúdos digestivos e atividade enzimática microbiana	56
VI. Conclusão	58
VII. Bibliografia	60

Índice de figuras

Figura 1 - Aparelho digestivo do suíno.....	3
Figura 2 - Corte histológico (objectiva 4x) com distinção da camada muscular, mucosa e sub-mucosa.....	7
Figura 3 - Organização do ensaio experimental.....	28

Índice de tabelas

Tabela 1 - Carbohidrases e respectivos produtos da digestão de glúcidos.....	9
Tabela 2 - Produção de repiso de tomate nos anos 2010, 2011 e 2012, em Portugal.....	23
Tabela 3 - Composição química do repiso de tomate.	25
Tabela 4 - Composição dos regimes experimentais (g/kg).....	29
Tabela 5 - Composição química, pH e poder tampão dos regimes experimentais	30
Tabela 6 - Composição química e pH das matérias-primas usadas na formulação dos regimes alimentares.....	30
Tabela 7 - Índice de consistência das fezes e estado correspondente.....	32
Tabela 8 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura na ingestão de alimento e crescimento dos leitões durante o período de permanência nas gaiolas de metabolismo.	42
Tabela 9 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura na ingestão de alimento e crescimento dos leitões durante o período de permanência nos parques.....	43
Tabela 10 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por RT e da natureza da gordura na consistência das fezes dos leitões durante o período de permanência nas gaiolas (valores em percentagem).....	44
Tabela 11 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por RT na consistência das fezes dos leitões durante o período de permanência nas gaiolas (valores em percentagem).	45
Tabela 12 - Efeito da natureza da gordura do regime na consistência das fezes dos leitões durante o período de permanência nas gaiolas (valores em percentagem).	45
Tabela 13 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura sobre a digestibilidade fecal aparente dos elementos do regime.	45
Tabela 14 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura nos parâmetros do balanço azotado dos leitões.	46
Tabela 15 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura na excreção azotada dos leitões.....	47
Tabela 16 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura no peso relativo (g/kg) e no comprimento (m/kg) dos órgãos do aparelho digestivo dos leitões.	48
Tabela 17 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura no teor de matéria seca e no pH dos conteúdos digestivos.	49
Tabela 18 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura na morfologia da mucosa do intestino delgado dos leitões.	50
Tabela 19 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura na atividade (mg/ml/h) das enzimas digestivas microbianas nos conteúdos digestivos.....	51

Lista de abreviaturas

ADF – Fibra ácida detergente

ADL – Lenhina ácida detergente

AGV – Ácidos gordos voláteis

CMV – Complexo mineral e vitamínico

CUD – Coeficiente de utilização digestiva

CUDap – Coeficiente de utilização digestiva aparente

DCEB – Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas

DNSA – Ácido dinitrosalicílico

DPM – Desvio padrão residual

GB – Gordura bruta

GMD – Ganho médio diário

GPP-MAMAOT – Gabinete de Planeamento e Políticas-Ministério da Agricultura, do Mar do Ambiente e do Ordenamento do Território

IC – Índice de conversão

INE – Instituto Nacional de Estatística

ISA – Instituto Superior de Agronomia

MS – Matéria seca

NDF – Fibra neutro detergente

NRC – National Research Council

PB – Proteína bruta

PNA – Polissacáridos não amiláceos

RT – Repiso de tomate

SAS – Statistical Analysis System

I. Introdução

O desmame é considerado um processo único e problemático na vida dos suínos, caracterizado pelo *stress* causado pela mudança alimentar, alteração do ambiente físico e afastamento da progenitora, estando também associado a alterações da morfologia intestinal e redução da atividade enzimática, com consequências na redução da capacidade digestiva e absorptiva (Pluske, 2001, citado por Hedemann et al., 2006).

Além disto, a redução da ingestão de alimento nesta fase afeta negativamente o crescimento do leitão assim como a sua capacidade digestiva, sendo que a altura das vilosidades e capacidade de síntese proteica ficam diminuídas (Freire, 2005).

O uso da fibra (composta por polissacáridos não amiláceos e lenhina) (Low, 1993), mais concretamente o uso de polissacáridos não amiláceos (PNA), pode melhorar a adaptação dos leitões no período pós-desmame, através da estimulação de comportamentos digestivos, regulação do trânsito digestivo e aumento do volume fecal (Freire, Guerreiro, Cunha & Aumaître, 2000). Além disto, pode estimular a crescimento da flora microbiana intestinal, aumentando a produção de ácidos gordos voláteis (AGV) e descendo o pH do intestino grosso (Bach Knudsen et al., 1991, citado por Hedemann et al., 2006), fatores determinantes no controlo de microrganismos patogénicos.

No entanto, apesar dos efeitos benéficos evidenciados pela fibra, verifica-se a redução da digestibilidade fecal aparente da matéria seca (MS) e energia (Freire, 1991, citado por Freire et al, 2000; Freire, Cunha, Almeida & Aumaître, 1998).

Desta forma, matérias-primas ricas em fibra são combinadas com matérias-primas com altas concentrações energéticas como gorduras animais e óleos vegetais para deste modo se aumentar a concentração energética dos regimes e se cobrir as necessidades energéticas dos leitões (Noblet & Goff, 2001).

Com os crescentes aumentos dos custos de alimentação (Confagri, 2013), é necessária a procura de alimentos alternativos que possibilitem a redução dos custos de alimentação, sem comprometer as performances produtivas dos animais (Brito et al., 2008). O repiso de tomate, além de ser um subproduto abundante em Portugal, tem valor comercial praticamente nulo apesar do seu potencial de valorização (Duarte, Esteves, Carvalheiro, Vicente, & Gírio, 2007). A reduzida investigação realizada acerca da utilização deste subproduto pelo leitão, suscita o interesse do estudo como potencial fonte de fibra, carotenoides e licopeno bem como a sua influência na integridade intestinal, digestibilidade de nutrientes e impacto nas performances produtivas.

É neste sentido que se insere o objetivo deste trabalho que pretende estudar o efeito do repiso de tomate na digestibilidade fecal aparente, na consistência das fezes, na atividade fermentativa microbiana e na morfologia da mucosa intestinal dos leitões. Para tal utilizaram-se dois tipos de fibra (sêmea de trigo e repiso de tomate) associados a duas gorduras

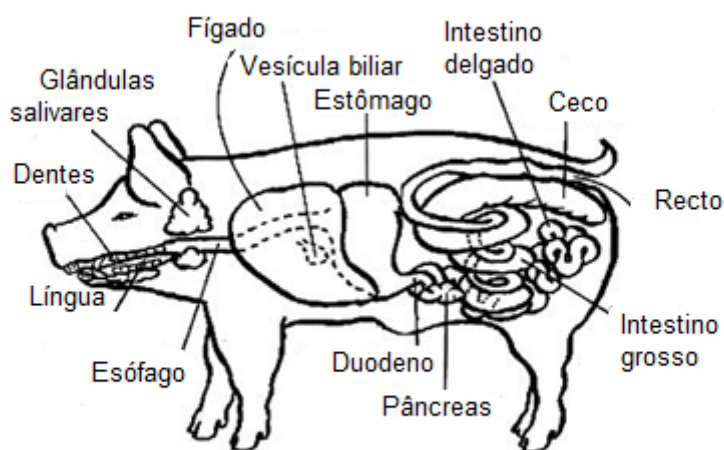
diferentes (óleo de soja e banha) em regimes alimentares formulados, de acordo com um esquema fatorial 2x2, que foram distribuídos aos leitões com cerca de 12 kg de peso vivo durante cinco semanas.

II. Revisão bibliográfica

2.1. Aparelho digestivo dos suínos

O porco, sendo um animal monogástrico tem o seu aparelho digestivo composto pela boca, faringe, esófago, estômago, intestino delgado e grosso, assim como algumas glândulas acessórias, como evidenciado na figura 1. O intestino delgado é composto pelo duodeno, jejuno e íleo, enquanto que o intestino grosso é constituído pelo ceco, cólon e reto. Por fim, as glândulas acessórias do sistema digestivo dos suínos são as glândulas salivares, fígado e pâncreas que libertam as suas secreções para o lúmen alimentar (Lewis & Southern, 2001).

Figura 1 - Aparelho digestivo do suíno (Rowan, Durrance, Combs & Fischer, 2010)



A função digestiva é realizada através da atividade conjunta de enzimas glucolíticas, proteolíticas e lipolíticas dos sucos gástrico, pancreático e intestinal, completando-se a digestão através da atividade fermentativa da flora microbiana existente no intestino grosso (Kidder & Manners, 1978).

O porco tem uma cavidade oral longa, no entanto o seu comprimento é variável com a raça (Lewis & Southern, 2001). Ao longo do seu trajeto, o tubo digestivo apresenta um padrão de organização geral muito idêntico. É constituído por um tubo oco composto por um lúmen (ou luz), com diâmetro variável, revestido por uma parede composta por quatro camadas diferenciadas: mucosa, submucosa, muscular e serosa ou adventícia (Carneiro & Junqueira, 2004). A digestão dos alimentos resulta de ações mecânicas e químicas. A digestão mecânica caracteriza-se pela quebra física dos alimentos devido à mastigação e movimentos peristálticos, enquanto que a digestão química reside na transformação de moléculas mais complexas em moléculas mais simples essencialmente através da ação das enzimas digestivas.

A preensão dos alimentos, realizada pela articulação entre a ação dos dentes, lábios, língua e movimentos de cabeça, é efetuada tendo em conta a natureza dos alimentos. A mastigação permite que as partículas dos alimentos se reduzam a partículas gradualmente mais pequenas para facilitar a deglutição e aumentar a sua exposição perante as enzimas digestivas. Além disto, a mastigação permite a mistura da saliva com as partículas alimentares. A saliva, com pH 7,4, lubrifica os alimentos, auxiliando a mastigação e deglutição, preparando os alimentos para a posterior ação enzimática. A enzima α -amilase, contida na saliva, efetua a degradação de polímeros simples de glucose, originando maltose, maltotriose e dextrinas. A saliva é maioritariamente secretada por três glândulas salivares de maiores dimensões: a glândula parótida, a mandibular e a sublingual. Além disto, existem também glândulas de tamanho mais reduzido que exercem função idêntica, tais como as glândulas labiais, linguais e bucais que se encontram na boca (Lewis & Southern, 2001). No entanto, a quantidade de hidratos de carbono digeridos pelas enzimas salivares não é significativa.

O alimento fica na boca durante um reduzido período de tempo, sendo encaminhado para o esófago que segrega muco, lubrificando o bolo alimentar até à sua entrada no estômago através de movimentos peristálticos (Kidder & Manners, 1978).

O estômago do porco adulto tem capacidade para armazenar aproximadamente 8 litros e consiste num órgão com função de digestão e armazenamento (McDonald et al., 2002). A mucosa gástrica do porco é dividida em quatro regiões: região esofágica, região do cárdia, região fúndica e região pilórica. A região esofágica não tem glândulas e é considerada uma extensão do esófago para o estômago. Adjacente à região esofágica, encontra-se a região do cárdia, ocupando um terço da área luminal total e é caracterizada pela sua cor cinza claro. A região fúndica apresenta coloração vermelha acastanhada e aparência mosqueada. Por fim, a região pilórica, de coloração pálida é a última região do estômago antes do intestino delgado (Lewis & Southern, 2001).

A mucosa gástrica é revestida internamente por um epitélio que forma pequenas depressões designadas por fossetas gástricas. Na zona mais profunda das fossetas gástricas abrem-se as glândulas gástricas que se distribuem em três grupos: as glândulas cárdicas, as glândulas fúndicas e as glândulas pilóricas. Todas as células do epitélio segregam um muco alcalino de maneira a formar uma espessa camada de gel com a finalidade de proteger as células da acidez do estômago. Note-se que a parte do muco aderente à parede epitelial é extremamente eficiente na sua proteção, no entanto a sua superfície virada para o lúmen é parcialmente digerida pela pepsina e envolvida pelo conteúdo luminal. O cárdia é uma banda circular estreita presente na transição entre o esófago e o estômago. Na mucosa, as glândulas do cárdia produzem muco e lisozima (esta última destrói a parede das bactérias) podendo também ser encontradas células produtoras de H^+ e Cl^- , que irão originar o ácido clorídrico presente no lúmen.

As glândulas fúndicas, as mais numerosas, segregam a maior parte do suco gástrico e são constituídas por cinco tipos de células: células-fonte, células mucosas do colo, células parietais, células principais ou zimogénicas e células enteroendócrinas. A atividade secretora destas células é desencadeada por vários mecanismos, como o estímulo parassimpático, a histamina e a hormona gastrina. Tanto a gastrina como a histamina estimulam a produção de ácido clorídrico, tendo a gastrina também um efeito estimulante no crescimento da mucosa gástrica. As células zimogénicas segregam pepsinogénio que é rapidamente convertido na enzima proteolítica pepsina ao entrar em contacto com o ácido clorídrico presente na luz do estômago. As células enteroendócrinas lançam a sua secreção no sangue ou no espaço extracelular a fim de estimular outras células da glândula. Entre os vários produtos segregados pelas células enteroendócrinas, incluem-se a serotonina, a somatostatina e a gastrina. Por fim, a região pilórica, contém glândulas semelhantes às existentes na região do cárdia, que segregam um muco protetor (Carneiro & Junqueira, 2004).

Existe um vasto número de fatores que estimulam as glândulas a segregar o suco gástrico. Em primeira instância, na fase cefálica, ocorre a estimulação através da observação e cheiro da comida, um fenómeno mediado pelo nervo vago. Seguidamente, na fase gástrica, a secreção é mantida através de sensores químicos e distensão do estômago. Por fim, a presença de digesta no duodeno estimula a secreção por meio de mensagens nervosas e hormonais. O estômago suíno raramente fica completamente vazio entre refeições e a motilidade reduzida pode originar fermentação microbiana na parte terminal do esófago e digestão gástrica no final do piloro (McDonald et al., 2002).

O suco gástrico, composto por ácido clorídrico, pepsinas e lípase gástrica, evidencia um pH entre 2 e 3,5. Não sendo absorvidos pela parede estomacal, os produtos não degradados vão originar o quimo, sendo o mesmo encaminhado para o duodeno – primeira região do intestino delgado (Kidder & Manners, 1978).

O intestino delgado é o local terminal da digestão enzimática, absorção de nutrientes e secreção endócrina (Carneiro & Junqueira, 2004). Este órgão do tubo digestivo é composto pelo duodeno, jejuno e íleo. Num porco adulto, o intestino delgado mede entre 16 e 21 metros, correspondendo o duodeno a 4 a 5 % deste valor, o jejuno a 88 a 91 % e o íleo a 4 a 5 % (Lewis & Southern, 2001).

O duodeno é o local onde o quimo é misturado com secreções provenientes do fígado e pâncreas. A biliar é introduzida no duodeno pela papila maior a cerca de 2 a 5 centímetros do piloro do estômago. No que toca ao suco pancreático, este é lançado nesta região do intestino pela papila menor, situada a cerca de 12 a 20 centímetros após a entrada da biliar (Lewis & Southern, 2001).

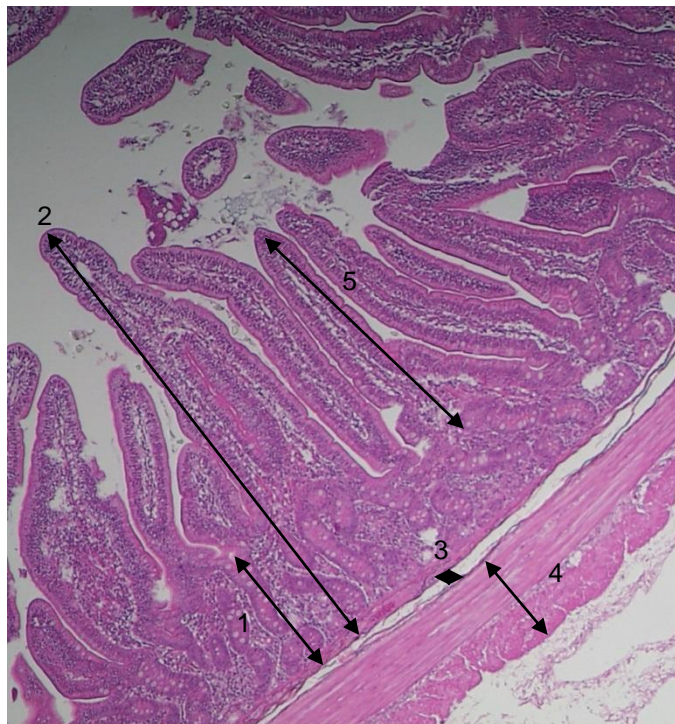
O intestino delgado tem duas funções essenciais: secreção e absorção. Nas paredes intestinais as glândulas de *Brunner* e as células caliciformes segregam um muco alcalino

que protege a mucosa intestinal da agressão do suco gástrico que entra no duodeno enquanto que a bÍlis e as secreções pancreáticas vão decompor as moléculas dos alimentos nos seus constituintes mais básicos, de forma a serem absorvidos pelas paredes intestinais, revestidas por vilosidades que aumentam a área de absorção de forma significativa (Lewis & Southern, 2001). A absorção realiza-se quer por transporte passivo a favor do gradiente de concentração, quer por transporte ativo contra o gradiente de concentração (Mace & Marshall, 2013).

Em termos histológicos, a parede do intestino delgado é composta por quatro camadas: a mucosa, submucosa, muscular e serosa, como evidenciado na figura 2. A camada mucosa é composta por três subcamadas denominadas: muscular mucosa, lâmina própria e epitélio.

A muscular mucosa apresenta dois músculos: um músculo interno que se encontra de forma circular ao longo do intestino e outro músculo externo com disposição longitudinal. A mucosa intestinal inclui vilosidades intestinais, revestidas por um epitélio constituído por células de absorção (os enterócitos), por células secretoras de muco (as células caliciformes) e por células enteroendócrinas. Os enterócitos exibem na sua superfície apical numerosas extensões citoplasmáticas da membrana celular, as microvilosidades. Na base de cada vilosidade intestinal o epitélio sofre invaginações, formando glândulas tubulares, as glândulas ou criptas de *Lieberkhün*. Estas glândulas são igualmente constituídas por enterócitos, células caliciformes e por células enteroendócrinas, apresentando ainda células indiferenciadas das quais derivam todas as outras. Ao longo de quase todo o intestino delgado, as camadas mucosa e submucosa formam pregas (as válvulas coniventes ou de *Kerckring*) dirigidas para o lúmen do órgão. Estas pregas apresentam-se mais desenvolvidas no jejuno do que nos outros segmentos do intestino delgado. A presença de pregas, vilosidades e microvilosidades aumenta significativamente a superfície de revestimento intestinal, característica de extrema importância neste órgão onde a digestão e absorção de nutrientes é realizada de forma intensa. Juntamente com as vilosidades intestinais, as microvilosidades dos enterócitos proporcionam uma amplificação significativa da superfície interna do intestino aumentando o contacto com os alimentos ingeridos (Carneiro & Junqueira, 2004).

Figura 2 - Corte histológico do intestino delgado do porco (Obj. 4×).



- Legenda**
- 1- Cripta de Lieberkühn
 - 2- Mucosa
 - 3- Submucosa
 - 4- Muscular
 - 5- Vilosidade

No que toca às vilosidades, é de salientar que o comprimento das vilosidades aumenta do duodeno até metade do jejuno, verificando-se o seu decréscimo daí em diante até à parte terminal do íleo. Os enterócitos migram das criptas para as vilosidades, sendo que durante o processo de migração sofrem maturação estrutural e funcional. Quando ocorre a migração ao longo do terço basal das vilosidades, a sua diferenciação estrutural termina e a sua função digestiva é iniciada (carbohidrase e peptidase). A função de absorção dos enterócitos começa a desenvolver-se quando estes atingem o nível médio das vilosidades e continua a aumentar até atingirem o topo das vilosidades (Lewis & Southern, 2001).

A submucosa do intestino é basicamente constituída por tecido conjuntivo laxo onde existem vasos sanguíneos e linfáticos, bem como plexos nervosos. Esta camada, nos primeiros 5 centímetros do duodeno exhibe numerosas glândulas, conhecidas por glândulas de *Brunner*. Posteriormente, o número destas glândulas decresce, podendo-se encontrar algumas até 50 centímetros depois do esfíncter pilórico. As glândulas de *Brunner*, cujos canais excretorios se abrem na zona mais profunda das glândulas de *Lieberkühn*, segregam um fluido alcalino que eleva o pH do lúmen duodenal (Lewis & Southern, 2001).

A camada muscular é semelhante à muscular mucosa, contendo dois tipos de arranjos de fibras musculares. A túnica muscular do intestino delgado é constituída por uma camada interna circular e uma camada externa longitudinal de células musculares lisas. Note-se que o peristaltismo está associado ao músculo circular (Lewis & Southern, 2001).

Por fim, a serosa, a zona mais externa da parede intestinal, é constituída por uma fina camada de tecido conjuntivo revestido por um epitélio simples pavimentoso do peritoneu visceral (Lewis & Southern, 2001).

O intestino grosso é composto pelo ceco, cólon e reto. O ceco é um saco cilíndrico fechado localizado na extremidade proximal do cólon. O cólon apresenta três partes constituintes: ascendente, transversa e descendente. O reto dilata-se para formar a *ampulla recti* antes de terminar no canal anal (Lewis & Southern, 2001).

O intestino grosso tem composição histológica semelhante à do intestino delgado, sendo constituído pelas mesmas túnicas e que na mucosa se encontra um epitélio, com enterócitos, células caliciformes, algumas células enteroendócrinas e criptas de *Lieberkühn*. Não existem, porém, no intestino grosso nem válvulas coniventes, nem as vilosidades características do intestino delgado. As células caliciformes são mais numerosas do que no intestino delgado e as criptas de *Lieberkühn* mais profundas (Carneiro & Junqueira, 2004; Lewis & Southern, 2001).

