

INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM
Escola Superior Agrária



O repiso de tomate – Conservação por ensilagem

José Leandro Regedor da Silva

Santarém
2024

INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM

Escola Superior Agrária

Curso de Mestrado em Engenharia Agronómica



O repiso de tomate – Conservação por ensilagem

Trabalho com vista à obtenção do
grau de mestre em Engenharia Agronómica

José Leandro Regedor da Silva

N.º 180300189

Orientador interno: Professor Doutor Paulo Pardal

Orientador externo: Doutor José Manuel Bento Santos Silva

Co-orientadora externa: Engenheira Maria Teresa Paes Vacas de Carvalho Ponce Dentinho

Agradecimentos

À Escola Superior Agrária de Santarém, por me ter recebido durante estes anos.

Ao Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), que permitiu a realização do estágio.

Ao coordenador do mestrado, o Professor Manuel Adaixo, pelo apoio prestado ao longo do curso, das cadeiras e no trabalho de projeto.

Ao meu orientador interno, o Professor Doutor Paulo Pardal, pelo apoio prestado nestes anos, no estágio e pela ajuda no trabalho final de curso.

À minha co-orientadora externa, a Engenheira Teresa Dentinho, pela ajuda no trabalho, e também nas tarefas, quer no campo, quer no laboratório. Pelos ensinamentos, pela paciência, pela amizade e pelo interesse nesta área fascinante e importante.

Ao meu orientador externo, o Doutor José Santos Silva, por tão bem me ter recebido e acompanhado ao longo deste tempo, pelos ensinamentos, pela paciência, pelo carinho e amizade.

A todas as pessoas que não foram nominalmente mencionadas, mas de alguma forma contribuíram para viabilizar este trabalho.

À minha namorada, pela força, pela paciência, pelo apoio e pelo amor demonstrado ao longo deste caminho percorrido.

Aos meus pais e à minha irmã, por me terem tornado o que sou hoje, pela força, pela paciência, pelo apoio, pelo amor e pelos princípios e valores que me ensinaram dignamente.

Resumo

A utilização de coprodutos agro-industriais produzidos localmente pode ser uma alternativa interessante para a produção de alimentos para animais, uma vez que a maior parte dos alimentos compostos utilizados na produção animal consiste principalmente em matérias-primas importadas, sobretudo farinha de soja e cereais. Por conseguinte, quando os coprodutos são utilizados, tornam-se mais valiosos, promovendo a circularidade da economia e reduzindo a concorrência com os seres humanos pela alimentação. A indústria do tomate é muito importante em Portugal e gera uma grande quantidade de repiso, um coproduto de grande interesse para a alimentação animal. A produção de tomate em Portugal decorre entre julho e setembro, o que justifica a necessidade de conservar o repiso de tomate para poder ser utilizado fora de época. O objetivo deste estudo foi analisar diferentes formas de conservação do repiso de tomate (RT) sob a forma de silagem. Foram comparadas cinco silagens que incluíam repiso de tomate: 1) apenas RT; 2) 30 % de batata-doce (BD), 35% de RT, 15% de feno de luzerna e 20% de sêmea de trigo; 3) 30% de batata (BAT), 35% de RT, 15% de feno de luzerna e 20% de sêmea de trigo; 4) 30% de cenoura (CEN) e 35% de RT, 15% de feno de luzerna e 20% de sêmea de trigo; 5) 55% de forragem de milho e 45% de RT. Para avaliar as diferentes silagens, foram considerados os parâmetros químicos e de fermentação e o valor nutricional. Todas as silagens produzidas estavam bem conservadas e apresentavam um elevado valor nutritivo. O repiso de tomate pode ser ensilado sozinho, mas são de esperar perdas elevadas de compostos solúveis por lixiviação, uma vez que a matéria seca (MS) é muito inferior à das outras silagens. A combinação de RT com batata-doce, batata e cenoura deu origem a silagens semelhantes e de elevada qualidade. Por conseguinte, a escolha destes co-produtos para combinar com o RT depende sobretudo da disponibilidade e dos custos locais. A mistura de RT com milho forrageiro deu origem a uma silagem com um teor de proteínas mais elevado do que seria de esperar com o milho isolado. Globalmente, pode concluir-se que estes co-produtos permitiram obter silagens de elevada qualidade, reduzindo a dependência das importações, promovendo a sustentabilidade ambiental e reduzindo potencialmente os custos da alimentação animal. O trabalho foi realizado no Pólo de Santarém do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV - Fonte Boa), localizado na Quinta da Fonte Boa, Vale de Santarém, de janeiro a dezembro de 2023.

Palavras-chave: Repiso de tomate, coprodutos agro-industriais, ensilagem.

Abstract

The use of locally produced agroindustrial by-products can be an interesting alternative for the production of animal feeds, since most of the compound feed used in animal production consists mainly in imported raw materials, mostly soybean meal and cereals. Therefore, when by-products are used, they will become more valuable, promoting the circularity of economy, and reducing the competition with humans for food. The tomato industry is very important in Portugal and generates a large quantity of pomace, a by-product of great interest for animal feed. Tomato production in Portugal takes place between July and September, which justifies the need to preserve tomato pomace so that it can be used out of season. The aim of this study was to analyze different ways of preserving tomato pomace (TP) in the form of silage. Were compared five silages including tomato pomace: 1) TP alone; 2) 30 % of sweet potatoes (BD), 35 % TP, 15% alfalfa hay and 20% wheat bran; 3) 30 % potatoes (BAT), 35 % TP, 15% alfalfa hay and 20% wheat bran; 4) 30 % carrots (CEN) and 35 % TP, 15% alfalfa hay and 20% wheat bran; 5) 55 % of maize forage and 45 % TP. To evaluate the different silages, chemical and fermentation parameters and the nutritional value were considered. All the silages produced were well preserved and presented high nutritional value. Tomato pomace can be ensiled alone, but high losses of soluble compounds through leaching are to be expected, because the dry matter was much lower than in the other silages. Combining TP with sweet potatoes, potatoes and carrots resulted in similar, high-quality silages. Therefore, the choice of these co-products to combine with TP depends above all on local availability and costs. Mixing TP with forage maize resulted in a silage with a higher protein content than would be expected with maize alone. Overall, it can be concluded that these co-products have made it possible to obtain high quality silage, reducing dependence on imports, promoting environmental sustainability and potentially reducing animal feed costs. The work was carried out at the Santarém Pole of the National Institute for Agrarian and Veterinary Research (INIAV - Fonte Boa), located at Quinta da Fonte Boa, Vale de Santarém, from January to December 2023.

Keywords: Tomato pomace, agro-industrial by-products, silage.

Lista de Abreviaturas e Símbolos

ADF	Fibra insolúvel em detergente ácido
ADL	Lenhina em detergente ácido
BAT	Batata
BD	Batata Doce
CB	Cinza Bruta
CEN	Cenoura
CO₂	Dióxido de Carbono
EM	Energia metabolizável
EUA	Estados Unidos da América
EZN	Estação Zootécnica Nacional
FB	Fibra Bruta
GB	Gordura Bruta
ha	Hectares
INIAV	Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
N-NH₃	Azoto amoniacal
N-Solúvel	Azoto solúvel
NDF	Fibra insolúvel em detergente neutro
O₂	Oxigénio
PB	Proteína Bruta
PBD	Proteína Bruta Digestível
SAS	Statistical Analysis System
SM	Silagem de Milho
t	Toneladas
WPTC	World Processing Tomato Council