A lâmina própria apresenta abundância de células linfóides e nódulos que se prolongam até à submucosa. Por fim, esta abundância de células linfóides está intimamente relacionada com a população microbiana presente no intestino grosso (Carneiro & Junqueira, 2004).

2.2. Fisiologia da digestão nos suínos

2.2.1. Digestão dos glúcidos

Na alimentação suína, os principais glúcidos são o amido, açúcares (como di- e monossacáridos) e a fibra (polissacáridos não amiláceos). O amido é uma reserva glucídica presente nos vegetais, podendo ser composto somente por amilopectina (em casos particulares), ou por amilose e amilopectina. A utilização da fibra pelo porco ocorre por fermentação e não por digestão direta pelo fato da fibra não ser hidrolisada pelas enzimas digestivas endógenas. O amido ingerido é atacado pela α -amílase salivar presente na boca, no entanto, comparando com a ação da α -amílase pancreática, a digestão do amido pela α -amílase salivar é muito pouco significativa. Na região esofágica e no cárdia, o pH gástrico é mantido entre 2,5 e 4 pela saliva e secreções provenientes do cárdia, permitindo a continuação da atividade da α -amílase salivar e fermentação bacteriana dos hidratos de carbono (Lewis & Southern, 2001).

Na região esofágica do estômago, alguns hidratos de carbono podem sofrer uma reduzida atividade fermentativa por parte de bactérias dos géneros *Lactobacillus* e *Streptococcus*, surgindo o ácido láctico (Van der Klis & Jansman, 2002). A fermentação gástrica da lactose tem um papel muito importante na regulação do pH gástrico nos leitões. A fermentação gástrica em suínos varia com o tipo de carboidratos (Lewis & Southern, 2001).

Após a entrada do quimo no duodeno, este é envolvido pela bÍlis, suco pancreático e secreções duodenais. As referidas secreções apresentam um pH alcalino aumentando o pH

do quimo para o pH ótimo de ação das enzimas pancreáticas. O intestino delgado é o principal local onde se verifica a digestão e absorção de hidratos de carbono no suíno, sendo dividida em duas fases: a fase luminal e a fase mucosa (Lewis & Southern, 2001). Na fase luminal, verifica-se que a α -amílase pancreática é a única carbohidrase presente no lúmen intestinal. Os produtos da digestão do amido no lúmen intestinal envolvem maltose, maltotriose, dextrina, assim como porções de glucose (Kidder & Manners, 1978). Os referidos produtos da digestão, assim como alguns dissacáridos (como lactose e sucrose) são degradados posteriormente em monossacáridos.

A parede intestinal recebe dissacáridos e oligossacáridos, produtos da digestão do amido pela α -amílase salivar e pancreática (Alpers, 1978, citado por Lewis & Southern, 2001). Os enterócitos presentes na camada mucosa produzem as seguintes carbohidrases: lactase, sacarase, trealase e maltase que executam a sua ação segundo as reações apresentadas na tabela 1 (Kidder & Manners, 1978; Alpers, 1978; Herdt, 1992, citados por Lewis & Southern, 2001; Argenzio, 1981).

Tabela 1 - Carbohidrases e respetivos produtos da digestão de glúcidos (adaptado de Lewis & Southern, 2001)

Substrato	Enzima	Produto da ação enzimática
Lactose	Lactase	Glucose + Galactose
Sacarose	Sacarase	Glucose + Frutose
Trealose	Trealase	Glucose + Glucose
Maltose e maltotriose	Maltase	Glucose + Glucose

A glucose, galactose e frutose são os principais produtos da digestão glucídica, sendo absorvidos pelos enterócitos maduros presentes nas vilosidades intestinais. A absorção ocorre no duodeno e jejuno, estando completa antes do quimo atingir o íleo. A glucose e galactose entram nos enterócitos contra o gradiente de concentração através dum co-transportador de glucose dependente de sódio (SLGT 1) localizado na membrana apical e libertados no sangue por transporte facilitado de glucose (GLUT2) localizado na membrana basolateral. No que toca à frutose esta é absorvida por um transportador de frutose independente de sódio (GLUT5) presente nas microvilosidades e é libertada do enterócito para a corrente sanguínea pelo GLUT2 (Lewis & Southern, 2001).

A atividade microbiana no intestino delgado tem implicação na degradação de alguns hidratos de carbono que não foram degradados por carbohidrases, ocorrendo alguma degradação de polissacáridos não amiláceos antes da fase terminal do íleo (Low, 1989, citado por Lewis & Southern, 2001). Esta atividade microbiana está associada à produção de ácidos gordos voláteis (AGV) (Lewis & Southern, 2001).

Os hidratos de carbono que não são digeridos pelo intestino delgado passam para o intestino grosso onde irão ser digeridos e fermentados pela microflora, especialmente, no

ceco (McDonald et al., 2002). O amido resistente e a fibra são potenciais substratos para a digestão microbiana e fermentação neste local (Englyst, 1989). A população microbiana presente no intestino grosso é complexa, coexistindo bactérias anaeróbicas como *Lactobacillus*, *Streptococcus*, coliformes, bacterióides, *Clostridium* e leveduras (McDonald et al., 2002). A fibra é degradada pela atividade microbiana de espécies produtoras de celulases, hemicelulases, pectinases e outras enzimas (Varel & Yen, 1997). Note-se que o grau de fermentação depende da fonte de fibra e da presença de azoto, minerais e vitaminas que são essenciais à nutrição da população microbiana. Os principais produtos da fermentação microbiana são os ácidos gordos voláteis (AGV), no entanto, também são produzidas outras substâncias como aminas, amónia, sulfureto de hidrogénio e metano (Lewis & Southern, 2001; McDonald et al., 2002). Os principais AGV produzidos são o ácido acético, butírico e propiónico, sendo que as suas produções variam de acordo com a fonte de fibra e sua percentagem de inclusão, bem como com o rácio entre hidratos de carbono degradáveis enzimaticamente e a fibra (Low, 1989; Kirchgessner & Muller, 1991, citados por Lewis & Southern, 2001).

Os AGV são absorvidos pelo intestino e usados no metabolismo intermédio de tecidos intestinais, fígado e tecidos periféricos (Yen, 1991). É de salientar que a sua rápida absorção pela mucosa do cólon facilita a absorção de água (Argenzio, 1981).

2.2.2. Digestão dos lípidos

Os lípidos presentes nos regimes alimentares são essencialmente compostos por triglicéridos, alguns fosfolípidos, esteróis e esteróis-ésteres. Não sendo solúveis em água, os lípidos sofrem emulsificação (transformação dos glóbulos de gordura em gotículas menores através da ação de sais biliares) para sofrerem a ação de enzimas hidrossolúveis que atuam na superfície das gotículas (Lewis & Southern, 2001).

A fração lipídica presente nos alimentos é hidrolisada no trato gastrointestinal através de enzimas lipolíticas segregadas pelo estômago e pâncreas. No entanto, a atividade específica e total da lipase gástrica é muito inferior à atividade da lipase pancreática, razão pela qual a maior parte da hidrólise lipídica se realiza no intestino delgado (Gu & Li, 2003). Apesar disso, a lipase gástrica desempenha uma ação de relevo na hidrólise de triglicéridos no porco em crescimento. Os lípidos sofrem aquecimento devido à temperatura corporal e são sujeitos a mistura e agitação na parte distal do estômago, quebrando-se os glóbulos de gordura em gotículas que passam para o intestino delgado onde irão sofrer emulsificação e eventual hidrólise enzimática (Newport & Howarth, 1985, citado por Lewis & Southern, 2001; Chiang et al., 1989)

No intestino delgado, os lípidos encontram-se sobre a forma de triglicéridos e fosfolípidos (Doreau & Chilliard, 1997). A digestão dos triglicéridos no lúmen intestinal envolve a

emulsificação de gotículas provenientes do estômago e hidrólise de partículas emulsionadas pela ação conjunta da lipase pancreática e colipase, bem como a formação de micelas com os produtos finais da digestão lipídica com sais biliares e fosfolípidos. A ação da lipase pancreática sobre os triglicéridos permite a libertação de dois ácidos gordos não esterificados e de um monoglicérido (Doreau & Chilliard, 1997). Os fosfolípidos e esteróis sofrem hidrólise através da fosfolipase pancreática e colesterol-esterase, respectivamente, dando origem a ácidos gordos não esterificados, lisofosfolípidos e colesterol (Lewis & Southern, 2001).

Uma vez que os lípidos não são solúveis em meio aquoso, é necessária a sua modificação para posterior absorção (Gu & Li, 2003). Os monoglicéridos e ácidos gordos associam-se aos sais biliares e fosfolípidos formando micelas que são agregados solúveis em água (McDonald et al., 2002). Desta forma, são transportadas para os enterócitos e absorvidas (Gu & Li, 2003). Depois da absorção pelo enterócito, os monoglicéridos de cadeia longa são re-esterificados com ácidos gordos de cadeia longa formando diglicéridos e posteriormente esterificados em triglicéridos (Kidder & Manners, 1978; Herdt, 1992, citados por Lewis & Southern, 2001). Os ácidos gordos re-sintetizados são associados ao colesterol, estéres de colesterol, fosfolípidos e várias apoproteínas para formar quilomicrons que passam do intestino para a linfa. No entanto, os ácidos gordos de cadeia curta passam diretamente para o sangue sem serem esterificados (Lewis & Southern, 2001).

A absorção de gordura ocorre ao longo do comprimento do intestino delgado a 30 cm da válvula íleo-cecal, sendo que é pouco intensa imediatamente a seguir ao piloro e muito intensa no final do duodeno e nos dois terços proximais do jejuno e íleo (Lewis & Southern, 2001).

O metabolismo lipídico pode ser afetado pela microflora presente no intestino delgado (Ratcliffe, 1991, citado por Lewis & Southern, 2001). A presença de microflora reduz a digestibilidade da gordura através do aumento da biohidrogenação de ácidos gordos insaturados, diminuindo assim a quantidade de ácidos gordos insaturados e aumentando a proporção de ácido esteárico cuja absorção é mais difícil. Além disto, os primeiros ácidos biliares segregados para o intestino são desarticulados pelos *Lactobacillus* intestinais para formar ácidos biliares secundários que, por sua vez, são menos ativos na formação de micelas.

Segundo Mason (1980), citado por Lewis & Southern (2001), são excretados mais lípidos nas fezes que aqueles que passaram pelo segmento terminal do íleo em suínos alimentados com regimes alimentares à base de cereais, sugerindo a síntese ou secreção lipídica no intestino grosso.

2.2.3. Digestão dos prótidos

A digestão proteica inicia-se com a hidrólise de proteínas em oligopéptidos, tripéptidos, dipéptidos e aminoácidos até serem absorvidas pelos enterócitos (Lewis & Southern, 2001). A digestão proteica inicia-se no estômago pela ação de proteases gástricas e ácido clorídrico. As pepsinas segregadas como pepsinogénio inactivo, e a quimosina segregada como proquimosina, são as principais enzimas que degradam a proteína no estômago (Low & Zebrowska, 1989; Low, 1991, citados por Lewis & Southern, 2001). As pepsinas atacam preferencialmente as ligações peptídicas dos aminoácidos aromáticos (como a fenilalanina, triptofano e tirosina), atacando também as ligações do ácido glutâmico e cistina. Os principais produtos da digestão realizada no estômago são polipéptidos e alguns aminoácidos (McDonald et al., 2002).

No que toca à digestão dos prótidos no intestino delgado, estes são degradados em duas fases: luminal e mucosa. Na fase luminal, as proteínas são digeridas por proteases pancreáticas dando origem a aminoácidos neutros e básicos, assim como a oligopéptidos. A fase final da digestão proteica ocorre nas microvilosidades através de peptidases citoplasmáticas presentes no enterócito (Alpers, 1978, citado por Lewis & Southern, 2001; Argenzio, 1981).

Os produtos finais da digestão luminal e mucosa são transportados ao longo das microvilosidades para os enterócitos através de mecanismos de transporte especializados de acordo com o produto final. É de realçar que uma parte significativa de dipéptidos e tripéptidos é absorvida pelos enterócitos de forma intacta (Lewis & Southern, 2001).

Embora a microflora presente no intestino delgado tenha um impacto pouco significativo no metabolismo proteico, esta pode usar o azoto de componentes azotados do regime alimentar e da ureia presente no lúmen, assim como secreções enzimáticas para incorporação nas células bacterianas (Salter, 1984, citado por Lewis & Southern, 2001). No que toca à microflora existente no intestino grosso, esta é capaz de degradar a maior parte dos compostos azotados endógenos e exógenos através da desaminação e descarboxilação de aminoácidos, da hidrólise da ureia e da síntese de proteína microbiana (Low & Zebrowska, 1989; Ratcliffe, 1991, citado por Lewis & Southern, 2001). Os produtos finais da digestão proteica no intestino grosso são amónia, aminas, AGV e aminoácidos de origem microbiana. Após a absorção, os aminoácidos são degradados, construindo outros aminoácidos, sendo posteriormente incorporados na parede intestinal ou libertados no sangue venoso (Lewis & Southern, 2001).

2.2.4. Particularidades da capacidade digestiva dos leitões

Após o nascimento, o aparelho digestivo do leitão tem capacidade de funcionamento, no entanto é necessária a sua ativação e regulação. Nas primeiras 24 horas após o parto, a ingestão de colostro estimula o intenso crescimento do estômago, pâncreas e intestino delgado. Além disto, o aumento da secreção de cortisol antes do parto atua como estimulante da atividade total da lactase, sacarase, maltase e aminopeptidases intestinais (Zhang et al., 1997).

Durante a fase de aleitamento, o suco gástrico está apto para a digestão da proteína do leite devido à existência de quimosina e de pH ácido pela presença de ácido láctico de origem microbiana (Freire, 1998; Lallès, Bosi, Smidt & Strokes, 2007). Os valores de pepsina presentes no estômago aumentam a sua atividade após duas semanas de vida, estando este fator associado ao aumento da secreção de ácido clorídrico pelas células parietais (Chamone et al., 2010).

No que toca ao desenvolvimento das secreções pancreáticas e intestinais, é de salientar que a supressão do leite é encarada como um estímulo para a secreção pancreática, tal como para as dissacaridases intestinais (invertase, maltase) que estão inibidas na fase de aleitamento, verificando-se o seu aumento após o desmame (Freire, 1998).

A atividade da lipase, amilase, tripsina e quimotripsina passam por duas etapas de desenvolvimento: aumentam a sua atividade de forma constante do nascimento à terceira semana de idade, aumentando rapidamente da terceira semana até à sexta semana de idade (Corring, Aumeître & Durand, 1978).

O aumento da atividade da amilase ocorre da quinta semana até à oitava semana e deve-se à necessidade de digestão do amido presente nos regimes alimentares de pós-desmame (Wiseman, Pickard & Zarkadas, 2001). Além disto, o aumento da disponibilidade do amido através do tratamento térmico estimula a atividade das enzimas pancreáticas, mais concretamente da amilase (Freire, 1998). Por sua vez, a natureza e a quantidade de alimento ingerido têm um papel importante no estímulo da atividade digestiva do leitão, sendo que a ausência de substratos adequados pode inibir a libertação de enzimas pancreáticas (Wiseman et al., 2001).

O desenvolvimento da atividade da tripsina e quimotripsina depois do desmame depende da fonte de proteína e da ingestão de alimento após o mesmo (Makkink, Negulescu, Guinxin & Verstegen, 1994). Para assegurar a ótima utilização das fontes de proteína, aconselha-se o uso de fontes de proteína de alta digestibilidade, como o soro de leite e a farinha de peixe em detrimento de fontes de proteína com digestibilidade inferior (como o bagaço de soja) quando o desmame é realizado antes dos 35 dias de idade (Gulbrandsen, 1984). Além disto, a existência de fatores antitripsínicos presentes em algumas fontes proteicas (como sementes de proteaginosas) pode reduzir a digestibilidade destas proteínas (Freire, 1998). As proteínas complexas presentes no bagaço soja (como a glicina e β -conglucina) podem

causar reações alérgicas que podem danificar o trato intestinal, diminuindo a capacidade digestiva e absorptiva, aumentando também a suscetibilidade a enterotoxinas (Coffey, Parker, Laurent, 2013).

No que toca às fontes lipídicas, sabe-se que estas não influenciam a síntese de enzimas digestivas do pâncreas, no entanto verifica-se menor digestibilidade das gorduras saturadas (como a banha) comparativamente com óleos polinsaturados ou gorduras ricas em ácidos gordos polinsaturados (Freire et al., 1996).

Por fim, o uso de polissacáridos não amiláceos em regimes alimentares de pós desmame pode ser benéfico quer através do estímulo dos compartimentos digestivos quer pela regulação do trânsito digestivo através do aumento do volume fecal. Contudo, a presença destes polissacáridos, está associada à redução da digestibilidade aparente da MS e energia e de forma menos acentuada, do azoto (Freire, 1998; Freire et al., 2000). Segundo Aumaître (1995, citado por Pluske, Kim, McDonald, Pethick & Hampson, 2001), fontes de fibra apropriadas podem ser substratos fermentativos para a microflora presente no intestino grosso, promovendo o seu desenvolvimento fisiológico e funcional. A fermentação ácida devido à presença destes glúcidos pode diminuir a formação de amins como a cadaverina, putrescina, histamina e triptamina, reduzindo a incidência de diarreias.

2.3. A microflora intestinal nos suínos

O trato gastrointestinal dos suínos ao nascimento está desprovido de microrganismos, sendo vastamente colonizado até ao estabelecimento de uma vasta e diversa microflora. Os microrganismos são adquiridos da progenitora durante o parto, a partir do contacto com a sua pele, tetos e fezes (Conway, 1994). A microflora intestinal madura é composta por várias espécies de bactérias e fungos essenciais ao normal funcionamento digestivo e absorção dos nutrientes (Lojewska & Pieszka, 2011).

2.3.1. Composição e caracterização

A microflora intestinal dos suínos é composta por microrganismos autóctones ou transitórios. Os microrganismos autóctones têm um habitat específico no trato intestinal, ao passo que os transitórios não colonizam o trato intestinal do hospedeiro saudável e são introduzidos no organismo através da alimentação (Conway, 1994; Zabielsky, 2007, citado por Lojewska & Pieszka, 2011). A microflora presente no intestino está relacionada com o regime alimentar que influencia o pH dos conteúdos intestinais. É de salientar que a ocorrência de pH ácido contribui para o desenvolvimento da microflora benéfica, enquanto que o pH neutro ou básico influencia o crescimento de microflora patogénica (Gaskins, 2003, citado por Lojewska & Pieszka, 2011).

As bactérias colonizam o lúmen intestinal e a camada mucosa, sendo que as bactérias anaeróbicas obrigatórias existem em maior abundância no ecossistema gastrointestinal. No

entanto, a composição da flora intestinal varia de acordo com o local da colonização e de condições fisiológicas, como por exemplo, o trânsito intestinal, a presença de enzimas, de ácido clorídrico, de bÍlis, disponibilidade de nutrientes e presença de oxigénio (Lojewska & Pieszka, 2011).

O estômago e o intestino delgado contêm menor quantidade de bactérias comparando com as presentes no intestino grosso (Jensen & Jørgensen, 1994). O fato de existir pH ácido no estômago, assim como a rápida passagem do digesta, limita a população bacteriana nestes locais, sendo as bactérias produtoras de ácido láctico as predominantes nestes locais. As bactérias produtoras de ácido láctico existentes no estômago e no intestino delgado são essencialmente *Lactobacillus* e *Streptococcus*, no entanto também é possível encontrar enterobactérias como *Clostridium*, *Eubacterium* e *Bifidobacterium* (Conway, 1994).

Na parte mais distal do intestino delgado, no íleo, através de meios de cultura, verificou-se a presença *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Clostridium*, enterobactérias, *Bacillus* e *Bacteriodes* spp. O fato de existir trânsito intestinal mais lento, maior volume de digesta e pH mais elevado, resulta numa maior densidade e diversidade de bactérias (Jensen & Jørgensen, 1994; Conway, 1994).

O ceco e o cólon por terem elevada quantidade de substrato, trânsito intestinal lento, pH neutro e baixo potencial redox permitem que sejam considerados locais ideais para o desenvolvimento de microflora diversa e estável, coexistindo várias centenas de espécies de bactérias com quantidades totais superiores 10^{11} - 10^{12} CFU/ g de digesta, sendo desta forma os locais mais evidentes de fermentação bacteriana (Ewing & Cole, 1994, citado por Lojewska & Pieszka, 2011; Gómez, 2006). Um dos maiores grupos de bactérias presentes nestas regiões é formado por *Bacteriodes* sp. com capacidade de produzir algumas vitaminas, aminoácidos e compostos que inibem microrganismos patogénicos mas também agentes que promovem a proliferação de *Bifidobacteria*. Além disto, as bactérias *Eubacterium*, *Bifidobacterium*, *Ruminococcus* e *Clostridium* também são bastante importantes na fisiologia da microflora do intestino grosso (Lojewska & Pieszka, 2011). Note-se que os microrganismos dominantes no cólon são anaeróbios gram-positivos e os dominantes no ceco são gram-negativos (Leser et al., 2002). Nos conteúdos cecais é possível encontrar além de *Bacteriodes*, *Selemonas ruminantium*, assim como *Eubacterium aerofaciens*, *Fusobacterium prausnitzii*, *Lactobacillus fermentus*, *Leptotrichia buccalis* e *Peptostreptococcus productus*, embora em quantidades mais reduzidas. No cólon, identifica-se *Anaerovibrio lipolytica*, *Escherichia coli*, *Lectotrichia buccalis*, *Bacteriodes ruminicola*, *Selemonas ruminantium*, *Streptococcus* sp. e *Peptostreptococcus productus* (Robison, Whipp, Bucklin & Allison, 1984).