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Lista de Abreviaturas e Símbolos	iv
Índice	v
1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica	2
2.1. Planta do tomate	2
2.1.1. Origem	2
2.1.2. Classificação taxonómica	3
2.1.3. Classificação morfológica	3
2.1.4. Desenvolvimento da planta do tomate.....	4
2.1.5. Condições edafoclimáticas	5
2.2. Produção e transformação do tomate em Portugal	6
2.3. Impacto ambiental dos coprodutos do tomate.....	7
2.4. Repiso de tomate.....	7
2.5. Utilização do repiso de tomate na alimentação animal	8
2.6. Ensilagem	9
2.6.1. Método de conservação por ensilagem.....	9
2.6.1.1. Fase aeróbica.....	9
2.6.1.2. Fase fermentativa.....	10
2.6.1.3. Fase estável	11
2.6.1.4. Fase de utilização.....	11
2.6.2. Perdas na ensilagem	12
2.6.2.1. Perdas por oxidação	12
2.6.2.2. Perdas por fermentação.....	13

2.6.2.3. Perdas por efluentes	13
3. Material e Métodos.....	14
3.1. Descrição do local de estágio.....	14
3.2. Silagens	14
3.3. Preparação das silagens.....	15
3.4. Análises laboratoriais	17
3.5. Análise estatística.....	18
4. Resultados.....	18
4.1. Parâmetros químicos	18
4.2. Parâmetros nutritivos	19
4.3. Parâmetros fermentativos	20
5. Discussão.....	21
6. Conclusões.....	24
7. Referências Bibliográficas.....	25

Índice de Figuras

Figura 1. Máquina de ensilar.....	16
-----------------------------------	----

Índice de Quadros

Quadro 1. Composição química das matérias-primas utilizadas nas silagens em estudo (batata doce, batata, cenoura, milho forragem e repiso de tomate).....	15
Quadro 2. Proporção das matérias-primas que foram utilizadas na produção das silagens.....	16
Quadro 3. Composição química das cinco silagens com repiso de tomate.	18
Quadro 4. Valor nutritivo das silagens com repiso de tomate.....	19
Quadro 5. Parâmetros fermentativos das silagens com repiso de tomate.....	20

1. Introdução

Diante da crise climática, medidas que visem a requalificação dos resíduos agroindustriais e a circularidade na produção agrícola, são formas de mitigação dos impactos negativos da ação humana no planeta. Os coprodutos agroindustriais são uma componente importante no total de resíduos industriais, podendo representar 90 % do total nos países onde estas indústrias têm maior expressão, como pode ser exemplo a Tanzânia (Mulligwe e Kaseva, 2006). Uma grande quantidade destes coprodutos pode ser utilizada na produção animal.

Atualmente, os alimentos concentrados utilizados na produção pecuária são compostos principalmente por bagaços de oleaginosas e cereais, sendo Portugal um país altamente deficitário neste conjunto de matérias-primas (Santos-Silva, 2018).

Como alternativa, vários coprodutos da agro-indústria podem ser fontes de nutrientes primários e também de compostos bioativos (Dentinho, 2021), que poderão ser aplicados na alimentação animal (Guerreiro *et al.*, 2021), deixando os cereais disponíveis principalmente para utilização na alimentação humana (Francisco, 2016). Para além da maior racionalidade na utilização dos recursos disponíveis, a utilização de coprodutos agroindustriais apresenta outras vantagens como: a redução dos custos da alimentação e a valorização de produtos que normalmente não têm valor económico e que obrigatoriamente têm que ser eliminados pelas empresas produtoras. Assim, pode reduzir-se o impacto ambiental gerado pelo setor agroindustrial (Pelizer *et al.*, 2007; Guerreiro *et al.*, 2021) e faz-se o aproveitamento de biomassa e de nutrientes disponíveis no país (Laufenberg *et al.*, 2003).

Um coproduto abundante produzido em Portugal, é o repiso de tomate. Este contém uma composição química muito interessante e pode ser utilizado em alimentação animal (Dentinho *et al.*, 2021). É de produção sazonal estando disponível nos meses de julho, agosto e setembro. Contém elevado teor de humidade e por isso altera-se rapidamente pelo que para a sua estabilização e utilização durante um período mais longo, necessita de ser conservado (Guerreiro *et al.*, 2021).