A microflora intestinal suína tem um papel fundamental na digestão de componentes do regime alimentar que não foram degradados pelas enzimas endógenas, especialmente, no intestino grosso, onde permanecem durante um maior período de tempo. Os hidratos de

carbono são o principal substrato para as bactérias mais concretamente, um conjunto de polissacáridos e amido resistente que não foram degradados pelas secreções endógenas. Desta forma, a digestão destes compostos depende totalmente da atividade de diferentes bactérias produtoras de enzimas sacarolíticas, celulasas, hemicelulasas, pectinases e xilanasas (Gómez, 2006). As bactérias podem produzir glicosidasas que podem remover o açúcar terminal de poli e oligossacáridos e produzir enzimas com capacidade de hidrolisar as pontes glicosídicas no meio da cadeia de polímeros. Os microrganismos capazes de produzir estas enzimas são *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* e *Clostridium* (Conway, 1994).

A microbiota presente no tubo digestivo dos suínos tem várias espécies de bactérias celulolíticas e hemicelulolíticas tais como *Fibrobacter succinogenes*, *Fibrobacter intestinalis*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Butyrivibrio* spp., e *Prevotella ruminicola* (Varel & Yen, 1997). Além disto, substratos como pectinas e β -glucanos são preferencialmente fermentados por *Lactobacillus* (Hill et al., 2005, citado por Gómez, 2006). Note-se que a quantidade de bactérias celulolíticas no intestino grosso aumenta com a ingestão prolongada de regimes alimentares ricos em fibra. Além disto, o aumento de bactérias fibrolíticas é coincidente com o aumento da atividade das enzimas celulolíticas e xilanolíticas (Varel, 1987).

É de salientar que a fermentação de hidratos de carbono no cólon suíno origina altas concentrações de AGV, ácido láctico e gases, cuja concentração varia de acordo com a secção gastrointestinal, sendo que o ácido láctico predomina no estômago e intestino delgado e os AGV no cólon e ceco. De acordo com Bach Knudsen et al. (1991), existe uma proporção de 60% de ácido acético, 25 % de ácido propiónico e 15% de ácido butírico. Os principais substratos disponíveis para fermentação no intestino grosso são polissacáridos da parede vegetal, mucosa intestinal, glicoproteínas provenientes da saliva, suco gástrico, muco, monossacáridos e dissacáridos (Varel, 1987).

Os AGV, mais concretamente, o ácido butírico, propiónico e acético são os principais produtos finais da fermentação de hidratos de carbono, sendo rapidamente absorvidos pelo lúmen intestinal (Gómez, 2006; Conway, 1994). O ácido acético invade a circulação sistémica sendo substrato do tecido muscular e o ácido propiónico é convertido em glucose no fígado. No entanto, o ácido butírico é o principal substrato energético para os colonócitos e promove a existência dum fenótipo normal neste tipo de células (Gómez, 2006). Estima-se que os AGV contribuem entre 15 a 24% para a energia de conservação de porcos em acabamento (Yen, 1991).

Os microrganismos presentes no intestino do porco podem utilizar o azoto de compostos azotados do regime alimentar, como também de secreções enzimáticas, mucina e células epiteliais mortas (Yen, 1997, citado por Lewis & Southern, 2001). No intestino grosso, algumas bactérias podem usar péptidos e aminoácidos como fonte de carbono, azoto e

energia. Desta forma, os AGV são formados a partir de aminoácidos como a valina, leucina e isoleucina (Gómez, 2006).

No que toca à utilização de lípidos por parte da população microbiana intestinal, é de salientar que a desconjugação e desidroxilação dos ácidos biliares realizada por estes microrganismos pode prejudicar a absorção lipídica e produzir produtos de degradação tóxicos, tais como ácidos biliares citotóxicos e potencialmente carcinogénicos. Microrganismos como *E. Coli*, *Bacillus cereus*, *Streptococcus faecalis*, *Bacteriodes* spp., *Eubacterium* spp. e *Clostridium* spp. têm capacidade de realizar a desidroxilação dos ácidos biliares, assim como bactérias como *Clostridium* spp., *Eubacterium lentum*, *Peptostreptococcus* spp. e *Ruminococcus* spp. têm diferentes desidrogenases para realizar a referida transformação. Além disto, a biohidrogenação de ácidos gordos insaturados realizada pela microbiota origina altas concentrações de ácido esteárico que é absorvido com maior dificuldade (Yen, 1991).

2.3.2. Importância da microflora intestinal nos suínos

A microflora presente no trato gastrointestinal dos suínos tem um papel bastante importante na sua saúde, nutrição e performance (Pieper, Janczyk, Schumann & Souffrant, 2006). Nos dias de hoje, sabe-se que a microflora intestinal interfere na digestão dos alimentos, fornece produtos essenciais como vitaminas (vitamina K, B₁₂, tiamina, riboflavina e piridoxina) e participa na regulação do metabolismo mineral. Além disto, a microflora intestinal é responsável pela manutenção da normal morfologia intestinal, pela estimulação da resposta imunitária, assim como pela proteção contra a colonização de microrganismos patogénicos (Lojewska & Pieszka, 2011).

A microflora intestinal endógena auxilia a manutenção do normal comprimento e espessura das vilosidades intestinais, assim como a profundidade das criptas (Wostman et al., 1983, citado por Lojewska & Pieszka, 2011). Além disto, é responsável pela normal morfologia da parede intestinal e do epitélio, permitindo amplificar a área de absorção que possibilite melhorar a conversão alimentar e o ganho médio diário (Lojewska & Pieszka, 2011).

O processo de fermentação levado a cabo pela microflora presente no cólon (maioritariamente por *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*) dá origem a AGV de cadeia curta (como o ácido acético, ácido propiónico e ácido butírico) que são rapidamente metabolizados pelas células da mucosa intestinal, disponibilizando-lhe mais energia e aumentando a absorção de substâncias minerais (Fooks & Gibson, 2002; Steer, Carpenter, Tuohi & Gibson, 2000).

Outra função essencial da microflora intestinal é a proteção do intestino contra o desenvolvimento de microrganismos exógenos potencialmente patogénicos ou microrganismos endógenos oportunistas, designando-se esta estratégia por colonização de resistência (Van der Waaij et al., 1989; Rolfe et al., 1996; Hooper et al., 1998, citados por

Gómez, 2006). A colonização de resistência é realizada através da criação de condições desfavoráveis aos microrganismos patogênicos, como movimentos peristálticos, secreção de muco, secreção de diversas enzimas e eletrólitos, descamação de células epiteliais, competição por recetores epiteliais e nutrientes e produção de IgA. Além disto, através da secreção de substâncias tóxicas, as bactérias endógenas dificultam o desenvolvimento de microrganismos patogênicos (Gómez, 2006). A produção de proteínas bacteriocinas que podem ser bactericidas ou metabólitos bacteriostáticos, pelas bactérias do género *Lactococcus lactis*, *Bacillus subtilis*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus* e *Escherichia*, actuam de forma prejudicial ao desenvolvimento de espécies patogênicas como *Klebsiella*, *Salmonella*, *Shigella* ou *Staphylococcus* (Lojewska & Pieszka, 2011).

Por fim, as bactérias não patogênicas estimulam o desenvolvimento da resposta imunológica adquirida e inata, ilustrando a sua natureza antigénica (Lewis & Southern, 2001).

2.4. A utilização da fibra no processo digestivo dos suínos

A fibra alimentar é definida como o conjunto de lenhina e polissacáridos não amiláceos (PNA) que não são digeridos pelas secreções endógenas do tubo digestivo (Low, 1993), estando presente na parede celular vegetal.

As paredes celulares vegetais são essencialmente constituídas por celulose, encontrando-se esta envolvida por uma matriz composta por hemiceluloses, pectinas e proteínas da parede primária a que se junta a lenhina nas paredes secundárias. É de salientar que a constituição desta matriz varia com o tipo e idade das plantas, bem como com as condições edafo-climáticas (Ferreira, Fontés & Fernandes, 1999).

Nos cereais, os PNA são compostos essencialmente por arabinoxilanas (pentosanas), β -glucanos e celulose (Choct, 1997). No trigo e no centeio, os arabinoxilanos são predominantes ao passo que na cevada os β -glucanos são os principais constituintes (Ferreira, et al., 1999).

2.4.1. Hemiceluloses

As hemiceluloses são polissacáridos existentes na parede celular das células vegetais, de estrutura complexa e heterogénea, tendo um grau de polimerização menor que o da celulose. Estas estruturas estão unidas por ligações β -glicosídicas a oses como a xilose, arabinoxilose, glicose, manose, galactose e ácido galacturónico (Brito et al., 2008). As hemiceluloses incluem xiloglucanos, xilanas, mananas, galactoglucomanas e β -glucanos (com ligações β -1,3 e β -1,4). A sua estrutura e abundância pode variar entre espécies e tipos de célula. Note-se que a principal função da hemicelulose é a estruturação da parede celular através das suas ligações com a celulose e a lenhina (Scheller & Ulvskov, 2010).

2.4.2. Celulose

A celulose caracteriza-se como sendo um homopolissacárido com alto peso molecular, com cadeia linear e de polimerização elevada das unidades D-glicose unidas por ligações β -1,4. Apresenta-se insolúvel em meio alcalino, mas solúvel em meio ácido. A relação entre a lenhina e a celulose condiciona a intensidade com que é degradada a parede celular vegetal pela microflora microbiana presente no intestino, estando também condicionada pela existência de substâncias incrustantes como a sílica e a cutina, bem como pela sua cristalinidade e especificidade das ligações químicas (Van Soest, 1994; Brett, 1996; Waldron, 1996, citados por Brito et al., 2008).

2.4.3. Pectinas

As pectinas são polímeros do ácido 1,4- β -D- galacturónico localizados principalmente na lamela média e parede primária da célula vegetal, tendo ação aglutinante entre membranas. A cadeia helicoidal de ácidos galacturónicos está ligada lateralmente com arabinoxilanas e galactomananas. Apesar de não serem hidrolisadas pela amilase, são suscetíveis à ação microbiana (Brito et al., 2008).

2.4.4. Importância da fibra no processo digestivo dos suínos

As fibras solúveis, caracterizadas pela sua capacidade de retenção de água, funcionam como esponjas que retêm água e alguns nutrientes, alterando a fisiologia digestiva. A generalidade dos polissacáridos solúveis forma soluções viscosas com a água, por vezes gelificantes, tendo efeitos prejudiciais quando usados na alimentação de monogástricos (Ferreira et al., 1999). A fibra insolúvel é composta essencialmente por hemiceluloses, celulose e lenhina (Van Soest et al., 1991). Este tipo de fibras são caracterizadas pela sua resistência física que confere forma e estrutura às plantas, sendo também resistentes à hidrólise química e enzimática.

O uso da fibra dos alimentos por monogástricos é variável de acordo com a fonte, grau de lenhificação, nível de inclusão, nível de alimentação, grau de processamento, composição físico-química do regime alimentar, assim como a adaptação à fonte de fibra e características individuais. Quando todos estes fatores são tidos em consideração, a digestibilidade da fibra bruta pode ter valores entre 0 e 97% (Rénat, 1978, citado por Ferreira et al., 1999).

O impacto do uso da fibra nas secreções digestivas é considerável. O uso de regimes alimentares com alta concentração de PNA origina maior volume de digesta devido à capacidade de retenção de água verificada pelos mesmos e estimula o aumento da secreção do suco gástrico devido à distensão do estômago (Korezyński, Budzyńska &

Zebrowska, 1997). Embora se verifique o aumento das secreções digestivas, verifica-se que a digestibilidade dos nutrientes é reduzida e para o mesmo teor de fibra, a redução será mais acentuada na presença de maior quantidade polissacáridos solúveis com enorme capacidade de retenção de água devido ao aumento da viscosidade dos conteúdos intestinais (Ferreira et al., 1999). Na presença de viscosidade, os nutrientes como lípidos, amidos e proteínas ficam menos disponíveis para a hidrólise enzimática. A viscosidade reduz a taxa de difusão de substratos e enzimas digestivas, limitando as suas interações na superfície da mucosa intestinal, comprometendo a digestão e absorção de nutrientes. De acordo com Low (1993), quanto maior é a percentagem de fibra do regime alimentar, menor será a digestibilidade aparente total.

No que toca à microflora presente no intestino, sabe-se que o tipo de fibra e a sua constituição influenciam a densidade das bactérias e sua composição (Jensen & Jorgensen, 1994; Durmic et al., 1998, citados por Högberg, Lindberg, Leser & Wallgren, 2004).

2.5. Utilização das gorduras na alimentação dos suínos

As gorduras e óleos usados na alimentação animal são produtos resultantes do processamento das carnes, de grãos e oleaginosas e alguns cereais (Pupa, 2004).

A gordura é incluída em regimes alimentares para suínos como matéria-prima de alta concentração energética, disponibilizando vitaminas lipossolúveis e ácidos gordos essenciais. Além disto, permite melhorar a palatibilidade, a conversão alimentar e o ganho médio diário, a digestibilidade de outros nutrientes, a absorção de vitaminas lipossolúveis e permite aumentar a consistência das rações através da aglomeração de partículas (Pupa, 2004).

A gordura contém 2,25 vezes mais energia que o amido. Desta forma, o seu alto valor calórico permite aumentar a densidade energética do regime alimentar (Brooke, 2010). A eficiência de utilização da energia metabolizável a partir dos lípidos é elevada, com o mínimo de incremento calórico comparando com outros nutrientes (Rossi, Pastorelli, Cannata & Corino, 2010).

Foi indicado que a adição de 1 a 5% de gordura em regimes alimentares de crescimento e acabamento de animais pode melhorar a conversão alimentar e aumentar o ganho médio diário (Park, Seo, Chang, Shin & Paik, 2009). Através da redução da velocidade do trânsito digestivo e aumento da produção de lipase pancreática é possível aumentar a digestibilidade de outros nutrientes. No que toca às performances produtivas, verifica-se que os suínos têm tendência para ingerir uma determinada quantidade de energia de acordo com o seu peso. Desta forma, quando a concentração energética do regime alimentar aumenta, estes animais tendem a ingerir menos alimento. Devido à redução da ingestão de

alimento e ao aumento do ganho médio diário, é possível ter valores mais reduzidos de IC (Cho & Kim, 2012).

2.5.1. Utilização digestiva das gorduras

As gorduras de origem animal são obtidas através de tecidos de mamíferos, aves ou animais marinhos através da sua extração (Pupa, 2004). As gorduras provenientes de animais marinhos, como o óleo de peixe, têm ácidos gordos polinsaturados com cadeia superior a C20, no entanto, a banha de porco ou sebo de bovino contêm ácidos gordos saturados com comprimento compreendido entre C16 e C18 (Stefan, 1999).

Os óleos, também designados por gorduras de origem vegetal, são obtidos através da remoção do óleo das sementes (Pupa, 2004).

Alguns óleos de origem vegetal tais como o azeite, o óleo de soja e o óleo de girassol são compostos maioritariamente por ácidos gordos insaturados com comprimento de C18, no entanto, o óleo de plantas tropicais, tal como o óleo de palma e o óleo de coco têm na sua constituição ácidos gordos saturados com comprimento compreendido entre C12 e C14 (Stefan, 1999).

No período de pós-desmame verifica-se que a digestibilidade dos óleos é mais elevada do que as gorduras de origem animal (Lauridsen, Christensen, Halekoh & Jensen, 2007).

De acordo com Cera, Mahn e Reinhart (1989), no período pós-desmame, a digestibilidade dos ácidos gordos saturados de cadeia curta ou ácidos gordos insaturados de cadeia longa é mais eficiente que a dos ácidos gordos saturados de cadeia longa, estando associada ao aumento da produção de lípase pancreática durante o período de pós-desmame. Sabe-se que a atividade específica da lípase aumenta 83% após o aumento da gordura do regime de 5 para 25% (Stefan, 1999). O aumento do nível de gordura no regime alimentar está relacionado com o aumento da secreção da lípase, mas também com o grau de saturação e o tamanho da cadeia (Corring et al., 1989, citado por Stefan, 1999). Desta forma, sabe-se que a inclusão de ácidos gordos polinsaturados aumenta mais a atividade específica da lípase do que a inclusão de ácidos gordos saturados.

No que toca à regulação hormonal, conhece-se o efeito estimulante dos ácidos gordos na secreção pancreática, nomeadamente devido às hormonas secretina e colecistoquinina (CCK), hormonas que estimulam as secreções exócrinas do pâncreas. Os triglicéridos de cadeia média com comprimento da cadeia inferior a C12 têm maior ação estimulante na libertação da hormona CCK que triglicéridos de cadeia longa (Stefan, 1999).

2.5.2. Efeito da gordura na utilização digestiva de outros constituintes do regime

Em regimes alimentares para animais, sabe-se que se verifica uma interação entre a fonte de fibra e a fonte de gordura do regime alimentar.

Geralmente, o aumento da percentagem de fibra no regime alimentar dos suínos está associado à diminuição da energia disponível, assim, as matérias-primas ricas em fibra são combinadas com matérias-primas de alta concentração energética como gorduras de origem animal e óleos para manter a energia disponível (Noblet & Goff, 2001).

De acordo com Kil, Sauber, Jones e Stein, (2010) o aumento da percentagem de NDF do regime alimentar está relacionado com a diminuição da digestibilidade aparente da gordura. Note-se que a redução da digestibilidade da gordura está relacionada com as características da fibra incluída no regime como, por exemplo, a viscosidade. Sabe-se que a diminuição da digestibilidade está relacionada com a viscosidade do digesta, podendo reduzir o tempo de difusão dos substratos, enzimas digestivas e seus produtos (Williams, Geraert, Uzu & Annison, 1997).

2.5.3. Efeito da gordura na morfologia da mucosa intestinal

Segundo Li et al. (1990), a inclusão de gorduras vegetais como óleo de soja ou óleo de coco, têm influência nas vilosidades dos suínos, tendo-se verificado vilosidades mais curtas e finas. A redução do peso das vilosidades pode diminuir a área de absorção luminal, podendo resultar no desenvolvimento inadequado das enzimas digestivas ou transporte de nutrientes para a superfície da vilosidade.

2.5.4. Efeito da gordura na microflora intestinal

Em suínos com regimes alimentares com alta concentração de gordura, verificou-se a diminuição de bactérias *Bacteroidetes* e aumento das bactérias *Firmicutes*, bactérias que produzem ácidos gordos de cadeia curta e que executam a digestão de componentes do regime alimentar, disponibilizando energia extra ao seu hospedeiro. Além disto, verifica-se a presença de maior quantidade de *Bacteroidetes* no cólon e maior quantidade de *Firmicutes* na parte terminal do íleo (Pedersen, Andersen, Hermann-Bank, Stagted & Boye, 2013). Através do aumento da quantidade de *Bacteroides* no cólon, é possível prever a produção de AGV. Estes microrganismos têm como produto de fermentação o succinato, mas também produzem ácido acético, prevendo-se o aumento da concentração deste AGV no cólon (Robinson et al., 1984).

2.6. Produção e transformação do tomate em Portugal

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma das culturas vegetais mais cultivadas em países mediterrânicos, sendo que o RT é criado durante o processamento do mesmo (Del Valle, Cámara & Torija, 2006).

No que toca à produção de tomate, sabe-se que Portugal é o sexto maior produtor de tomate para indústria em termos internacionais (Gabinete de Planeamento e Políticas-

Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território [GPP-MAMAOT], 2013), cuja produção no ano 2012 foi de 1 298 902 toneladas (Instituto Nacional de Estatística [INE], 2012). Sabendo que o RT corresponde a 4% do peso do tomate fresco, sabe-se que foram produzidas mais de 50000 toneladas de RT nesse ano. Na tabela 2, apresenta-se a produção de RT em toneladas nos anos 2010, 2011 e 2012.

À escala europeia, os maiores produtores de tomate são a Itália, Espanha, Portugal, Grécia, França e Polónia (GPP-MAMAOT, 2013). Relativamente à produção internacional de tomate, segundo o World Processing Tomato Council (2013), os atuais maiores produtores mundiais de tomate são Portugal, Espanha, Turquia, Itália, Irão, Brasil, Estados Unidos e China.

Tabela 2 - Produção de repiso de tomate nos anos 2010, 2011 e 2012, em Portugal (adaptado de INE, 2012).

Subproduto	Produção		
	2010	2011	2012
	Toneladas		
Repiso de tomate	56243,36	46033,08	51956,08

Em Portugal, em termos regionais, sabe-se que a produção de suínos tem maior presença no Ribatejo e Oeste (44% do efetivo), sendo nesta região onde se encontram as maiores suiniculturas. Além disto, no Alentejo existe 19% do efetivo e na Beira Litoral 22% do mesmo (Gabinete de Planeamento e Políticas-Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas [GPP-MADRP], 2007). Importa referir que a maioria das unidades de transformação de tomate está sediada na zona do Ribatejo e Alentejo, coincidindo com as maiores incidências do efetivo suíno. Desta forma, existe potencial de valorização desde subproduto para incorporação em regimes alimentares de suínos, sendo possível diminuir os efeitos causados pelo custo de transporte.

No que toca às indústrias de transformação de tomate, de acordo com o GPP-MAMAOT (2013), sabe-se que Portugal ocupou o quarto lugar no ranking da exportação mundial de tomate transformado em 2012, ultrapassando claramente a Espanha e Turquia. Além disto, Portugal é o único país no mundo que exporta praticamente a totalidade da sua produção de tomate transformado (correspondendo a 93%), exportando para países da União Europeia (Reino Unido, Alemanha, Países Baixos e Espanha) e Japão.

Visto que as campanhas de apanha de tomate apenas decorrem durante 2 ou 3 meses (em julho, agosto e setembro), as fábricas de concentrado de tomate necessitam de escoar grandes quantidades de RT. Estes subprodutos podem representar um problema de contaminação ambiental para a indústria, podendo elevar os custos de produção (Roca, 2009). Atualmente, embora possam existir algumas exceções, a grande maioria do RT é

encaminhado para alimentação animal (principalmente de ruminantes) reduzindo-se assim os riscos de contaminação ambiental das fábricas de transformação de tomate e diminuindo os desperdícios alimentares (Duarte et al., 2007).

2.7. O repiso de tomate

Na unidade de transformação do tomate, inicialmente realiza-se o descarregamento e transporte hidráulico do tomate para as linhas de produção, sendo posteriormente lavado e devidamente escolhido. Após a seleção do tomate, este é lavado e triturado sendo depois submetido a tratamento térmico em permutadores de calor tubulares. De seguida, é sujeito a refinação onde passa através de um conjunto de crivos que executam a separação da componente sólida, denominada por repiso (Roca, 2009). Desta forma, entende-se por RT, o subproduto da produção de concentrado de tomate, composto por películas e sementes, corresponde a cerca de 4% do peso do tomate (Del Valle et al., 2006). O RT deteriora-se facilmente quando exposto ao ar, emitindo odores desagradáveis. Além disto, pode originar a proliferação de mosquitos e pragas no local onde se encontra.

A sua utilização na alimentação animal pode ser executada com o RT húmido ou pode ser conservado (ensilado ou seco). Devido aos seus componentes, a secagem artificial pode ser dispendiosa, sendo preferível a sua secagem ao sol. Após a secagem, o repiso de tomate pode ser moído e incorporado em regimes alimentares (Caluya, Sair, Recta & Balneg, 2003).

2.7.1. Composição

O RT tem cerca de 44% de sementes e 56% de polpa e pele (Soji & Bawa, 1998). Sabe-se que o RT é considerado uma boa fonte de proteína, vitaminas e minerais, mas o seu conteúdo energético é limitado devido ao seu alto conteúdo em fibra. Além disto, contém quantidades consideráveis de β -carotenos e licopeno (Mansoori, Modirsanei & Kiaei, 2008). Devido à presença de taninos na sua composição, o uso de RT pode ser limitado em monogástricos (Kavitha, Ramana, Rama & Reddy, 2005).

A composição química média do RT é apresentada na tabela 3 com teor de NDF próximo de 60% e teores de PB e GB de 19% e 6%, respetivamente. É de salientar que a composição do RT varia consoante as práticas agrícolas e o processamento, bem como com o grau de secagem, mistura e separação da celulose (Roca, 2009). Assim, a PB pode variar entre 15% e 25% e a GB entre 5 e 20% (Del Valle et al., 2006).

Tabela 3 - Composição química do repiso de tomate.

Repiso de tomate	MS (%)	Cinza (%)	PB (%)	GB (%) ¹	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	Pectinas ^{1,2}
	86,82	4,62	19,29	5,85	56,99	45,21	27,91	7,55

¹ Del Valle et al., 2006

² Expresso em ácido galacturónico

No caso da gordura, sabe-se que a variação da GB pode estar relacionada com a variação da quantidade de sementes (Peiretti, Gai, Rotolo & Gasco, 2012). Quanto aos glúcidos solúveis totais estes representam 267,3 g/ kg no RT analisado por Del Valle et al. (2006), verificando-se a presença de frutose (25,73 g/kg), glucose (20,38 g/kg) e sucrose.

2.7.2. Utilização do repiso de tomate na alimentação animal

Nos dias de hoje, sabe-se que a utilização do RT húmido é amplamente utilizada na alimentação de ruminantes, nomeadamente em vacas leiteiras.

De acordo com Weiss, Frobose e Koch (1997), o RT ensilado com milho com mais de 12 % de MS tem boas características de conservação. As vacas leiteiras alimentadas com este tipo de silagem têm a mesma ingestão de MS (3,74 % do peso vivo), produção leiteira (35 kg/ dia) e composição do leite que vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho.

Relativamente aos ovinos, sabe-se que a ingestão de RT ensilado com 10% ou 15% de palha tem boa conservação. Quando o RT ensilado é distribuído como única fonte de forragem a carneiros Awassi de 43 kg ou a ovelhas Segureña de 47 kg em manutenção, a ingestão de MS foi de 0,95 kg/dia e de 1,7 kg/dia, respectivamente (Denek & Can, 2006; Barroso et al., 2008). Além disto, o RT ensilado com 20% MS pode ser incluído em regimes alimentares de borregos castrados com inclusão superior a 45% na MS e substituir a silagem de milho sem alterar a ingestão de MS (91,7g/kg^{0,75}) (Campos et al., 2007).

No entanto, a utilização de RT, quer seja seco quer seja húmido, é muito incipiente em monogástricos. Em monogástricos, conhecem-se investigações realizadas em coelhos, *broilers* e galinhas poedeiras, existindo muito pouca informação acerca do uso deste subproduto na alimentação de suínos.

O RT seco pode ser uma matéria-prima com potencial de valorização com a inclusão em regimes alimentares para coelhos. O RT é um produto simultaneamente rico em proteína digestível (71-74% de digestibilidade) e rico em fibra, especialmente em lenhina, sendo a lenhina um componente essencial para o controlo de doenças do foro digestivo dos coelhos (Gippert et al, 1988; Battaglini et al. 1978; Gidenne et al, 2010, citados por Heuzé, Tran, Bastianelli, Hassoun & Lebas ,2012). De acordo com Peiretti et al. (2012), o ganho médio diário (GMD), o consumo de alimento e o índice de conversão (IC) não diferem significativamente entre coelhos em crescimento com regimes alimentares com 0, 3 e 6% de RT. No entanto, verificaram-se pesos finais superiores em coelhos alimentados com regimes

com 3% de RT relativamente ao controlo. Segundo Sawal et al. (1996), citado por Peiretti et al. (2012), com valores crescentes de incorporação de 0,10 e 20% de RT, aumenta a ingestão de alimento e o IC, assim, através de uma análise de regressão, concluíram que o valor ótimo para incorporação de RT em coelhos foi de 13,2 %. No que toca à digestibilidade fecal aparente, verificou-se que coelhos que ingeriram regimes com 0 e 3% apresentaram digestibilidade fecal aparente mais elevada que coelhos que ingeriram regimes com 6% de repiso de tomate. Os lípidos do RT são ricos em C18:2 (correspondendo a 56,9 % dos ácidos gordos e pobres em C18:3 (cerca 2,4 % dos ácidos gordos). Desta forma, a gordura de coelhos que ingerem regimes alimentares com RT contém maior quantidade de C18:2 n-6 (ácido linoleico) e menor proporção de C18:3 n-3 (ácido linolénico), comparando com coelhos alimentados com regimes alimentares à base de luzerna (Alicata, Bonanno, Giaccone, Leto & Battaglia, 1988).

De acordo com Sethi (2012) citado por FAO (2013), a incorporação de 5% de RT seco em regimes alimentares isoazotados e isoenergéticos, durante a fase de iniciação dos frangos, faz com que o aumento de peso diminua significativamente, enquanto que durante a fase de acabamento, os frangos toleram valores superiores a 10% de RT.

Segundo Lira et al. (2012), por vezes observa-se ingestão de alimento mais reduzida em animais mais jovens, devido à elevada componente fibrosa do RT, uma vez que animais com mais idade conseguem ingerir regimes alimentares com maior inclusão de fibra. No entanto, por vezes as performances de crescimento e IC podem ser deprimidas mesmo com níveis de inclusão reduzidos (3% em regimes alimentares *starter* e 9% em regimes de acabamento) (Tabeidian et al, 2011). Com idades superiores a 4 semanas, sabe-se que é possível a incorporação de RT superior a 20%, no entanto, o crescimento pode ser reduzido e o IC aumentado (Heuzé et al., 2012).

Mansoori et al. (2008) estudou o efeito da inclusão RT como substituto da sêmea de trigo em regimes alimentares à base de milho ou trigo, na performance e na qualidade dos ovos produzidos (ganho de peso, produção de ovos, peso do ovo e cor da gema) tendo usado inclusões de 5 e 10% de RT nos regimes alimentares. Pelo fato do repiso de tomate ser rico em luteína, β -carotenos e licopeno, verificou-se o aumento da coloração da gema, sendo que cerca de 5,8% do licopeno ingerido foi transferido para a gema do ovo. Além disto, constatou-se que a inclusão de 12% de RT em regimes alimentares de galinhas poedeiras não afetou a produção de ovos, o consumo de alimento, IC, peso do ovo e resistência da casca (Dotas et al., 1999; Jafari et al. 2006, citados por Mansoori et al., 2008). Desta forma, em galinhas poedeiras, sabe-se que o RT pode ser uma importante fonte de pigmentos naturais como β -caroteno e licopeno, com impactos interessantes na coloração da gema.

Segundo Calistar e Uygur (2010), Salajegheh et al. (2012), Jafari, Pirmohammadi & Bampidis (2006), citados por FAO (2013), a inclusão de RT em regimes alimentares de galinhas poedeiras pode variar entre 10 e 20% sem prejudicar a produção de ovos, peso

vivo e qualidade do ovos, enquanto que incorporações de RT superiores a 20% podem diminuir a produção de ovos.

De acordo com Caluya, Sair e Balneg (2000), o RT húmido pode ser incluído no regime alimentar de suínos em crescimento entre 6 e 35% sem penalizar as suas performances zootécnicas, permitindo assim reduzir o custo de alimentação.

III. Material e métodos

O ensaio experimental teve por objetivo a avaliação do efeito do repiso de tomate na alimentação de leitões após o desmame. Para tal utilizaram-se dois tipos de fibra (sêmea de trigo ou RT) e duas fontes de gordura (óleo de soja ou banha) nos regimes alimentares, de forma a avaliar o seu efeito na digestibilidade, atividade fermentativa e morfologia da mucosa intestinal dos leitões.

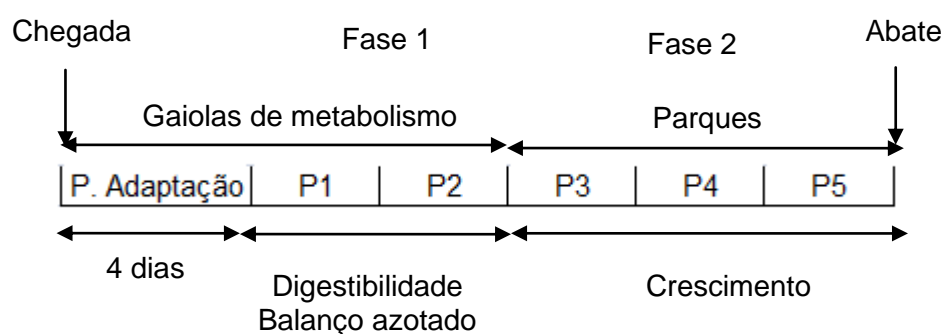
O ensaio englobou duas componentes: uma componente experimental, executada no pavilhão anexo ao Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas (DCEB) no Instituto Superior de Agronomia (ISA) e uma componente analítica realizada no Laboratório Professor Pais de Azevedo, do ISA e no laboratório de Histologia na Faculdade de Medicina Veterinária.

3.1. Animais

Na realização deste ensaio experimental, foram utilizados 40 leitões machos, provenientes do cruzamento das raças *Large White* e *Landrace*, vulgarmente designados por F₁. O ensaio decorreu em duas repetições, cada uma com a duração de cinco semanas, utilizando-se 20 leitões em cada repetição.

Tal como presente na figura 3, o ensaio foi composto por duas fases, na primeira, abrangendo as duas primeiras semanas do ensaio, os leitões permaneceram em gaiolas de metabolismo; na segunda, os leitões foram colocados em parques, com um leitão por parque, durante três semanas.

Figura 3 - Organização do ensaio experimental.



Os animais iniciaram o ensaio com cerca de seis semanas de idade com um peso vivo médio de 12,79 (\pm 0,99) kg. Os animais de cada repetição foram distribuídos de forma homogênea em função do seu peso por quatro grupos, à razão de cinco leitões por grupo. Cada lote de animais, foi alimentado de forma racionada nas duas primeiras semanas de ensaio (enquanto estavam nas gaiolas de metabolismo) e *ad libitum* nas últimas três semanas de ensaio (encontrando-se nos parques). Cada grupo de animais recebeu um dos quatro regimes experimentais, cuja composição é apresentada nas tabelas 4 e 5. A composição das matérias-primas utilizadas no fabrico dos regimes consta da tabela 6.

Tabela 4 - Composição dos regimes experimentais (g/kg).

Composição (g/kg)	Sênea de Trigo		Repiso de Tomate	
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha
Trigo	550	550	570	570
Sênea de trigo	70	70	0	0
Repiso de tomate	0	0	50	50
Bagaço de soja 48	250	250	250	250
Soro de leite	50	50	50	50
Óleo de soja	50	0	50	0
Banha	0	50	0	50
L- Lisina	5	5	5	5
DL- Metionina	1	1	1	1
L- Treonina	1	1	1	1
Carbonato de cálcio	7	7	7	7
Fosfato bicálcico	9	9	9	9
Cloreto de sódio	2	2	2	2
CMV ¹	5	5	5	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.

Tabela 5 - Composição química, pH e poder tampão dos regimes experimentais

Composição química	Sêmea de Trigo		Repiso de Tomate	
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha
MS (%)	88,44	89,13	89,59	89,90
Cinza (%)	5,24	7,71	6,39	8,65
Proteína Bruta (%)	20,70	19,32	21,16	20,33
Gordura Bruta (%)	6,39	6,43	6,28	7,01
NDF (%)	12,87	13,84	12,51	12,96
ADF (%)	3,51	3,73	4,94	4,62
ADL (%)	1,11	2,09	1,96	2,85
Hemicelulose (%) ¹	9,36	10,11	7,57	8,34
Celulose (%) ²	2,41	1,64	2,98	1,77
Energia (Kcal/ kg)	3937	3961	4022	4055
pH	5,67	6,24	6,01	5,95
Poder tampão (meq/kg) ³	552	620	542	619

¹ Hemicelulose = NDF-ADF² Celulose= ADF-ADL³ Gabert et al. (1995)**Tabela 6** - Composição química e pH das matérias-primas usadas na formulação dos regimes alimentares.

Composição química	Trigo	Sêmea de trigo	Repiso de tomate	Bagaço de soja	Soro de leite
MS (%)	88,80	85,58	86,82	86,76	96,62
PB (%)	12,67	15,50	19,29	45,95	3,28
NDF (%)	19,68	36,90	56,99	9,08	-
ADF (%)	2,98	10,62	45,21	4,44	-
ADL (%)	1,00	3,40	27,91	0,70	-
Hemicelulose (%) ¹	16,70	26,28	11,78	4,64	-
Celulose (%) ²	1,98	7,22	17,30	3,74	-
pH	-	6,85	4,80	-	-

¹ Hemicelulose = NDF-ADF² Celulose= ADF-ADL

3.2. Regimes experimentais

Os regimes experimentais foram fabricados na fábrica de rações anexa à Secção de Produção Animal, pertencente ao DCEB no ISA. A formulação base dos quatro regimes experimentais baseou-se nas recomendações do NRC (1998) para leitões com pesos compreendidos entre 5-20 kg de peso vivo. Os regimes foram formulados de forma a serem equilibrados em azoto e energia. No fabrico dos regimes associaram-se alternadamente duas fontes de fibra (sêmea de trigo ou repiso de tomate) e de gordura (óleo de soja ou

banha), de acordo com um esquema fatorial de 2x2. Assim, no regime 1 (R1), foi introduzido 7% de sêmea de trigo e 5% de óleo de soja; no regime 2 (R2), foi incluído 5% de repiso de tomate e 5% de óleo de soja; no regime 3 (R3) foi introduzido 7% de sêmea de trigo e 5% de banha e por fim, no regime 4 (R4), foi incluído 5% de repiso de tomate e 5% de banha.

Previamente ao fabrico dos regimes procedeu-se à secagem do repiso de tomate em estufa Memmert a 40°C, durante dois dias. Posto isto, procedeu-se à moenda das matérias-primas num moinho de martelos móveis com crivo de 3 mm. Seguidamente, pesaram-se todas as matérias-primas, sendo estas incluídas numa misturadora horizontal com fita em espiral onde ocorreu a mistura de todos os ingredientes durante 7 minutos. Note-se que antes da introdução da banha na misturadora, esta teve que ser previamente derretida para melhorar a dispersão da mesma na misturadora e evitar a formação de grânulos.

3.3. Protocolo experimental

Após 4 dias de adaptação dos leitões aos regimes experimentais, iniciou-se o período experimental. A recolha dos refugos, fezes e urinas, foi executada de forma padronizada, sendo sempre realizada pela manhã, executada de forma individual, com posterior conservação em arca frigorífica a -20 °C. No caso das fezes, antes da realização das suas determinações analíticas, foi necessário proceder ao seu descongelamento e secagem em estufa Memmert a 105 °C durante dois dias. No que toca aos refugos alimentares e urinas, após o seu descongelamento, procedeu-se às respetivas determinações analíticas.

A recolha de refugos para determinação do seu teor de matéria seca, foi realizada durante as duas primeiras semanas experimentais, pela manhã, sendo o conteúdo refugado de cada leitão e de cada semana, armazenado em separado. Quanto à recolha de fezes e urinas, estas foram recolhidas durante cinco dias consecutivos, na segunda semana experimental. Os conteúdos foram recolhidos de forma individual e colocados nos recipientes para urina e fezes com a identificação de cada leitão. Antes da recolha de urina, foram colocados 20 ml de H₂SO₄ a 10% em cada recipiente para que não ocorressem perdas de azoto por volatilização.

Os leitões foram controlados ao longo de cinco semanas consecutivas, tendo permanecido durante as duas primeiras semanas do ensaio em gaiolas de metabolismo e as três últimas em parques individuais. As pesagens dos animais foram realizadas semanalmente, no início de cada semana. A consistência das fezes, esta foi avaliada diariamente numa escala de 0-3, conforme Marquardt (1999), com referido na tabela 7.

Tabela 7 - Índice de consistência das fezes e estado correspondente.

Índice de consistência fecal	Estado das fezes
0	Normais
1	Moles
2	Diarreia moderada
3	Diarreia severa

No final do período experimental os leitões foram abatidos. Antes do abate ocorreu uma última pesagem dos leitões, sendo de seguida insensibilizados por eletronarose com 1,3 amperes e 260 volts. Posteriormente procedeu-se à sangria e remoção dos órgãos do aparelho digestivo. Para o controlo do desenvolvimento do trato gastrointestinal, realizou-se a pesagem do estômago, intestino delgado e intestino grosso cheios e vazios, medida do comprimento do intestino delgado e intestino grosso e peso do baço, pâncreas, fígado e vesícula biliar. Além disto, foram recolhidas amostras de conteúdos do estômago, íleo, ceco e cólon para determinação do pH e MS, bem como dos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon para determinação da atividade enzimática microbiana. Além disto, para se realizar a observação histológica da altura das vilosidades intestinais e da profundidade das criptas, recolheram-se amostras do duodeno (a cerca de 10 cm do piloro), do jejuno (a cerca de 5,5 m do piloro) e do íleo (a cerca de 60 cm da válvula ileocecal), sendo as amostras colocadas em placas de cortiça e imersas em formol tamponado.

3.4. Preparação das amostras de refugos, regimes alimentares, fezes e urina

As amostras de refugos foram recolhidas diariamente, de forma individual, sendo colocadas num saco com os refugos de toda a semana e conservados a -20 °C. Após o final da semana de recolha de refugos, os mesmos foram descongelados e pesados em fresco. Posteriormente, foram colocados em tabuleiros metálicos devidamente identificados para ingressarem na estufa Memmert, onde permaneceram à temperatura de 105 °C durante 48 horas. No fim das 48 horas, os refugos foram retirados e deixados a arrefecer. Posteriormente, foi apontado o seu peso seco, sendo calculada a matéria seca refugada.

No que toca às fezes, estas foram descongeladas e homogeneizadas, sendo de seguida pesadas em fresco e colocadas em tabuleiros de alumínio para sofrerem procedimento de secagem idêntico ao dos refugos. Após as 48 horas, deixou-se as fezes arrefecerem antes de se apontar o peso seco. De seguida, as fezes foram moídas num moinho Retch com um crivo de 1 mm de diâmetro e armazenadas em frascos individuais para serem devidamente analisadas com o objetivo de determinar a digestibilidade fecal aparente.

A recolha de urinas foi executada de forma individual e diária (durante 5 dias consecutivos na segunda semana da primeira fase do ensaio), sendo o conteúdo de todo o período de

recolhas do leitão armazenado no respetivo recipiente e conservado a -20 °C. Para que não ocorressem perdas de azoto por volatilização, colocou-se 20 ml de H₂SO₄ a 10% no recipiente de recolha de urina de cada leitão. Aquando da determinação do azoto Kjeldhal presente nas urinas, procedeu-se à sua descongelação e homogeneização para análise. Por fim, os regimes alimentares foram moídos com o moinho Retch com o crivo de um milímetro de diâmetro e colocados em frascos individuais estando prontos para a realização de todas as determinações analíticas propostas.

3.5. Determinações analíticas

As determinações analíticas efetuadas no âmbito deste trabalho de investigação foram realizadas no laboratório Professor Pais de Azedo agregado ao DCEB no ISA e no Departamento de Histologia da Faculdade de Medicina Veterinária de Lisboa.