O objetivo principal deste estudo foi estudar a conservação do repiso de tomate sob a forma de silagem considerando diferentes misturas, através da avaliação dos parâmetros químicos, fermentativos e do valor nutritivo das silagens obtidas.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Planta do tomate

2.1.1. Origem

A primeira designação científica do tomateiro foi atribuída pelo botânico francês Joseph Pitton de Tournefort, classificando-o como *Lycopersicon esculentum* Mill. Mais tarde, o nome científico sofreu algumas modificações, acabando por ficar em definitivo como *Solanum lycopersicum* L. (Aguiar, 2013).

O tomateiro é uma planta originária da região dos Andes situada entre o Chile e o Equador (Almeida, 2006). De acordo com Dam *et al.* (2005), a planta começou a ter uso doméstico no México, através dos Astecas. No entanto, foi no Peru onde se registou o primeiro centro de diversificação da espécie (Sacco *et al.*, 2015).

O cultivo do tomate só foi introduzido na Europa a partir de 1544 (Wemans, 2017). Acredita-se que foram espanhóis na época do descobrimento da América do Sul, que, achando o tomateiro uma planta ornamental, trouxeram as sementes para a Europa e assim terá começado o seu cultivo neste continente (Martins, 2017). De seguida, o tomateiro terá sido introduzido na Ásia e em África. Segundo Norman (1992), a planta chegou ao continente Africano por Portugal no século XVI e XVII e tornou-se numa das culturas mais relevantes do continente.

Apenas no século XIX é que o tomate passou a ter um enorme consumo, sendo a Itália o primeiro país a cultivá-lo em larga escala (Martins, 2017). Contudo, a grande expansão do tomate a nível mundial se deu no século XX, através do desenvolvimento da indústria e processamento de concentrado (Almeida, 2006).

Em relação a Portugal, as principais zonas de produção de tomate encontram-se no Ribatejo, Algarve, Oeste e Entre-Douro-e-Minho. No entanto, a cultura do tomate para indústria é realizada principalmente nos regadios do Alentejo, Ribatejo, Vale do Sorraia e Tejo (Wemans, 2017).

2.1.2. Classificação taxonómica

O tomateiro pertence ao reino *Plantae*, grupo das Angiospérmicas Eudicotiledóneas, ordem *Solanales*, família *Solanaceae* e subfamília *Solanoideae*. O género a que pertence – *Solanum* - engloba cerca de 1200 espécies, sendo uma delas, a *Solanum lycopersicum*: o tomateiro (Aguiar, 2020).

2.1.3. Classificação morfológica

O tomateiro é uma planta perene, de cultivo anual. É uma planta angiospérmica, encontra-se dividida em 3 partes, sendo elas a raiz, o caule e as folhas. De acordo com Teixeira (2013), a raiz tem como função principal promover à fixação ao substrato, armazenamento de substâncias e absorver água e nutrientes do solo. O seu sistema radicular é mais apurado e profundo em sementeiras diretas (podendo chegar aos 1,5 m) e mais superficial quando semeado em viveiro e depois transplantado, com maior incidência de raízes adventícias e laterais constituídas a partir do caule (Naika *et al.*, 2006; Wemans, 2017).

O caule é mais ou menos ramificado e sustenta as estruturas fotossintéticas. Engloba um sistema condutor de água e minerais para as folhas e transfere delas os produtos finais da fotossíntese. Por norma, os caules são flexíveis e têm o crescimento alongado, terminal e intercalar, podendo ter uma altura entre os 2 e 4 metros (Anderlini, 1982). O sistema de ramificação do tomateiro é simpodial e pode apresentar brácteas ou pseudo-estípulas na união das folhas ou inflorescências com o caule principal (Martins, 2017).

As plantas podem ser de porte variável (de prostrado a ereto), podendo ultrapassar alturas de mais de 2 m. Os caules, os pedúnculos e as folhas, possuem tricomas glandulares que soltam um odor característico em relação ao toque (Teixeira, 2013). Em relação às folhas, estas constituem as estruturas fotossintéticas da planta, que captam a luz solar e geram os órgãos reprodutores. O tipo de inserção das folhas é alternado, com 7 a 9 folíolos pubescentes (Almeida, 2006).