3.5.1. Determinações analíticas nos regimes alimentares, fezes, urinas e refugos

3.5.1.1. Poder tampão e pH

O poder tampão dos regimes alimentares foi calculado de acordo com a metodologia proposta por Gabert et al. (1995). São pesadas 5 g de cada regime e misturadas com 50 ml de HCl 0,1 N e titulados com NaOH 0,1 N até pH 3. O poder tampão é calculado de acordo com a equação:

$$P.T. \text{ (meq /kg)} = \frac{((50-X) \times 0,1)}{\text{Peso da amostra}} \times 1000$$

Onde

X= ml de solução de NaOH 0,1 N gasto na titulação.

O pH dos regimes foi medido numa solução aquosa contendo 5 g do regime alimentar e 50 ml de água destilada após 4 horas de homogeneização.

3.5.1.2. Matéria seca

A determinação da MS dos regimes alimentares e fezes tem por objetivo o cálculo da digestibilidade da matéria seca.

Foram pesados aproximadamente dois gramas de amostras para cápsulas de cerâmica corretamente identificadas e colocadas a secar na estufa com temperaturas de 103 e 105 ° C, de um dia para o outro. Após a secagem, colocaram-se as cápsulas de cerâmica com a amostra no exsiccador e realizou-se a sua pesagem depois de frias. O cálculo da MS é expresso em percentagem na massa de amostra, com a seguinte fórmula:

$$MS (\%) = \left[\frac{P_2}{P_1} \right] \times 100$$

P₁= Peso da amostra antes da secagem

P₂= Peso da amostra após a secagem

3.5.1.3. Cinza

Realização da incineração da amostra presente na cápsula após a determinação da matéria seca, à temperatura de a 550 ° C na mufla. Depois da pesagem da amostra após a sua secagem na estufa, a mesma segue para a mufla onde se realiza a volatilização de toda a matéria orgânica e água, restando somente o resíduo calcinado, composto essencialmente por sais metálicos (Mourato & Louro, 2011). O cálculo da cinza é expresso em percentagem na massa de amostra, usando a fórmula:

$$\text{Cinza (\%)} = \left[\frac{P_2}{P_1} \right] \times 100$$

P₁= Peso da amostra antes da incineração

P₂= Peso da amostra após a incineração

3.5.1.4. Fibra

A determinação da fibra (NDF, ADF e ADL) é realizada através dos métodos Van Soest *et al.* (1991) através do sistema Fibertec da Tecator.

3.5.1.4.1. Fibra neutro detergente (NDF)

O NDF é composto essencialmente por celulose, hemicelulose e lenhina, sendo a sua extração realizada com o auxílio de detergente neutro, recuperando-se 100% da celulose, hemicelulose e lenhina presentes na amostra (Van Soest *et al.* (1991); Mourato & Louro,

2011). Para se realizar a determinação foi colocado um 1 g de amostra em cadinhos para se realizar o procedimento analítico. É possível determinar a percentagem e NDF, usando a seguinte fórmula:

$$\text{NDF (\%)} = \left[\frac{P_2}{P_1} \right] \times 100$$

P₁= Peso da amostra

P₂= Peso do resíduo de NDF

3.5.1.4.2. Fibra ácida detergente (ADF)

O ADF é composto essencialmente por celulose e lenhina, sendo possível extrair 100% da celulose e lenhina através de detergente ácido utilizado (Mourato & Louro, 2011). A percentagem de ADF presente na amostra calcula-se segundo a fórmula:

$$\text{ADF (\%)} = \left[\frac{P_2}{P_1} \right] \times 100$$

P₁= Peso da amostra

P₂= Peso do resíduo de ADF

3.5.1.4.3. Lenhina ácida detergente (ADL)

Esta determinação analítica foi executada após a determinação do ADF, sendo usado ácido sulfúrico a 72% para remover hidratos de carbono estruturais ainda presentes na amostra, permanecendo somente a lenhina. O ADL existente na amostra pode ser calculado pela fórmula:

$$\text{ADL (\%)} = \left[\frac{P_2}{P_1} \right] \times 100$$

P₁= Peso da amostra

P₂= Peso do resíduo de ADL

3.5.1.5. Proteína

Para a determinação da proteína bruta, em primeira instância foi necessário determinar o azoto total através do método Kjeldahl. Foi pesado 1 g de amostra e colocado em cada tubo de digestão, sendo inicialmente realizada a digestão das amostras com ácido sulfúrico concentrado à temperatura de 400 °C, com a ajuda do catalisador Kjeltabs da marca Foss (com 3,5 g de K₂SO₄ e 0,4 C₁₀SO₄ x 5 H₂O). Foi usada a unidade de digestão 2020 Digester Foss Tecator e a unidade de destilação Pro Nitro S da Selecta, seguindo-se a titulação manual com ácido clorídrico com título conhecido. Segundo a fórmula indicada abaixo, foi possível determinar a percentagem de azoto contido na amostra:

$$\text{Azoto (\%)} = \left[\frac{(V_1 - V_2) \times N \times 14,007 \times 10^{-3}}{m} \right] \times 100$$

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 usado

m= Peso da amostra (g)

A proteína bruta foi determinada através da multiplicação do valor de azoto (%) por 6,25, partindo-se do pressuposto que toda a proteína tem 16% de azoto. Esta determinação analítica para além dos regimes alimentares e fezes, foi também realizada na urina para se realizar o cálculo do balanço azotado.

3.5.1.6. Gordura

A gordura presente na amostra foi determinada através do extrator de Soxhlet. Pesou-se 1 g de amostra e colocou-se em cartuchos de filtro de papel, cobrindo os cartuchos com um pouco de algodão. De seguida, ligou-se o aparelho em simultâneo com a refrigeração e esperou-se até este atingir a temperatura de 110 °C. Posteriormente, colocaram-se os cartuchos de filtro de papel no extrato e colocaram-se 40 ml de éter de petróleo em copos de alumínio colocando-se os mesmos no extrator e descendo a alavanca. Inicialmente, abre-se a torneira e deixa-se na posição *Boiling* (ocorre a imersão no solvente) durante 30 minutos, de seguida coloca-se na posição *Rising* (remove-se a amostra do solvente) durante 1 hora. Após este tempo, fecha-se a torneira e deixa-se que ocorra a recolha do éter durante 5 a 10 minutos. Abre-se o ar e levanta-se a patilha de evaporação durante 5 minutos. Por fim, desliga-se o ar, a evaporação e o extrator e remove-se os cartuchos de filtro de papel bem como os copos de alumínio com o resíduo de gordura. Os copos de alumínio vão para a estufa a 60 °C durante 24 horas, sendo depois retirados para um exsiccador até

arrefeceram e serem pesados para se averiguar o peso do resíduo de gordura da amostra. A gordura bruta (GB) calcula-se com a seguinte fórmula:

$$GB (\%) = \left[\frac{P_2}{P_1} \right] \times 100$$

P₁= Peso da amostra

P₂= Peso do resíduo de gordura

3.5.1.7. Energia

A energia bruta foi determinada por combustão completa na bomba calorimétrica PARR 1261. Após a formação da pastilha de amostra com o uso de um torno metálico e pesagem da mesma, colocou-se a pastilha num suporte presente no corpo de bomba, envolta em fio de cobre para permitir a passagem de corrente elétrica e inseriu-se oxigénio para possibilitar a combustão da amostra. Seguidamente, imergiu-se o corpo de bomba num reservatório com 2 l de água colocado no equipamento. Por fim, ligaram-se os elétrodos ao corpo de bomba e iniciou-se a combustão da amostra. O equipamento PARR 1261, tem um microprocessador integrado que calcula o valor calórico das amostras apresentando-se o referido valor no visor.

3.5.2. Determinações analíticas aos conteúdos do trato gastrointestinal

Após o abate foram recolhidas amostras dos conteúdos de vários órgãos do trato gastrointestinal, tais como do estômago, do intestino delgado, do ceco e do cólon.

Inicialmente, foi determinado o pH dos conteúdos referidos anteriormente após a sua correta homogeneização, através do aparelho 744 pH Meter Metrohm.

3.5.2.1. Determinação da atividade enzimática microbiana

Imediatamente após o abate, recolheram-se amostras dos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon para frascos rolhados que continham previamente 10 ml de solução tampão fosfato (pH6 a 0,1 M – constituído por K₂HPO₄ e KH₂PO₄) e CO₂, sendo as amostras imediatamente congeladas a -80°C de forma a garantir a preservação das enzimas.

Antes da sua utilização, as amostras passaram por dois ciclos de congelação-descongelação de forma a promover a rutura das membranas celulares.

Posteriormente, as amostras foram sujeitas a 4 períodos de sonicações (sonicador Bandelin Sonoplus) de 30 segundos, intercaladas com 30 segundos de repouso, estando a amostra em meio fresco. Seguidamente, a amostra foi centrifugada a 15000 r.p.m. durante 15 minutos para permitir a separação da fração líquida da sólida e pipetou-se 1 ml do

sobrenadante para seis tubos de microcentrífuga previamente identificados. Sempre que não existia sobrenadante suficiente para colocar nos seis tubos de microcentrífuga, aumentaram-se as rotações da centrífuga para 20 000 r.p.m. durante 30 minutos.

A atividade da celulase, xilanase e pectinase nos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon foram determinadas pelo método proposto por Jehl, Guidenne e Le Roux (1996) com algumas alterações.

A reação da amostra de celulase, xilanase e pectinase no banho- maria a 39 °C foi realizada com os substratos de xilana (Sigma X-0502), carboximetilcelulose (Sigma C-5678) e pectina de citrinos (Sigma P- 9135) Os períodos de incubação foram de 0, 30 e 60 minutos para todas as enzimas. Para cada período de incubação, a reação foi estagnada com 700 µl de ácido 3-5 dinitrosalicílico (Sigma D-0550) ativado.

Seguidamente, os tubos de microcentrífuga foram colocados em banho-maria à temperatura de 100°C, durante 20 minutos, seguindo-se de arrefecimento, para que os açúcares redutores libertados obtivessem cor e pudessem ser avaliados por espectrofotometria. Os açúcares libertados, glucose, xilose, e ácido galacturónico foram analisados em triplicado pelo método descrito por Miller (1959), no espectrofotómetro Hitachi U- 2001.

As leituras foram realizadas a 575 nm e as atividades enzimáticas foram expressas em atividade enzimática total (mg.h⁻¹.g MS).

3.5.3. Análise histológica da mucosa intestinal

A análise histológica da mucosa intestinal foi realizada no laboratório de Histologia da Faculdade de Medicina Veterinária de Lisboa. Depois da remoção do conteúdo e medição do comprimento das várias regiões do intestino, foram recolhidas amostras do duodeno (a cerca de 10 cm do estômago), do jejuno (a cerca de 5,5 m do íleo) e do íleo (aproximadamente a 60 cm da válvula íleo-cecal). As referidas amostras foram colocadas em placas de cortiça, imersas em formol tamponado durante 48 horas e processadas para inclusão em parafina. Os cortes histológicos com 7 µm de espessura foram corados com hematoxilina-eosina. As lâminas foram observadas num microscópio Olympus BX 511, com as objectivas de 4x ou 10x.

Com uma câmara digital acoplada ao microscópio, foram obtidas imagens de vilosidades intestinais e criptas. De seguida, através do *software* Olympus DP Soft, mediu-se a altura e largura de 10 vilosidades e a profundidade de 10 criptas, por região intestinal e por animal.

3.6. Parâmetros calculados

3.6.1. Performances de crescimento

Através do controlo do alimento distribuído e refugado pelos animais, por diferença, foi possível apurar o alimento ingerido pelo animal. Além disto, as pesagens semanais permitiram calcular o aumento de peso verificado de semana para semana, possibilitando o cálculo de performances de crescimento, tais como:

Ganho médio diário (GMD): calculado pela razão entre o ganho de peso e o intervalo de dias que decorre entre as duas pesagens, segundo a fórmula:

$$\text{GMD} = \frac{\text{Ganho de peso (g)}}{\text{Intervalo de tempo (Dias)}}$$

Índice de conversão alimentar (IC): define-se como a quantidade de alimento necessária para aumentar um quilograma de peso vivo do animal, conforme a fórmula:

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

3.6.2. Digestibilidade fecal aparente

A digestibilidade fecal aparente é definida como a percentagem de nutriente ingerida absorvida pelo animal, ou seja, que não é excretada nas fezes. Este indicador foi calculado para a MS, cinza, PB, GB, NDF, ADF e energia.

$$\text{CUD ap (\%)} = \left[\frac{\text{Ingerido} - \text{Excretado nas fezes}}{\text{Ingerido}} \right] \times 100$$

3.6.3. Balanço azotado

Para se realizarem todos os cálculos de balanço azotado, foi necessário realizar a determinação do azoto presente nos regimes alimentares, fezes e urina, segundo o método Kjeldahl. Desta forma, foi possível calcular a excreção de azoto nas fezes e nas urinas, bem como a retenção diária de azoto.

Coeficiente de utilização prática de azoto (CUPN) : expressa o azoto retido em percentagem de azoto ingerido.

$$\text{CUPN (\%)} = \left[\frac{(\text{N ingerido} - \text{N excretado nas fezes} - \text{N excretado na urina})}{\text{N ingerido}} \right] \times 100$$

Coeficiente de retenção azotada (CRN) : expressa o azoto retido em percentagem de azoto absorvido.

$$\text{CRN (\%)} = \left[\frac{(\text{N ingerido} - \text{N excretado nas fezes} - \text{N excretado na urina})}{(\text{N ingerido} - \text{N excretado nas fezes})} \right] \times 100$$

3.7. Tratamento estatístico de dados

Os resultados foram comparados por análise de variância de acordo com o esquema fatorial de 2 x 2 de forma a testar o efeito da fonte de fibra (F), da natureza da gordura (G) e sua interação (F x G). Quando o valor da interação foi significativo (P<0,05) as médias foram comparadas pelo teste da mais pequena diferença significativa. Para a realização das análises de variância, utilizou-se o procedimento GLM do programa SAS (1991).

Os dados respeitantes à consistência das fezes foram sujeitos a análise de frequência e comparados pelo teste qui- quadrado de Pearson (χ^2) através do procedimento FREQ do programa SAS.

IV. Resultados

4.1. Performances de crescimento

Os resultados acerca das performances de crescimento dos leitões ao longo do período experimental encontram-se na tabela 8 e na tabela 9 para os períodos de permanência em gaiolas e em parques, respectivamente.

Relativamente à primeira fase do ensaio (realizada nas gaiolas de metabolismo) verificou-se que o peso médio inicial dos leitões foi de 12,79 ($\pm 0,99$) kg e que o peso médio final foi de 19,83 ($\pm 1,81$) kg.

É de referir que a fonte de fibra e natureza da gordura do regime não tiveram efeitos significativos ($P > 0,05$) ao nível da ingestão diária de alimento e crescimento dos leitões que nestas duas semanas foram em média de 732 g/dia e de 519 g /dia, respectivamente.

Na segunda semana desta fase ocorreu efeito da natureza da gordura no IC, com agravamento do mesmo em animais alimentados com regimes cuja principal fonte de gordura foi a banha ($P = 0,041$).

Na segunda fase do ensaio, já com os animais presentes nos parques, verificou-se que a substituição da sêmea de trigo pelo RT não teve qualquer efeito significativo no peso final dos leitões o qual foi em média de 38,6 ($\pm 3,24$) kg.

No primeiro período desta segunda fase, a composição do regime não teve efeito na ingestão de alimento e no GMD, no entanto existe tendência para o agravamento do IC quando o RT substitui a sêmea de trigo no regime com óleo de soja ($P = 0,0719$) (Tabela 9).

Ao longo da quarta semana do ensaio verificou-se um efeito significativo da interação fibra x gordura sobre a ingestão de alimento e no IC. Assim, a ingestão de alimento aumentou e o IC foi agravado pelo RT apenas no caso em que o óleo de soja foi a principal fonte de gordura do regime.

Na quinta semana de ensaio, os leitões alimentados com regimes alimentares com RT exibiram um aumento de 10% no ritmo de crescimento ($P = 0,0156$) e uma melhoria de 8% no IC ($P = 0,0395$), comparativamente com leitões alimentados com regimes com sêmea de trigo.

Considerando todo o crescimento dos leitões ao longo de toda a segunda fase do ensaio, verificou-se que a ingestão de alimento aumentou e o IC foi agravado apenas quando o RT foi associado ao óleo de soja não havendo diferenças significativas quando o óleo de soja foi substituído pela banha, existindo desta forma interação significativa entre a fonte de fibra e de gordura sobre estes parâmetros zootécnicos dos leitões.

Tabela 8 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura na ingestão de alimento e crescimento dos leitões durante o período de permanência nas gaiolas de metabolismo.

Regimes alimentares	Sêmea de Trigo		Repiso de Tomate		DPM ¹	F ²	G ²	FxG ²
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha				
1ª Semana								
PI (kg)	12,86	12,85	12,49	12,95	0,16	0,6795	0,4907	0,48
PF (kg)	15,59	15,64	15,24	16,09	0,21	0,9059	0,3046	0,3613
Ingestão								
g/dia	620	623	586	628	16	0,6661	0,5089	0,5742
g/d/kg	43,8	43,5	42,3	43,3	1	0,6966	0,8611	0,7587
g/d/kg ^{0,75}	84,9	84,6	81,5	84,5	2	0,6777	0,7575	0,6985
GMD (g)	446	465	458	523	21	0,4151	0,3335	0,5919
IC	1,61	1,5	1,31	1,22	0,1	0,146	0,6084	0,9508
2ª Semana								
PI (kg)	15,59	15,64	15,24	16,09	0,21	0,3755	0,2971	0,5397
PF (kg)	19,7	19,55	19,86	20,19	0,33	0,5659	0,8917	0,7306
Ingestão								
g/dia	859	819	853	850	19	0,7419	0,5924	0,6456
g/d/kg	49,8	46,3	48,7	47	1	0,9164	0,1794	0,6398
g/d/kg ^{0,75}	101,4	94,8	99,6	96,8	1,9	0,9674	0,2378	0,6272
GMD (g)	656	604	658	586	21	0,8645	0,1459	0,8136
IC	1,33	1,46	1,31	1,47	0,04	0,9873	0,0401	0,818
Total								
PI (kg)	12,86	12,85	12,49	12,95	0,16	0,9334	0,3273	0,712
PF (kg)	19,7	19,55	19,86	20,19	0,52	0,931	0,4721	0,8607
Ingestão								
g/dia	717	752	720	739	33	0,8621	0,3541	0,7853
g/d/kg	44,3	45,3	44,5	44,7	1,1	0,8564	0,6689	0,7413
g/d/kg ^{0,75}	88,8	91,4	85,5	90,1	2,5	0,4114	0,2137	0,7348
GMD (g)	504	528	526	518	13	0,8522	0,797	0,6002
IC	1,49	1,46	1,38	1,44	0,04	0,3635	0,8304	0,5515

¹ DPM: Desvio Padrão da Média.

² Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG).

Tabela 9 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura na ingestão de alimento e crescimento dos leitões durante o período de permanência nos parques.

	Sêmea de Trigo		Repiso de tomate		DPM ¹	F ²	G ²	FxG ²
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha				
3ª Semana								
PI (kg)	19,7	19,55	19,86	20,19	0,33	0,5659	0,8917	0,7306
PF (kg)	25,89	25,72	26,33	26,43	0,42	0,5995	0,9319	0,7798
Ingestão								
g/dia	1216	1287	1606	1277	65	0,1423	0,315	0,1218
g/d/kg	53,3	56,9	70	54,7	2,7	0,1666	0,2662	0,0732
g/d/kg ^{0,75}	116	124	153	120	5,9	0,1523	0,271	0,0813
GMD (g)	885	882	893	890	22	0,8528	0,9502	0,9849
IC	1,37	1,48	1,76	1,47	0,05	0,0719	0,3458	0,0588
4ª Semana								
PI (kg)	25,89	25,72	26,33	26,43	0,42	0,5995	0,9319	0,7798
PF (kg)	32,05	31,88	32,08	32,74	0,45	0,6388	0,7939	0,662
Ingestão								
g/dia	1467 ^a	1555 ^a	1994 ^b	1552 ^a	70	0,0504	0,1818	0,048
g/d/kg	50,5 ^a	54,1 ^a	68,6 ^b	52,6 ^a	2,4	0,0645	0,16	0,03
g/d/kg ^{0,75}	117 ^a	125 ^a	159 ^b	122 ^a	5,5	0,0562	0,1581	0,032
GMD (g)	880	880	821	902	16	0,5691	0,2028	0,2082
IC	1,67 ^a	1,77 ^a	2,48 ^b	1,73 ^a	0,1	0,0312	0,0705	0,0184
5ª Semana								
PI (kg)	32,05	31,88	32,08	32,74	0,45	0,6388	0,7939	0,662
PF (kg)	38,1	38,09	38,94	39,48	0,52	0,3003	0,8061	0,7989
Ingestão								
g/dia	1656	1661	1690	1724	28	0,3997	0,7337	0,8016
g/d/kg	47,2	47,7	47,6	47,7	0,5	0,8361	0,7601	0,8522
g/d/kg ^{0,75}	115	116	116	117	1,2	0,5943	0,7305	0,9777
GMD (g)	865	887	981	963	20	0,0156	0,9549	0,5935
IC	1,93	1,9	1,74	1,8	0,04	0,0395	0,8624	0,5356
Total								
PI (kg)	19,7	19,55	19,86	20,19	0,33	0,5659	0,8917	0,7306
PF (kg)	38,1	38,09	38,94	39,48	0,52	0,3003	0,8061	0,7989
Ingestão								
g/dia	1447 ^a	1502 ^a	1763 ^b	1518 ^a	37	0,0154	0,1539	0,0278
g/d/kg	50,0 ^a	52,2 ^a	60,2 ^b	50,8 ^a	1,1	0,0208	0,0595	0,0032
g/d/kg ^{0,75}	116 ^a	121 ^a	140 ^b	119 ^a	2,5	0,0127	0,0628	0,004
GMD (g)	877	883	909	919	13	0,1939	0,7562	0,9503
IC	1,65 ^a	1,71 ^a	1,95 ^b	1,66 ^a	0,04	0,0712	0,0851	0,0142

¹ DPM: Desvio Padrão da Média.

² Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG).

4.2. Consistência das fezes e digestibilidade fecal aparente

O índice de consistência fecal avalia a consistência das fezes, quanto menor é o seu valor numérico, melhor é a consistência das mesmas.

O teste de qui-quadrado de Pearson (χ^2) aplicado à frequência de ocorrência de fezes com consistência normal, mole ou diarreia mostra que existe uma tendência para que a composição dos regimes experimentais influencie a consistência das fezes (Tabela 10).

Da análise de resultados apresentada nas tabelas 11 e 12, verifica-se que a natureza da fibra teve maior influência na consistência das fezes dos leitões, com maior frequência de fezes com consistência normal quando o repiso de tomate foi a principal fonte de fibra nos regimes experimentais.

No que toca à digestibilidade fecal aparente (tabela 13) é de salientar que a substituição da sêmea de trigo por RT e a utilização de óleo de soja ou banha como fonte de gordura no regime alimentar dos leitões não afetou a digestibilidade fecal aparente dos constituintes do regime. A digestibilidade da MS e energia foram em média de 87,4 % e 85,6%, respectivamente. A utilização digestiva da fração proteica dos regimes alimentares foi particularmente elevada com um valor médio de 87,2% enquanto que as frações GB e NDF foram digeridas em 79,9% e 58,6%, respectivamente.

Tabela 10 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por RT e da natureza da gordura na consistência das fezes dos leitões durante o período de permanência nas gaiolas (valores em percentagem).

Consistência ¹	R1	R3	R2	R4	χ^2 ²	P ³
	Sêmea Trigo		Repiso de tomate			
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha		
0	13	11,6	14,2	16,2	19,5224	0,0211
1	6,3	7,9	4,5	4,3		
2	4,1	2,2	4,3	2,4		
3	2,2	1,4	2,6	2,8		

¹ 0 = Normal, 1 = Fezes moles, 2 = Diarreia moderada, 3 = Diarreia severa.

² χ^2 : Teste de qui-quadrado de Pearson.

³ Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG).

Tabela 11 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por RT na consistência das fezes dos leitões durante o período de permanência nas gaiolas (valores em porcentagem).

Consistência ¹	Sêmea de trigo	Repiso de tomate	χ^2 ²	P ³
0	24,65	30,37	10,7795	0,013
1	14,2	8,88		
2	6,31	6,71		
3	3,55	5,33		

¹ 0 = Normal, 1 = Fezes moles, 2 = Diarreia moderada, 3 = Diarreia severa.

² χ^2 : Teste de qui-quadrado de Pearson.

³ Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG).

Tabela 12 - Efeito da natureza da gordura do regime na consistência das fezes dos leitões durante o período de permanência nas gaiolas (valores em porcentagem).

Consistência ¹	Óleo de soja	Banha	χ^2 ²	P ³
0	27,2	27,8	6,3825	0,0944
1	10,85	12,23		
2	8,48	4,54		
3	4,73	4,14		

¹ 0 = Normal, 1 = Fezes moles, 2 = Diarreia moderada, 3 = Diarreia severa.

² χ^2 : Teste de qui-quadrado de Pearson.

³ Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG).

Tabela 13 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura sobre a digestibilidade fecal aparente dos elementos do regime.

	Sêmea de Trigo		Repiso de Tomate		DPM ¹	F ²	G ²	FxG ²
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha				
CUD MS	86,3	88	87,7	87,5	0,39	0,5231	0,3544	0,2461
CUD Cinza	63,1	61,3	66,6	67,3	1,63	0,1589	0,8709	0,6915
CUD PB	86,8	87,6	88,1	86,4	0,38	0,9165	0,5632	0,1194
CUD GB	74,3	76,4	75,2	77,3	0,77	0,587	0,1924	0,9917
CUD NDF	56,9	61,3	57,8	58,2	1,23	0,6458	0,3402	0,4212
CUD ADF	30,6	37,1	44,6	36,9	2,19	0,1138	0,8911	0,1021
CUD Energia	84,5	86,6	85,9	85,4	0,33	0,8823	0,2407	0,064

¹ DPM: Desvio Padrão da Média.

² Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG).

4.3. Balanço azotado

Os resultados referentes ao balanço e excreção azotada dos leitões estão apresentados nas tabelas 14 e 15. Da análise destes resultados verifica-se que embora a substituição do óleo de soja por banha nos regimes alimentados dos leitões tenha diminuído a ingestão diária de azoto expressa em relação ao peso vivo metabólico dos leitões, não se verificou efeito significativo da natureza da gordura sobre os outros parâmetros do balanço azotado dos leitões. Da mesma forma, a substituição da sêmea de trigo por RT não teve efeito significativo ($P > 0,05$) sobre o balanço azotado dos leitões. Assim, a retenção diária de azoto foi em média de 15g e os coeficientes de retenção azotada e de utilização prática de azoto foram em média de 67,8% e de 56,1%, respectivamente. Da mesma forma, a composição dos regimes experimentais não afetou significativamente a excreção fecal e urinária de azoto.

Tabela 14 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura nos parâmetros do balanço azotado dos leitões.

	Sêmea de Trigo		Repiso de Tomate		DPM ¹	F ²	G ²	FxG ²
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha				
N ingerido								
g/dia	26,5	25,6	26,8	25,8	0,43	0,7591	0,2758	0,9933
g/d/kg	1,54	1,42	1,53	1,43	0,02	0,9184	0,0149	0,908
g/d/kg ^{0,75}	3,13	2,93	3,13	2,94	0,04	0,9972	0,0189	0,9382
N retido								
g/dia	14,8	14,9	14,9	15,4	0,78	0,8382	0,8633	0,9011
g/d/kg	0,83	0,82	0,84	0,85	0,04	0,8305	0,9934	0,8887
g/d/kg ^{0,75}	1,71	1,69	1,72	1,75	0,08	0,8404	0,9691	0,8823
CRN (%)	63	65,9	61,9	68,3	2,69	0,9076	0,407	0,7494
CUPN (%)	54,6	57,3	54,5	58	2,32	0,8682	0,4605	0,8519

¹ DPM: Desvio Padrão da Média.

² Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG).

Tabela 15 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura na excreção azotada dos leitões.

	Sêmea de Trigo		Repiso de Tomate		DPM ¹	F ²	G ²	FxG ²
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha				
N fezes								
g/dia	3,51	3,34	3,19	3,49	0,11	0,6948	0,7569	0,28
g/d/kg	0,21	0,19	0,18	0,2	0,007	0,584	0,8159	0,2922
g/d/kg ^{0,75}	0,42	0,38	0,37	0,4	0,013	0,577	0,8836	0,292
N urina								
g/dia	8,24	7,35	8,71	6,94	0,52	0,9818	0,2224	0,6816
g/d/kg	0,5	0,42	0,51	0,38	0,04	0,8448	0,1636	0,7417
g/d/kg ^{0,75}	1	0,85	1,03	0,79	0,07	0,8949	0,1624	0,7334

¹ DPM: Desvio Padrão da Média.

² Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG).

4.4. Desenvolvimento do aparelho digestivo

Os resultados apresentados na tabela 16 mostram que a composição do regime alimentar dos leitões não afetou significativamente o desenvolvimento do estômago e do intestino delgado bem como o peso (g/kg) dos seus conteúdos ao abate.

Relativamente ao intestino grosso, a utilização de banha no regime reduziu em cerca de 14% o peso do seu conteúdo (P= 0,0350). Pelo contrário a natureza das fontes de fibra e de gordura não afetou significativamente o peso (g/kg) do intestino grosso vazio nem o seu comprimento (m/kg).

Finalmente, o peso (g/kg) do pâncreas e do fígado foi independente da composição do regime alimentar dos leitões.

Tabela 16 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura no peso relativo (g/kg) e no comprimento (m/kg) dos órgãos do aparelho digestivo dos leitões.

	Sêmea de Trigo		Repiso de Tomate		DPM ¹	F ²	G ²	FxG ²
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha				
Estômago								
Cheio	23,2	25,2	19,7	24,3	1,12	0,328	0,1488	0,5437
Vazio	7,34	7,9	8,04	7,72	0,16	0,4134	0,7127	0,18
Conteúdo	15,9	17,3	11,6	16,6	1,09	0,2577	0,1494	0,4072
Inst. Delgado								
Cheio	51,6	54	53,4	51,9	0,96	0,9457	0,8156	0,3277
Vazio	33,6	34,1	34	35	0,42	0,4382	0,3789	0,7604
Conteúdo	18	19,9	19,4	16,9	0,76	0,6001	0,8419	0,1591
Comprimento	0,44	0,46	0,45	0,44	0,007	0,9697	0,8637	0,3348
Inst. Grosso								
Cheio	54	46,4	50,9	49,9	1,2	0,9251	0,0728	0,1598
Vazio	17,7	16,6	16,9	18	0,31	0,6092	0,9474	0,0676
Conteúdo	36,3	29,8	34	31,8	1,03	0,9611	0,035	0,2792
Comprimento	0,1	0,11	0,1	0,1	0,002	0,7953	0,9227	0,6376
Pâncreas	2,61	2,63	2,5	2,6	0,05	0,4749	0,5695	0,6869
Fígado	25,3	24,1	26	25,3	0,36	0,205	0,2088	0,6707

¹ DPM: Desvio Padrão da Média.

² Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG).

4.5. MS e pH dos conteúdos do trato gastrointestinal

Na tabela 17, apresentam-se os resultados do teor de MS e do pH medidos nos conteúdos do estômago, intestino delgado, ceco e cólon dos leitões.

Ao nível do estômago, a utilização do RT no regime alimentar dos leitões reduziu significativamente ($P=0,0024$) o pH do seu conteúdo. Da mesma forma, verificou-se uma tendência ($P=0,0890$) para um menor teor de MS nos conteúdos do estômago dos leitões alimentados com regimes com RT.

No intestino delgado e no ceco, verificou-se igualmente uma redução do pH dos conteúdos associado à utilização do RT na alimentação dos leitões.

Relativamente ao teor de MS dos conteúdos do ceco, este diminuiu com a substituição de óleo de soja por banha nos regimes onde a sêmea de trigo está incluída, mas aumentou quando o RT foi a principal fonte de fibra, justificando a interação significativa ($P=0,0420$) entre a fonte de fibra e a fonte de gordura sobre este parâmetro.

Por fim, a natureza da gordura do regime não afetou significativamente o teor de MS ou o pH dos conteúdos dos diferentes compartimentos do tubo digestivo dos leitões.

Tabela 17 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura no teor de matéria seca e no pH dos conteúdos digestivos.

	Sêmea de Trigo		Repiso de Tomate		DPM ¹	F ²	G ²	FxG ²
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha				
Estômago								
MS	22,9	25,9	19,2	22,3	1,07	0,0890	0,1503	0,965
pH	4,02	4,27	3,33	3,4	0,13	0,0024	0,4879	0,7049
Intestino Delgado								
MS	12	10,4	10,8	11,1	0,28	0,6553	0,2931	0,0938
pH	6,5	6,47	6,34	6,36	0,03	0,0561	0,9749	0,7225
Ceco								
MS	10,7 ^{ab}	9,4 ^a	9,7 ^{ab}	11,2 ^b	34	0,5386	0,8479	0,042
pH	5,68	5,67	5,52	5,47	0,04	0,0323	0,6958	0,8068
Cólon								
MS	20,6	18,4	20	19,6	0,31	0,6967	0,1169	0,2754
pH	6,13	6,09	6,11	5,99	0,03	0,3906	0,2615	0,5726

¹ DPM: Desvio Padrão da Média.

² Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG).

4.6. Análise histológica da mucosa intestinal

Para todas as secções do intestino delgado a composição do regime alimentar dos leitões não afetou significativamente a altura das vilosidades nem a relação da altura das vilosidades com a profundidade das criptas da mucosa intestinal dos leitões (tabela 18).

Contudo a substituição de óleo de soja por banha aumentou a largura das vilosidades no jejuno e no íleo em associação com a sêmea de trigo, mas exerceu efeito contrário quando a fonte de fibra foi o RT, interação esta que atingiu o limiar de significação estatística ao nível do jejuno (P=0,0123).

A mucosa intestinal do jejuno de leitões que receberam a banha como fonte de gordura apresentou uma maior profundidade das criptas independentemente da fonte de fibra utilizada nos regimes alimentares (P=0,0194). Pelo contrário, ao nível do duodeno e do íleo, este efeito variou com a fonte de fibra: aumentou em animais alimentados com regimes com a sêmea de trigo e reduziu com animais alimentados com regimes com RT, interação esta estatisticamente significativa (P=0,0317) ao nível do duodeno.

Tabela 18 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura na morfologia da mucosa do intestino delgado dos leitões.

	Sêmea de Trigo		Repiso de Tomate		DPM ¹	F ²	G ²	FxG ²
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha				
Altura das vilosidades (µm)								
Duodeno	369	422	409	412	13.8	0.5874	0.3186	0.3822
Jejuno	398	428	431	477	17.4	0.2483	0.2920	0.8149
Íleo	304	313	355	325	11.6	0.1941	0.6700	0.4129
Largura das vilosidades (µm)								
Duodeno	220	225	207	207	6.9	0.2928	0.8667	0.8963
Jejuno	151 ^{ab}	175 ^a	171 ^{ab}	147 ^b	4.9	0.6956	0.9970	0.0143
Íleo	184	208	199	186	5.3	0.7599	0.5800	0.0806
Profundidade das criptas (µm)								
Duodeno	421 ^a	461 ^{ab}	512 ^b	446 ^{ab}	12.5	0.1129	0.5932	0.0317
Jejuno	344	392	351	385	8.6	0.9819	0.0194	0.6650
Íleo	282	332	307	297	8.3	0.7619	0.2272	0.0741
Vilosidades/Criptas ⁽³⁾								
Duodeno	0.89	0.93	0.84	0.93	0.04	0.7387	0.3859	0.7387
Jejuno	1.22	1.09	1.25	1.25	0.06	0.4030	0.5772	0.5766

¹ DPM: Desvio Padrão da Média.

² Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG)

³ Altura das vilosidades/Profundidade das criptas.

4.7. Determinação da atividade enzimática microbiana

Na tabela 19 são apresentados os resultados da atividade das enzimas digestivas microbianas nos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon dos leitões.

No conteúdo do intestino delgado a substituição de óleo de soja por banha aumentou a atividade pectinolítica (P= 0,0023) independentemente da natureza da fonte de fibra dos regimes alimentares. Por outro lado, verificou-se uma interação significativa (P=0,0362) entre a fonte de fibra e a fonte de gordura na atividade xilanolítica nos conteúdos do intestino delgado, tendo-se verificado que a substituição do óleo de soja pela banha diminuiu a atividade com a sêmea de trigo, mas aumentou com o RT.

Ao nível dos conteúdos do ceco verificou-se uma tendência (P=0,0548) para a redução da atividade xilanolítica com a inclusão de RT nos regimes alimentares. Por outro lado, os conteúdos do ceco dos leitões que foram alimentados com regimes com banha evidenciam maior atividade celulolítica e xilanolítica sem contudo alcançarem o limiar de significação estatística.

No cólon a utilização da banha nos regimes dos leitões aumentou ($P=0,0281$) em cerca e 30% a atividade pectinolítica e em cerca de 45% a atividade xilanolítica ($P=0,0015$). Finalmente, a substituição da sêmea de trigo por RT não afetou ($P>0,05$) a atividade das enzimas microbianas nos conteúdo do cólon dos leitões.

Tabela 19 - Efeito da substituição da sêmea de trigo por repiso de tomate e da natureza da gordura na atividade (mg/ml/h) das enzimas digestivas microbianas nos conteúdos digestivos.

	Sêmea de Trigo		Repiso de Tomate		DPM ¹	F ²	G ²	FxG ²
	Óleo Soja	Banha	Óleo Soja	Banha				
Intestino delgado								
Celulase	25,3	26	25,9	32,4	2,02	0,3177	0,2996	0,4053
Pectinase	35,9	45,6	40,4	49,9	1,65	0,1417	0,0023	0,9596
Xilanase	29,0 ^{ab}	25,6 ^a	26,6 ^{ab}	35,4 ^b	1,68	0,1941	0,3505	0,0362
Ceco								
Celulase	83,9	117,4	83,5	105,1	7,5	0,6741	0,0749	0,6932
Pectinase	245	262	251	219	10,9	0,4304	0,7389	0,2872
Xilanase	159	201	137	155	9,4	0,0548	0,0902	0,4992
Cólon								
Celulase	37,4	59,2	42	43,2	4,1	0,4605	0,1424	0,1883
Pectinase	100	148	110	129	7,5	0,7578	0,0281	0,3319
Xilanase	90,2	142	91,6	124	6,9	0,5161	0,0015	0,4469

¹ DPM: Desvio Padrão da Média.

² Valores de P para os fatores Fibra (F), Gordura (G) e interação Fibra X Gordura (FxG)

V. Discussão

5.1. Composição dos regimes experimentais

A composição química dos regimes experimentais apresentada na tabela 5 mostra teores semelhantes não apenas das frações PB e GB mas também das frações representativas dos constituintes parietais. Na formulação dos regimes alimentares com RT a redução de 7 unidades percentuais de sêmea de trigo foi compensada pelo aumento duas unidades percentuais de trigo e pela inclusão de 5% de RT.

A partir da composição química das matérias-primas utilizadas no fabrico dos regimes (tabela 6), estima-se que nas dietas com RT, este ingrediente forneceu 22%, 47% e 58% das frações NDF, ADF e ADL dos regimes. Considerando as frações hemicelulose (NDF-ADF) e celulose (ADF-ADL), o RT forneceu cerca de 7 % das hemiceluloses e cerca de 36% da celulose dos regimes.

Relativamente à fração lipídica, uma vez que a inclusão de óleo de soja ou de banha foram idênticas, os regimes apresentaram valores equivalentes da fração GB.

Finalmente, a PB do RT não representou mais do que 5% da PB do regime.

5.2. Performances de crescimento

Na primeira fase do ensaio os leitões foram colocados em gaiolas de metabolismo e sujeitos a alimentação igualizada pelo que o significado zootécnico das suas performances deve ser encarado com prudência. Contudo os leitões apresentaram uma boa ingestão de alimento (730 g/dia), bom ritmo de crescimento (470 g/dia) e bons IC (1,44), o que demonstra a sua boa adaptação aos regimes. Pode-se assim concluir que desde o início do ensaio a utilização de RT foi bem aceite pelos leitões não colocando problemas de apetência em relação a regime.

Os leitões alimentados com dietas cuja fonte de gordura foi a banha, viram o seu IC agravado na segunda semana da primeira fase do ensaio. Este resultado sugere que a banha foi utilizada com menor eficiência do que o óleo de soja o que poderá explicar-se por um menor valor de ED da banha (8050 kcal/kg) em relação ao óleo de soja (8700kcal/ kg)(FEDNA, 2010a; FEDNA, 2010b). Contudo os resultados da digestibilidade fecal aparente dos elementos do regime não permitem confirmar esta hipótese por não se encontrar efeito da fonte lipídica sobre a utilização digestiva da energia (tabela 13).

Na segunda fase do ensaio, quando os leitões foram colocados nos parques de pós-desmame, passaram a receber o alimento *ad libitum*. No seu conjunto, as performances zootécnicas dos leitões nesta fase do ensaio sugerem um possível efeito da natureza da gordura no IC. Contudo este efeito variou consoante a fonte de fibra regime: ausência de

efeito quando a banha foi associada com a sêmea de trigo mas melhoria na associação com o RT.

Efeito semelhante foi verificado na ingestão de alimento sendo contudo difícil de explicar a maior ingestão de alimento e a pior eficiência de utilização do regime quando o óleo de soja foi associado ao RT, o que impossibilita uma conclusão clara sobre o efeito da natureza da gordura no IC dos leitões.

5.3. Consistência das fezes e digestibilidade fecal aparente

Os resultados sobre o efeito da composição dos regimes alimentares na consistência das fezes mostraram uma baixa frequência de diarreias o que confirma a boa adaptação dos leitões aos alimentos. Acresce-se ainda que a distribuição da consistência das fezes segue um modelo semelhante quando se compara a sêmea de trigo com o RT e o óleo de soja com a banha sugerindo que estes alimentos não provocam distúrbios digestivos aos leitões. A substituição da sêmea de trigo por RT implicou alteração na composição dos constituintes parietais dos regimes alimentares, mas também parte da proteína do trigo foi substituída por proteína presente nas sementes do RT.

As diferenças de composição das duas fontes de fibra podem potencializar alteração da digestibilidade do regime nomeadamente ao nível da MS, PB, NDF e energia (Low, 1993).

Contudo os resultados deste trabalho não permitiram confirmar esta hipótese uma vez que não houve efeito significativo da natureza da fibra do regime sobre a digestibilidade das frações NDF e ADF. Estes resultados poderão justificar-se pelo fato dos regimes terem teores semelhantes de NDF e ADF, fato que terá prevalecido sobre a alteração de composição destas frações. Por outro lado, o fato do CUD da PB ter sido independente da fonte de fibra do regime, sugere que a proteína presente nas sementes do RT foi digerida ao mesmo nível da proteína do trigo. É de salientar que as sementes presentes no RT contêm aproximadamente 25% de PB, tornando-se esta fração mais disponível após a moenda (Persia, Parsons, Schang & Azcona, 2003).