As inflorescências são cimeiras díparas, constituídas normalmente por 4 a 12 flores, que se distinguem no meristema apical do caule, mas devido à ramificação

simpodial do tomateiro, acabam por adotar uma posição no caule entre as folhas (Wemans, 2017).

As flores são actinomorfas, com a corola amarela, completas e hermafroditas. As anteras estão unificadas, criando um tubo oco em volta do pistilo. O estilete é curto pelo que o estigma se encontra dentro do tubo formado pelas anteras. O gineceu é composto por 2 ou mais carpelos (Almeida, 2006).

A polinização é 95% autogâmica e o seu ovário é súpero. Por fim, o tomate é uma baga plurilocular, pesando entre 5 e 500 gramas. Já a sua forma, viscosidade, cor e o seu grau Brix, podem variar consoante o estado de maturação e a variedade (Wemans, 2017).

2.1.4. Desenvolvimento da planta do tomate

O ciclo de vida da planta do tomate é composto por várias etapas, entre elas: o crescimento inicial, com duração de 25 a 30 dias; o crescimento vegetativo, entre 20 e 25 dias; a floração, de 20 a 30 dias; e a formação do fruto e amadurecimento até ao final da colheita (Shamshiri *et al.*, 2018). Ao longo deste ciclo, as folhas são essenciais para fornecer produtos da fotossíntese necessários à formação destas diferentes estruturas (Almeida, 2006).

A fase reprodutiva pode começar simultaneamente com a formação de folhas laterais, dependendo do hábito de crescimento da planta (Wemans, 2017). Segundo Almeida (2006), nas cultivares de crescimento determinado, a primeira inflorescência acontece após a formação de 5 a 7 folhas. Já nas cultivares de crescimento indeterminado, ocorre após a formação de 6 a 11 folhas. Na fase de desenvolvimento reprodutivo, resulta de um conjunto de fatores como o crescimento do tubo polínico, a polinização, a germinação dos grãos de pólen, a fertilização e o vingamento. Nesta fase, é fundamental que a temperatura ambiente se situe entre os 18 e 25 °C (Wemans, 2017).

Na fertilização, o fruto irá crescer lentamente, durante aproximadamente 2 semanas, dando origem à divisão celular. Posto isto, nas semanas seguintes ocorre uma fase de crescimento mais rápida, promovendo o alongamento celular (Wemans, 2017). Duas semanas depois, irá existir uma fase de desaceleração do crescimento, até chegar ao estado final, a fase de amadurecimento (Almeida, 2006).

O etileno, que é um gás que se produz nos frutos, onde atua como hormona vegetal, cuja concentração determina a evolução do processo de amadurecimento.

Existem 6 estádios na maturação do tomate. Relativamente ao 1º estádio, este representa o tomate verde maduro, ou seja, inicia-se quando o tomate ainda se encontra verde mas em que o lóculo já está gelificado. O último estádio, número 6, corresponde ao tomate vermelho maduro (Almeida, 2006).

2.1.5. Condições edafoclimáticas

O cultivo do tomateiro tem muitas exigências edafoclimáticas relacionadas com a disponibilidade hídrica, a temperatura ambiente, a humidade, a luminosidade e também a disponibilidade do solo em nutrientes com níveis suficientes para garantir as necessidades da planta ao longo de todas as fases do ciclo (Martins, 2017). De acordo com Gongolee (2014), nas regiões da Europa, onde só é possível cultivar numa determinada época do ano, por norma, planta-se em maio e colhe-se entre julho e agosto, desenvolvendo-se assim as plantas na época mais quente do ano.

O tomateiro é muito sensível à temperatura ambiente. Para a semente germinar, é requerida uma temperatura ambiente entre os 18 e os 30 °C, e durante a fase crescimento, a temperatura ambiente ideal situa-se entre os 18 e 20 °C (Martins, 2017; Wemans, 2017). Na fase de floração, a temperatura deve-se situar entre 17 e 25 °C, com diferenciação floral a ser apoiada por uma amplitude térmica diária de 10 °C (Wemans, 2017). Por outro lado, temperaturas muito elevadas impedem a síntese de licopeno, afetando a qualidade dos frutos (Martins, 2017).