A substituição do óleo de soja pela banha altera o perfil de ácidos gordos do regime com aumento dos ácidos gordos saturados (Rohman, Triyana, Sismindari & Erwanto, 2012). De acordo com Cera et al. (1989), no período pós-desmame, a digestibilidade dos ácidos gordos insaturados de cadeia longa é mais eficiente que a dos ácidos gordos saturados de cadeia longa, estando associada ao aumento da produção de lípase pancreática durante o período de pós-desmame. Desta forma seria expectável que a inclusão de banha reduzisse a digestibilidade da GB e por sua vez a digestibilidade da energia. É de salientar que os resultados encontrados neste trabalho não justificam esta hipótese por não se ter verificado efeito da natureza da gordura na digestibilidade do regime.

Note-se que Jørgensen, Gabert, Hedemann e Jensen (2000) e Duran-Montgé et al. (2007) também não encontraram diferenças na digestibilidade da gordura e energia nos trabalhos realizados, possivelmente devido aos efeitos da microflora intestinal.

O fato de se aquecer a banha antes da sua incorporação no regime alimentar aquando da mistura e a boa qualidade da mesma podem ser uma hipótese justificativa da ausência de efeitos. Por outro lado, a digestibilidade medida é digestibilidade aparente pelo que a excreção de gordura nas fezes engloba a fração endógena podendo interferir nas medidas de digestibilidade fecal (Eusebio, Hays, Speer & Mccal, 1965).

5.4. Balanço azotado

A fibra ao interferir na microflora microbiana presente no intestino grosso pode aumentar a excreção fecal de azoto mas reduzir a excreção urinária (Patráš, Nitrayová, Brestenský & Heger, 2009). Este efeito pode ser potencializado por diferentes fontes de fibra mas principalmente pelo aumento do teor de fibra do regime. Os resultados obtidos neste trabalho não confirmam esta hipótese o que se justifica pelo fato dos regimes terem o mesmo nível de NDF e a digestibilidade desta fração não ter variado entre a sêmea de trigo e o RT pelo que não é expectável variação na atividade da microflora e portanto alteração do modelo de excreção azotada dos leitões.

Os resultados obtidos sobre a atividade enzimática microbiana no ceco e cólon confirmam a afirmação anterior uma vez que sugerem que a substituição da sêmea de trigo por RT não alterou significativamente a atividade microbiana nestes compartimentos do intestino grosso. Relativamente à fonte de gordura, verificou-se que a substituição do óleo de soja por banha não modificou a retenção azotada nem a eficiência de utilização do azoto ingerido e absorvido. Braude et al. (1976), também não reportaram efeitos significativos na retenção azotada de leitões a ingerirem regimes alimentares com diferentes proporções de soro de leite e gordura (banha ou óleo de soja), suplementados com vitaminas lipossolúveis.

Além disto, Cera et al. (1989) também relataram a inexistência de diferenças entre a retenção azotada e a digestibilidade do azoto de leitões com 21 dias a ingerir regimes alimentares com inclusão de 8% de gordura de origem animal (banha) ou gordura de origem vegetal (óleo de milho e óleo de coco).

O fato dos leitões que receberam os regimes com óleo de soja ou banha terem ingerido a mesma quantidade diária de azoto e a mesma ter sido digerida ao mesmo nível significa que a quantidade de azoto absorvido foi independente da natureza da gordura presente nos regimes alimentares. Por outro lado, a eficácia da utilização de azoto absorvido (CRN) foi equivalente em leitões alimentados com as duas fontes de gordura em estudo o que significa que em ambos os casos a energia disponibilizada pelas duas fontes de gordura não penalizou a retenção de azoto absorvido.

5.5. Desenvolvimento do tubo digestivo e morfologia intestinal

De acordo com os resultados obtidos neste ensaio experimental, a fonte de fibra presente nos regimes alimentares dos leitões não interferiu no peso relativo (g/kg) dos diferentes compartimentos do tubo digestivo nem no peso dos seus conteúdos.

Segundo Wenk (2001), o aumento do teor de fibra dos regimes alimentares pode estimular o desenvolvimento do tubo digestivo. Por outro lado, a inclusão de PNA na dieta dos suínos pode regular a velocidade do trânsito digestivo com efeito no peso dos seus conteúdos (Freire et al., 2000). De acordo com Knudsen e Hansen (1991), o aumento da velocidade do trânsito digestivo está relacionado com a maior quantidade de fibras degradáveis devido à sua elevada capacidade de retenção de água, com aumento do peso dos conteúdos.

Relativamente ao efeito da gordura, segundo Cho e Kim, (2012) a inclusão de gordura nos regimes alimentares dos suínos pode desacelerar o trânsito digestivo, aumentando a digestibilidade dos nutrientes. No presente ensaio os quatro regimes experimentais apresentam teores equivalentes de NDF não sendo portanto expectável o efeito do teor de fibra no peso dos compartimentos do tubo digestivo. De acordo com os valores da composição química dos regimes experimentais apresentados na tabela 5 verifica-se que os regimes com sêmea de trigo ou com RT têm teores de hemiceluloses (NDF-ADF), celulose (ADF-ADL) e lenhina relativamente próximos. Desta forma, ocorreu ligeiro aumento do teor de hemicelulose nos regimes com sêmea de trigo e ligeiro aumento do teor de celulose e ADL nos regimes com RT. É provável que estas diferenças não tenham sido suficientes para modificarem a velocidade do trânsito digestivo dos leitões, justificando os pesos equivalentes dos conteúdos do estômago, intestino delgado e intestino grosso nos leitões alimentados com sêmea de trigo ou RT. Segundo Cho e Kim, (2012) a inclusão de gordura nos regimes alimentares dos suínos pode desacelerar o trânsito digestivo. No presente ensaio, os regimes tiveram teores equivalentes de gordura, não sendo expectável um efeito do teor e gordura na velocidade do trânsito digestivo.

De acordo com Stefan, (1999) a inclusão de fontes de fibra nos regimes de desmame dos leitões pode estimular a função pancreática, com aumento do peso do pâncreas e maior produção de suco pancreático. Os resultados obtidos neste trabalho apontam para o peso idêntico do pâncreas dos leitões que receberam regimes alimentares com sêmea de trigo e RT o que se pode justificar pelo mesmo teor de PNA presente nestes regimes. O aumento do teor de fibra, nomeadamente do teor de celulose no regime dos leitões pode alterar a morfologia da mucosa intestinal com alteração da altura e largura das vilosidades intestinais, podendo influenciar também a profundidade das criptas de *Lieberkühn* (Hedemann et al., 2006).

De acordo com os resultados obtidos neste ensaio experimental, os animais alimentados com regimes alimentares com sêmea de trigo comparativamente com animais alimentados

com regimes com RT, evidenciaram aumento da largura das vilosidades presentes no jejuno apenas no regime em que a banha foi a fonte de gordura. Ao nível do duodeno, os leitões alimentados com regimes com RT evidenciaram maior profundidade das criptas apenas nos regimes alimentares em que se utilizou óleo de soja como fonte de gordura. Nestes dois casos, a existência de interação significativa entre as fontes de fibra e gordura dos regimes impossibilita uma conclusão clara sobre o efeito das fontes de fibra sobre estas medidas da morfologia da mucosa intestinal dos leitões.

Ainda de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, a substituição do óleo de soja pela banha aumentou ($P= 0,0194$) a profundidade das criptas ao nível do jejuno, sugerindo a possibilidade de um efeito da composição da gordura sobre a morfologia da mucosa intestinal. Segundo Li et al. (1990), a inclusão de gorduras vegetais como óleo de soja ou óleo de coco, têm influência nas vilosidades dos suínos, tendo-se verificado vilosidades mais curtas e finas. A redução do peso das vilosidades pode diminuir a área de absorção luminal, podendo resultar no desenvolvimento inadequado das enzimas digestivas ou transporte de nutrientes para a superfície da vilosidade.

5.6. Composição dos conteúdos digestivos e atividade enzimática microbiana

Os resultados adquiridos com este trabalho experimental mostraram que o teor de matéria seca e pH dos conteúdos do estômago, intestino delgado, ceco e cólon foram independentes da composição da fonte de gordura utilizada no fabrico dos regimes experimentais dos leitões. Pelo contrário, a substituição da sêmea de trigo pelo RT reduziu significativamente o pH ao nível do estômago e do ceco dos leitões e teve uma tendência no mesmo sentido ao nível do intestino delgado. Estes resultados estão de acordo com um pH mais baixo no RT comparativamente à sêmea de trigo e demonstram uma capacidade do RT funcionar como acidificante natural nos compartimentos proximais do tubo digestivo dos leitões. Os acidificantes naturais têm diversas vantagens, tais como a redução ou estabilização do pH estomacal, aumento da atividade das enzimas proteolíticas e do tempo de retenção gástrica, aumentando a digestão proteica. Além disto, induzem alterações na morfologia da mucosa ou na microflora microbiana do intestino no sentido do desenvolvimento de ações bacteriostáticas e bactericidas. Também estimulam a atividade enzimática endógena e as secreções pancreáticas. A inclusão de acidificantes naturais pode ainda reduzir o poder tampão do regime alimentar, prevendo-se a redução da proliferação e/ou proliferação de microrganismos patogénico tais como *E. Coli*. (Partanen & Mroz, 1999), contudo os resultados obtidos neste ensaio não mostram capacidade do RT para afetar o poder tampão do regime (tabela 5).

De acordo com os resultados obtidos, a substituição da sêmea de trigo pelo RT não influenciou significativamente a atividade das enzimas digestivas microbianas nos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon. A decomposição das frações NDF e ADF dos regimes no

tubo digestivo dos leitões é resultado da atividade da população microbiana presente nos compartimentos do tubo digestivo. Assim, o fato da digestibilidade fecal aparente das frações NDF e ADF não ter variado com a fonte de fibra dos regimes (tabela 13) está de acordo com os resultados sobre a atividade enzimática microbiana que sugerem uma mesma atividade fermentativa microbiana no tubo digestivo dos leitões que receberam a sêmea de trigo ou o RT. O fato do teor e composição dos constituintes parietais dos regimes com sêmea de trigo ou RT terem sido próximos pode justificar estes resultados.

Pelo contrário, a inclusão de banha em substituição do óleo de soja no regime dos leitões parece estimular a atividade de algumas enzimas digestivas microbianas em alguns compartimentos do tubo digestivo dos leitões. Assim, a atividade pectinolítica foi estimulada no intestino delgado e no cólon ao passo que a atividade xilanolítica foi estimulada no cólon. Estes resultados sugerem alguma ação potencialmente inibidora de gorduras ricas em ácidos gordos polinsaturados sobre a atividade da população microbiana intestinal.

É um fato que os ácidos gordos de cadeia longa inibem o metabolismo das bactérias presentes no intestino. Esta teoria foi confirmada em bactérias presentes no cólon humano, demonstrando que o aumento da ingestão de ácidos gordos polinsaturados das séries C18 pode inibir a atividade destas bactérias. Este fato deve-se aos danos causados na membrana lipídica bacteriana. As altas concentrações de ácidos gordos polinsaturados rompem a membrana celular destas bactérias conduzindo à lise celular. É de salientar que os ácidos gordos polinsaturados são rapidamente incorporados na face exterior da membrana celular de bactérias Gram negativas, aumentando significativamente a fluidez da membrana. É possível que o aumento da permeabilidade da membrana dissipe os gradientes de concentração dos iões de hidrogénio, conduzindo à lise celular. Note-se que a ausência deste efeito relativamente aos ácidos gordos saturados deve-se à sua reduzida fluidez e solubilidade o que torna menos provável a sua incorporação na membrana celular bacteriana (Thompson, Cockayne & Spiller, 1994).

VI. Conclusão

Na primeira fase do ensaio os leitões apresentaram boa ingestão de alimentos, bom ritmo de crescimento e bons IC, o que demonstra a sua adaptação aos regimes utilizados. Pode-se assim concluir que a utilização de RT foi bem aceita pelos leitões não colocando problemas de palatabilidade. Os leitões alimentados com regimes alimentares cuja fonte de gordura foi a banha, viram o seu IC agravado apenas na segunda semana da primeira fase do ensaio (nas gaiolas de metabolismo) o que sugere que a banha foi utilizada com menor eficiência que o óleo de soja. Na segunda fase do ensaio (realizada nos parques de pós-desmame), existe efeito da natureza da gordura no IC, tendo variado consoante a fonte de fibra do regime: ausência de efeito na presença de banha e sêmea de trigo e melhoria no caso da administração do regime com banha e RT. Além disto existe maior ingestão de alimento e IC agravado nos leitões alimentados com regimes em que o RT está associado ao óleo de soja, impossibilitando uma conclusão clara acerca do efeito da gordura no IC dos leitões. Além disto, é possível concluir que existe interação entre a fonte de fibra e a fonte de gordura nas performances zootécnicas dos leitões, sendo necessários futuros ensaios que possibilitem entender de que forma as fontes de fibra e gordura interagem no organismo dos leitões.

Quanto à consistência fecal, verificou-se baixa frequência de diarreias o que confirma a boa adaptação dos leitões aos regimes alimentares distribuídos, não tendo ocorrido distúrbios digestivos.

Relativamente à digestibilidade fecal aparente, não se verificaram efeitos significativos neste parâmetro perante a administração dos 4 regimes alimentares diferenciados.

No que toca ao balanço azotado, não se verificou efeito da natureza da gordura relativamente ao azoto retido, CRN e CUPN. No que toca à fonte de fibra, a substituição da sêmea de trigo pelo RT também não teve impacto sobre o balanço azotado. Além disto, a composição dos regimes experimentais não afetou significativamente a excreção fecal e urinária de azoto.

Em relação ao desenvolvimento do aparelho digestivo, não se verificaram efeitos do regime alimentar sobre o desenvolvimento do estômago e intestino delgado, assim como dos seus respetivos conteúdos. Esta mesma ausência de efeito também se constata ao nível do peso do pâncreas e do fígado. Apesar do seu comprimento e peso vazio e comprimento do intestino grosso não serem afetados pelas fontes de fibra e de gordura, a utilização de banha no regime dos leitões reduziu o peso do conteúdo do intestino grosso.

A utilização de RT nos regimes alimentares dos leitões reduziu o pH do conteúdo do estômago, intestino delgado e ceco. Nos conteúdos do ceco, o teor de MS diminuiu em leitões alimentados com regimes com banha e sêmea de trigo, tendo aumentado em leitões alimentados com regimes com RT e banha, sendo evidente a interação entre a fonte de gordura e fibra neste parâmetro.

De um modo geral, a composição do regime alimentar dos leitões não afetou significativamente a altura das vilosidades nem a relação da altura das vilosidades com a profundidade das criptas da mucosa intestinal do intestino delgado dos leitões.

Quanto à atividade enzimática microbiana, no conteúdo do intestino delgado a substituição de óleo de soja por banha aumentou a atividade pectinolítica independentemente da natureza da fonte de fibra dos regimes alimentares. Pelo contrário, verificou-se uma interação significativa entre a fonte de fibra e a fonte de gordura na atividade xilanolítica nos conteúdos do intestino delgado, tendo-se verificado que a substituição do óleo de soja pela banha diminuiu a sua atividade com a sêmea de trigo e aumentando com o RT.

Face aos resultados obtidos neste ensaio experimental, foi possível concluir que o RT é um subproduto com potencial de fonte de fibra, proteína e carotenoides bem tolerado pelos leitões na fase de pós-desmame, não tendo problemas ao nível da palatabilidade, digestibilidade, morfologia da mucosa intestinal e atividade enzimática microbiana. Além disto, ao nível das performances zootécnicas, verifica-se que estas não são significativamente afetadas.

A utilização do RT com baixo nível de incorporação (apenas 5%) não penalizou os leitões, existindo interesse futuro em que se utilize o RT em níveis de inclusão superiores.

VII. Bibliografia

Alicata, M. L., Bonanno, A., Giaccone, P., Leto, G. & Battaglia, D. (1988). Use of tomato skins and seeds in the feeding of meat rabbits. *Rivista di Coniglicoltura*, 25 (1), 33-36.

Argenzio, R.A. (1981). Short chain fatty acids and the colon. *Digestive Diseases and Sciences*, 26 (2), 26-97. Acedido em Out. 11, 2013. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01312223#page-1>

Bach Knudsen, K. E., Jensen, B. B., Andersen, J.O. & Hansen, I. (1991). Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions. 2. Microbial activity in the gastrointestinal tract. *British Journal of Nutrition*, 65, 233-248. Acedido em Out. 9, 2013. Disponível em: http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN65_02%2FS0007114591000296a.pdf&code=805b6e91e9f4e1b3d298f403f4d38dc7

Barroso, F. G., Martínez, T. F., Bernal, A., Megías, M. D., Martínez-Teruel, A., Madrid, M. J. & Hernández, F. (2008). Alimentación de ovejas con ensilados basados en el fruto del tomate. *Albeitar*, 120, 6-9.

Braude, R., Keal, H.D. & Newport, M.J. (1976). The effect of different proportions of beef tallow or soya-bean oil and dried skim milk in the diet on growth, feed utilization, apparent digestibility and carcass composition. *British Journal of Nutrition*, 35, 253-258.

Brito, M. S., Oliveira, C.F. S., Silva, T. R. G., Lima, R. B., Morais, S. N. & Silva, J. H. V. (2008). Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos: revisão. *Acta Veterinaria Brasileira*, 2(4), 111-117. Acedido em Out. 11, 2013. Disponível em: <http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/acta/article/view/917/695>

Brooke, G. (2010). *The effects of dietary fat supplementation on grower/ finisher pig performance and digestibility*. Ph.D. Thesis. Perth: B. Agr.Sc., Murdoch University. Acedido em Nov. 16, 2013. Disponível em: <http://researchrepository.murdoch.edu.au/4151/2/02Wholeb.pdf>

Caluya, R.R., Sair, R. R. & Balneg, B. B. (2000). Fresh tomato pomace (FTP) as good feed for growing and fattening pigs [abstract] [versão electrónica]. In PCARRD Highlights '99: summary proceedings, *Research and development Symposia*, Los Banos, Philippines, July-September, p. 143. Acedido em Jan. 16, 2013. Disponível em: <http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=2001/PH/PH01003.xml;PH2001100569>

Caluya, R.R., Sair, R. R., Recta, G. M. & Balneg, B. B. (2003). *Tomato pomace as feed for livestock and poultry*. Acedido em Fev. 19, 2013. Disponível em: http://research.mmsu.edu.ph/downloads/tomato_pomace.pdf

Campos, W. E., Saturnino, H. M., Costa Cruz Borges, A. L., Reis e Silva, R., Mourão de Sousa, B., Campos, M. M. & Pinheiro Rogério, M. C. (2007). Apparent digestibility of diets containing different proportions of tomato by-products. *Ciência Animal Brasileira*, 8 (3), 479-484.

Carneiro, J. & Junqueira, L. C. (2004). *Histologia Básica*. (10ª edição). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A.

Cera, K. R., Mahan, D. C. & Reinhart, G. A. (1989). Digestibility's and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. *Journal of Animal Science*, 67, 2040-2047. Acedido em Out. 21, 2013. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/67/8/2040.full.pdf+html>

Chamone, J.M.A., Melo, M.T.P., Arouca, C.L.C., Barbosa, M.M., Souza, F. A. & Santos, D. (2010). Fisiologia digestiva dos leitões. *Nutritime*, 7 (5); 1353-1363. Acedido em Ago. 6, 2013. Disponível em: [http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/123V7N5P1353_1363SET2010 .pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/123V7N5P1353_1363SET2010.pdf)

Chiang, S.H., Pettigrew, J. E., Clarke, S. D. & Cornelius, S. D. (1989). Digestion and absorption of fish oil by neonatal piglets. *Journal of Nutrition*, 119 (11), 1741-1743. Acedido em Out. 11, 2013. Disponível em: <http://jn.nutrition.org/content/119/11/1741.long>

Cho, J. H. & Kim, I. H. (2012). Fat utilization for pigs: a review. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11 (6), 878-882.

Choct, M. (1997). Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. *Feed Milling International*, 13-26. Acedido em Out. 12, 2013. Disponível em: <http://www-personal.une.edu.au/~mchoct/FIA%20Paper.pdf>

Coffey, R. D., Parker, G. R. & Laurent, K. M. (2013). *Feeding and managing the weaned pig*. Acedido em Out. 5, 2013. Disponível em: <http://www.uky.edu/Aq/AnimalSciences/pubs/asc149.pdf>

Confagri. (2013). *Preço da carne de porco subiu mas custos dos produtores aumentaram 6,6 por cento*. Acedido em Set. 19, 2013. Disponível em: <http://www.confagri.pt/Noticias/Pages/noticia44689.aspx>

Conway, P. L. (1994). Function and regulation of the gastrointestinal microbiota of the pig. In W. B. Souffrant & H. Hagemester (Eds.). *Proceedings of the VIth International Symposium on Digestive Physiology in Pigs*, Bad Doberan, Germany, 4-6 October 1994, EAAP Publication, 86, 231-240.

Corring, T., Aumeître, A., Durand, G. (1978). Development of digestive enzymes in the piglet from birth to 8 weeks. I. Pancreas and pancreatic enzymes. *Nutrition and metabolism*, 22, 231-243.

Del Valle, M., Cámara, M., Torija, M. E. (2006). Chemical characterization of tomato pomace. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 86 (8), 1232-1236.

Denek, N. & Can, A. (2006). Feeding value of wet tomato pomace ensiled with wheat straw and wheat grain for Awassi sheep. *Small Ruminant Research*, 65 (3), 260-265.

Doreau, M., Chilliard, Y. (1997). Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals, *British Journal of Nutrition*, 78, Suppl. 1, S15-S35. Acedido em Set. 10, 2013. Disponível em: http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN78_01%2FS0007114597001037a.pdf&code=0217e63fbaff6377a8274c4fdfabca59

Duarte, L. C., Esteves, M.P., Carvalheiro, F., Vicente, P. & Gírio, F. M. (2007). Os subprodutos agroindustriais de natureza lenhocelulósica: caracterização da situação portuguesa. *Revista de Engenharia Química*, 5, 52-62.

Duran-Montgé, P., Lizardo, R., Torrallardona, D. & Esteve-Garcia, E. (2007). Fat and fatty acid digestibility of different fat sources in growing pigs. *Livestock Science*. 109, 66-69. Acedido em Nov. 21, 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141307000698>

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

Eusebio, J.A., Hays, V. W., Speer, V. C. & Mccal, J.T. (1965). Utilization of fat by young pigs. *Journal of Animal Science*. 24, 1001-1007. Acedido em Set. 10, 2013. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/24/4/1001.full.pdf>

FAO.(2013). *Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substracts for generation of other value added products*. Roma: RAP Publication. Acedido em Out. 20, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3273e/i3273e.pdf>

FEDNA (2010a). *Grazas de origem animal*. Acedido em Nov. 19, 2013. Disponível em: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/grasas-de-origen-animal

FEDNA (2010b). *Aceites y oleínas de origen vegetal* . Acedido em Nov. 19, 2013. Disponível em: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/aceites-y-ole%C3%ADnas-de-origen-vegetal

Ferreira, L.M.A., Fontés, C.M. & Fernandes, T.H. (1999). A fibra em nutrição animal. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 94, 120-128.

Fooks, L.J.& Gibson, G.R. (2002). Probiotics as modulators of gut flora. *British Journal of Nutrition*, 88 (S1), S39-S49. Acedido em Out. 10, 2013. Disponível em: http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN88_S1%2FS00071145020_01782a.pdf&code=16952fd0b72fa8f4a239898b8d35813a

Freire, J. P. B. (1998). Maneio alimentar dos leitões: adaptação digestiva ao regime de desmame. In *1as Jornadas Internacionais da Suinicultura*, U.T.A.D., Vila Real, pp.111-120.

Freire, J. P. B. (2005). Fisiologia digestiva do leitão: particularidades e consequências. *Revista da Sociedade Científica de Suinicultura*, 1, 12-24.

Freire, J.P.B., Guerreiro, A. J. G., Cunha, L. F. C.& Aumaître, A. (2000). Effect of dietary fiber source on total tract digestability, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned pig. *Animal Feed Science and Technology*, 87, 71-83. Acedido em Set. 30, 2013. Disponível em: <http://elmu.umm.ac.id/file.php/1/jurnal/A/Animal%20Feed%20Science%20and%20Technology/Vol87.Issue1-2.Sept2000/10543.pdf>

Freire, J.P.B., Peiniau, J., Cunha, L.F.C., Almeida, J. A.A. & Aumaître, A. (1996). Effect du son de blé et de la nature des lipides du regime sur la digestibilité, l' activité des enzymes digestives et la lipémie des porcelets méditerranéens de la race Alentejana. *Ann Zootech*, 45, 357- 368. Acedido em Out. 6, 2013. Disponível em: http://animres.edpsciences.org/articles/animres/pdf/1996/04/Ann.Zootech. 0003-424X_1996_45_4_ART0008.pdf

Freire, J.P.B., Peiniau, J., Cunha, L.F.C., Almeida, J.A.A. & Aumaître, A. (1998). Comparative effects of dietary fat in alentejano and large white piglets: digestibility, digestive enzymes, and metabolic data. *Livestock Production Science*, 53, 37-47.

Gabert, V.M., Saur, W.C., Schmitz, M., Ahrens, F. & Mosenthin, R.(1995). The effect of formic acid and buffering capacity on the ileal digestibilities of amino acids and bacterial populations and metabolits in the small intestine of weaned pigs fed semipurified fish meal diets. *Canadian Journal of Animal Science*, 75, 615-623.

Gabinete de Planeamento e Políticas- Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (2007). *Carne: diagnóstico sectorial*. Lisboa: GPP-MADRP. Acedido em Out. 16, 2013. Disponível em: http://www.gpp.pt/pbl/Diagnosticos/Carne_Diagnostico_Sectorial.pdf

Gabinete de Planeamento e Políticas- Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (2013). *Tomate para indústria*. Lisboa: Globalagrimar. Acedido em Out. 16, 2013. Disponível em: <http://www.gpp.pt/GlobalAgriMar/informacao/Docs/Produtos/Fichas/2012S2TomateFI.pdf>

Gómez, M. S. C. (2006). *Development of gut microbiota in the pig: modulation of bacterial community by different feeding strategies*. Tesis de doctorat de producció animal. Bellaterra: Department de ciencia animals i dels aliments, Facultat de Veterinària de Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona. Acedido em Out. 7, 2013. Disponível em: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5671/mcsg1de1.pdf;jsessionid=64CD2FF3B6B30D53DCE1F6FB06D5DDCE.tdx2?sequence=1>

Gu, X. & Li, D. (2003). Fat nutrition and metabolism in piglets: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 109, 151-170.

Gulbrandsen, K. E. (1984). Fish meal for young pigs. *International association of fish meal manufactures*, 17 (1), 2-12. Acedido em Out. 5, 2013. Disponível em: <http://www.iffonet.net/downloads/Technical%20Bulletins/English/TB17%20FM%20for%20Pigs.PDF>

Hedemann, M. S., Eskildsen, M., Lærke, 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.

Heuzé, V., Tran, G., Bastianelli, D., Hassoun P. & Lebas F. (2012). Feedipedia: *Tomato pomace, tomato skins and tomato seeds*. Acedido em Out. 20, 2013, disponível em: <http://www.feedipedia.org/node/689>

Högberg, A., Lindberg, J. E., Leser, T. & Wallgren, P. (2004). Influence of cereal non-starch polysaccharides on ileo-caecal and rectal microbial populations in growing pigs. *Acta Veterinaria Scandinavia*, 45, 87-98. Acedido em Out. 13, 2013. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1820981/pdf/1751-0147-45-87.pdf>

Instituto Nacional de Estatística. (2012). *Estatísticas agrícolas 2012*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.

Jehl, N., Gidenne, T., Le Roux, J.F. (1996). Measurements of the bacterial fibrolytic activity in the caecum and in the soft faeces of the rabbit. In F. Lebas (Ed.), *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress*, Toulouse, France, 9-12 July 1996, pp. 199-203.

Jensen, B. B. & Jørgensen, H. (1994). Effect of dietary fiber on microbial activity and microbial gas production in various regions of the gastrointestinal tract of pigs. *Applied and environmental microbiology*, 60 (6), 1897-1904. Acedido em Out. 7, 2013. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC201578/pdf/aem00023-0203.pdf>

Jørgensen, H., Gabert, V.M., Hedemann, M.S. & Jensen, S.K. (2000). Digestion of fat does not differ in growing pigs fed diets containing fish oil, rapeseed oil or coconut oil. *Journal of Nutrition*, 130, 852-857.

Kavitha, P., Ramana, J. V., Rama Prasad, J., Reddy, P. V. V. S. & Reddy, P. S. (2005). Nutritive value of dried tomato (*Lycopersicon esculentum*) pomace in cockerels. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 5 (1), 107-101.

Kidder, D.E. & Manners, M.J. (1978). *Digestion in the pig*. Bristol: Sciencetechnica.

Kil, D.Y., Sauber, T.E., Jones, D. B. & Stein, H.H. (2010). Effect of the form of dietary fat and the concentration of dietary neutral detergent fiber on ileal and total tract endogenous losses and apparent and true digestibility of fat by growing pigs. *Journal of Animal Science*, 88 (9), 2959-2967. Acedido em Out. 26, 2013. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/88/9/2959.full.pdf+html>

Knudsen, K.E.B., & Hansen. (1991). Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions: Digestibility and bulking properties of polysaccharides and other major constituents. *British Journal of Nutrition*, 65, 217-232. Acedido em Nov. 23, 2013. Disponível em: http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN65_02%2FS00071145_91000284a.pdf&code=b9f4766c76e34a27388169c5ae3c5095

Korezyński, W., Budzyńska, M. & Zebrowska, T. (1997). The influence of dietary fiber on gastric secretion in pigs. In J. P. Laplace, C. Fevrier & A. Barbeau (Eds.). *Proceedings of the VIIIth International Symposium of Digestive Physiology in pigs*, Saint Malo, France, 26 -28 May, pp. 613-616.

Lallès, J.P., Bosi, P., Smidt, H. & Stokes, C.R. (2007). Weaning: a challenge to gut physiologists. *Livestock Science*, 108, 92-93.

Lauridsen, C., Christensen, T. B., Halekoh, U. & Jensen, S. K. (2007). Alternative fat sources to animal fat for pigs. *Lipid Technology*, 19 (7), 156-159. Acedido em Out. 10, 2013. Disponível em: <http://pure.agrsci.dk:8080/fbspretrieve/809721/fulltext.pdf>

Leser, T.D., Amenuvor, J.Z., Jensen, T.K., Lindecrone, R.H., Boye, M. & Moller, K., (2002). Culture-independent analysis of gut bacteria, the pig gastrointestinal tract microbiota revisited. *Applied Environmental Microbiology*, 68, 673-690.

Lewis, A. J., & Southern, L. (2001). *Swine Nutrition* (4th ed.). New York: CRC Press.

Li, D. F., Thaler, R. C., Nelssen, J. L., Harmon, D. L., Allee, G. L. & Weenden, T. L. (1990). Effect of fat sources and combinations on starter pig performances, nutrient digestibility and intestinal morphology. *Journal of Animal Science*, 68, 3694-3704. Acedido em Out. 21, 2013. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/68/11/3694.long>

Lira, R. C., Rabello, C. B. V., Mohaupt, M. L. M. C., Vanderlei, F. P., Quintão, L. G. R. & Lana, S. R. V. (2010). Productive performance of broiler chickens fed tomato waste. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, 39 (5), 1074-1081. Acedido em Out. 20, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151635982010000500018&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Lojewska, D. B., Pieszka, M. (2011). Modulating gastrointestinal microflora of pigs through nutrition using feed additives. *Annals of Animal Science*. 11 (3), 333-355. Acedido em Out. 7, 2013. Disponível em: <http://www.izoo.krakow.pl/czasopisma/annals/2011/3/art01.pdf>

Low, A. G. (1993). Role of dietary fiber in pig diets. In D. J. A. Cole, W. Haresign & P. C. Garnsworthy (Eds.), *Recent Developments in Pig Nutrition 2*. (pp.137-162). Nottingham: Nottingham University Press.

Mace, O.J. & Marshall, F. (2013). Gut chemosensing and the regulation of nutrient absorption and energy supply. *Journal of Animal Science*, 91, 1932-1945. Acedido em Nov. 9, 2013. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/91/5/1932.full.pdf+html>

Makkink, C.A., Negulescu, G.P., Guinxin, Q. & Verstegen, M. W.A. (1994). Effect of dietary protein source on feed intake, growth, pancreatic enzyme activities and jejunal morphology in newly-weaned piglets. *Journal of British Nutrition*, 72, 353-368. Acedido em Out. 5, 2013. Disponível em:

http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN72_03%2FS0007114594000401a.pdf&code=dc4286f98253c7b52cf84720c13bb8d5~

Mansoori, B., Modirsanei, M. & Kiaei, M. M. (2008). Influence of dried tomato pomace as an alternative to wheat bran in maize or wheat based diets, on the performance of laying hens and traits of produced eggs. *Iranian Journal of Veterinary Research*, 9 (4), 341-346. Acedido em Jan. 8, 2013. Disponível em: http://www.shirazu.ac.ir/en/index.php?page_id=1574

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.

McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J.F.D. & Morgan, C. A. (2002). *Animal Nutrition*. (6th ed.) Harlow: Pearson Education Limited.

Miller, G.L. (1959). The use of dinitro-salicylic reagent for determination of reducing sugars. *Analytical Chemistry*, 31, 426-428.

Mourato, M. & Louro, L. (2011). *Esquema de Weende*. Acedido em Ago. 29, 2013. Disponível em: <http://www.isa.utl.pt/dqaa/TLQB/Weende.pdf>

Noblet, J. & Le Goff, G. (2001). Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 90, 35-52.

NRC. (1998). *Nutrient requirement of swine* (10th ed.) Washington: Nat. Acad. Press.

Park, S. W., Seo, S. H., Chang, M.B., Shin, I. S. & Paik, I. K. (2009). Evaluation of soybean oil as a lipid source for pig diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22 (9), 1311-1319. Acedido em Set. 9, 2013. Disponível em: <http://www.ajas.info/Editor/manuscript/upload/22-172.pdf>

Partanen, K.H. & Mroz, Z. (1999). Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutritional Research Review*, 12 (1), 117-145. Acedido em Nov. 23, 2013. Disponível em: http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FNRR%2FNRR12_01%2FS0954422499000050a.pdf&code=0896168add205a183395fd739ff44a29

Patrăș, P., Nitrayová, S., Brestenský, M. & Heger, J. (2012). Effect of dietary fiber and crude protein content in feed on nitrogen retention in pigs. *Journal of Animal Science*, 90, 158-160.

Pedersen, R., Andersen, A. D., Hermann-Bank, M. L., Staged, J. & Boye, M. (2013). The effect of high fat diet on the composition of gut microbiota in cloned and non-cloned pigs in lean and obese phenotype. *Gut Microbes*, 4 (5), 1-11.

Peiretti, P.G., Gai, F., Rotolo, L. & Gasco, L. (2012). Effects of diets with increasing levels of dried tomato pomace on the performance and apparent digestibility of growing rabbits. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7 (6), 521-527. Acedido em Fev. 16, 2013. Disponível em: <http://scialert.net/qredirect.php?doi=ajava.2012.521.527&linkid=pdf~>

Persia, M.E., Parsons, C.M., Schang, M. & Azcona, J. (2003). Nutritional evaluation of dried tomato seeds. *Poultry Science*, 82 (1), 141-146. Acedido em Nov. 19, 2013. Disponível em: <http://ps.fass.org/content/82/1/141.full.pdf+html>

Pieper, R., Janczyk, P., Schumann, R., & Souffrant, W. B. (2006). The intestinal microflora of piglets around weaning: with emphasis on lactobacilli. *Archiva Zootechnica*, 6, 28-40. Acedido em Out. 7, 2013. Disponível em: http://www.ibna.ro/arhiva/AZ%209/AZ%209_04%20Pieper.pdf

Pluske, J. R., Kim, J. C., McDonald, D. E., Pethick, D. W. & Hampson, D. J. (2001). Non-starch polysaccharids in the diets of young weaned pigs. In M. A. Varley & J. Wiseman (Ed.), *The weaner pig: nutrition and management*. (pp. 81-112). Oxon: CAB International.

Pupa, J. M. R. (2004). Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos. *Revista eletrônica Nutritime*, 1 (1), 69-73. Acedido em Out. 20, 2013. Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/009V1N1P69_73_JUL2004.pdf

Robinson, I. M., Whipp, S. C., Bucklin, J. A., & Allison, M. J. (1984). Characterization of predominant bacteria from colons of normal and dysenteric pigs. *Applied and environmental microbiology*, 48(5), 964-969. Acedido em Set. 22, 2013. Disponível em; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC241658/pdf/aem00156-0064.pdf>

Roca, M. G. G. (2009). *Valorização do tomate nacional: extração de licopeno por CO₂ supercrítico a partir de repiso de tomate*. Dissertação de mestrado em Engenharia Alimentar. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia- Universidade Técnica de Lisboa.

Rohman, A., Triyana, K., Sisindari & Erwanto, Y. (2012). Differentiation of lard and other animal fats based on triacylglycerols composition and principal component analysis. *International Food Research Journal*, 19(2), 475-479. Acedido em Nov. 28, 2013. Disponível em: [http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20\(02\)%202012/\(14\)IFRJ-2012%20Rohman.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20(02)%202012/(14)IFRJ-2012%20Rohman.pdf)

Rossi, R., Pastorelli, G., Cannata, S. & Corino, C. (2010). Recent advances in the use of fatty acids as supplements in pig diets: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 162, 1-11. Acedido em Jan 30, 2013. Disponível em: <http://www1.feedtrade.com.cn/download/documents/%E7%8C%AA%E6%96%99%E6%B7%B%E5%8A%A0%E8%84%82%E8%82%AA%E7%9A%84%E7%A0%94%E7%A9%B6%E8%BF%9B%E5%B1%95%20Recent%20advances%20in%20the%20use%20of%20fatty%20acids%20as%20supplements%20in%20pig%20diets.pdf>

Rowan, J.P., Durrance, K.L., Combs, G.E. & Fisher, I.Z. (2010). *Digestive tract of the pig*. Agrovvet Market. Acedido em Nov. 3, 2013. Disponível em: <http://www.agrovvetmarket.com/TechnicalArticlesUI.aspx?.language=2&.article=120>

SAS.(1991). *SAS Systems for Linear Models*. (3th ed.) Cary: SAS Institute Inc.

Scheller, H. V., Ulvskov, P.(2010). Hemicelluloses. *Annual Review of Plant Biology*,61, 263-289.

Sogi, D.S. & Bawa, A.S. (1998). Studies on dehydration of tomato processing waste. *Indian Food Packer*, 52(2): 26-29.

Steer, T., Carpenter, H., Tuohy, K., & Gibson, G. R. (2000). Perspectives on the role of the human gut microbiota and its modulation by pro- and prebiotics. *Nutrition Research Reviews*, 13, 229-254. Acedido em Out. 10, 2013. Disponível em: http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FNRR%2FNRR13_02%2FS095442240000743a.pdf&code=064998bbcff5a1d63592b187924f0996

Stefan, J.(1999). *The exocrine pancreatic secretion in pigs and its hormonal regulation as influenced by carbohydrates and fats given per os or infused intraduodenally*. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften. Eilwangen: Institut für Tierernährung-Universität Hohenheim. Acedido em Out. 21, 2013. Disponível em: <http://d-nb.info/987248944/34>

Tabeidian, S. A., Toghyani, M., Toghyani, M. & Shahidpour, A. (2011). Effect of incremental levels of dried tomato pomace with and without dietary enzyme supplementation on growth performance, carcass traits and ileal protein digestibility of broiler chicks. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10 (4), 443-448.

Thompson, L., Cockayne, A. & Spiller, R. C. (1994). Inhibitory effect of polyunsaturated fatty acids on the growth of *Helicobacter pylori*: a possible explanation of the effect of diet on peptic ulceration. *Gut*, 35, 1557-1561. Acedido em Nov. 23, 2013. Disponível em: <http://gut.bmj.com/content/35/11/1557.full.pdf>

Van der Klis, J.D., Jansman, A.J.M. (2002). Optimising nutrient digestion, absorption and gut barrier function in monogastrics: reality or illusion? In M.C. Blok, H. A. Vahl, L. Lange, A. E. Braak, G. Hemke & M. Hessing (Eds.). *Nutrition and health of the gastrointestinal tract*. (pp. 15-36) Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic Publishers.

Van Soest, P. J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods for Dietary Fiber Neutral Detergent Fiber and Non-starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. Acedido em Ago. 29, 2013. Disponível em: <http://webpages.icav.up.pt/ptdc/CVT/098487/2008/Van%20Soest,%201991.pdf>

Varel, V. H. & Yen, J. T. (1997). Microbial perspective on fiber utilization by swine. *Journal of Animal Science*, 75, 2715-2722. Acedido em Out. 8, 2013. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/75/10/2715.full.pdf>

Varel, V.H. (1987). Activity of fiber-degradating microorganisms in pig large intestine. *Journal of Animal Science*, 65, 488-496. Acedido em Out. 10, 2013. Disponível em: <http://www.animal-science.org/content/65/2/488.full.pdf>

Weiss, W. P., Frobose, D. L. & Koch, M. E. (1997). Wet tomato pomace ensiled with corn plants for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80, 2896-2900.

Wenk, C. (2001). The role of dietary fiber in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science and Technology*, 90, 21-23.

Williams P.E.V., Geraert P.A., Uzu G., Annison G. (1997). Factors affecting non-starch polysaccharides digestibility in poultry. In P. Moran & Fehr (Ed.). *Feed manufacturing in Southern Europe: New challenges*. Zaragoza: CIHEAM, 26, pp. 125-134. Acedido em Jun. 13, 2013. Disponível em : <http://om.ciheam.org/om/pdf/c26/97605979.pdf>

Wiseman, J., Pickard, J. & Zarkadas, L. (2001). Starch digestion in piglets. In M. A. Varley & J. Wiseman (Ed.), *The weaner pig: nutrition and management*. (pp. 65-80). Oxon: CAB International.

World Tomato Processing Council. (2013). *WPTC World production estimate of tomatoes for processing*. Acedido em Out. 16, 2013. Disponível em: <http://www.wptc.to/pdf/releases/WPTC%20world%20production%20estimate%20as%20of%206%20september%202013.pdf>

Yen, J.T. (1991). Potential contribution of absorbed volatile fatty acids to whole-animal energy requirement in conscious swine. *Journal of Animal Science*, 69, 2001-2012. Acedido em Out. 9, 2013. Disponível em: <http://www.journalofanimalscience.org/content/69/5/2001.long>

Zhang, H., Malo, C., Buddington, R. K. (1997). Suckling induces rapid intestinal growth and changes in brush border digestive functions in newborn pigs. *Journal of Nutrition*, 127, 418-426.