O tomateiro adequa-se bem a diversos tipos de solos, desde que bem drenados. No entanto, prefere solos de textura franca, areno-argilosa, soltos e profundos, bem providos de matéria orgânica (MO). Embora possa suportar solos com valores de pH entre 5,5 e 7, os valores de pH ideais para o correto desenvolvimento do tomateiro situam-se entre os 6-6,5 (Almeida, 2006).

O ciclo cultural do tomate de indústria em Portugal varia entre os 90 e 120 dias, com as plantações a começarem no final de março até a meio de junho, e a colheita a meio de julho até meio de outubro, encerrando assim o ciclo (Wemans, 2017).

2.2. Produção e transformação do tomate em Portugal

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é dos vegetais mais consumidos mundialmente (Jesus, 2021) e Portugal possui características edafoclimáticas ótimas para o seu cultivo (Roca, 2009). O cultivo do tomate tem uma grande importância económica e social, e sua produção concentra-se principalmente nas regiões do Alentejo e Ribatejo. Em 2021, a quantidade rececionada de tomate para a indústria alcançou 1,591 milhões de toneladas (INE, 2022), representando 99,3% das diferentes culturas produzidas, sendo Portugal um dos maiores produtores da Europa, exportando cerca de 95% da produção de concentrado de tomate (INE, 2021).

Segundo o World Processing Tomato Council (WPTC, 2021), Portugal é o sexto maior produtor de tomate do mundo, estando apenas atrás dos Estados Unidos (EUA), China, Itália, Espanha e Chile.

Nos últimos 10 anos, a superfície agrícola dedicada à cultura do tomate tem variado, tendo-se entre 2015 e 2017 plantado 20.844 ha/ano, enquanto que em 2020 apenas 15.042 ha. A superfície agrícola de tomate em 2021 cresceu 17,7% em comparação com o ano 2020, chegando aos 17.698 ha (INE, 2022). No que diz respeito aos níveis de produção, o seu pico máximo foi em 2015, com 1 929 102 toneladas (t), e o seu mínimo foi em 2013, com 1 186 840 t. Nos últimos anos tem existido um grande crescimento, passando de 1 394 417 (em 2012) para 1 741 318 t (em 2021) (FAO, 2022).

As únicas regiões em Portugal que produzem tomate para a indústria são o Alentejo e o Ribatejo e Oeste. A região do Ribatejo e Oeste é a mais expressiva em quantidades produzidas, com um valor de 90,8% da produção nacional e 89,8% em superfícies agrícolas utilizadas (INE, 2022).

Relativamente à produção industrial de tomate e dos seus produtos derivados, a produção total aumentou significativamente, passando de 395 306 toneladas em 2018 para 471 991 toneladas em 2021. Em 2021 do tomate laborado, 63,9% destinou-se à produção de concentrado de tomate (301 803 t), 28,9% de polpa, triturado e sumo de tomate (136 497 t) e 7,1% de tomate preparado ou conservado (33 692 t) (FAO, 2022).

De acordo com Alves (2013), no processo de produção de concentrado de tomate, primeiramente realiza-se o descarregamento e o transporte hidráulico do tomate para as linhas de produção onde é feita a lavagem e a seleção. De seguida, o tomate é lavado e

triturado, acabando por ser submetido a um tratamento térmico em permutadores de calor tubulares, para inativação enzimática. Posto isto, através de um conjunto de crivos que efetuam a separação da componente sólida, é refinado, dando origem ao coproduto denominado por repiso (Roca, 2009).

2.3. Impacto ambiental dos coprodutos do tomate

Há muito tempo que os coprodutos da indústria do tomate em fresco são considerados um problema a nível ambiental. Existem países em que os resíduos do tomate são colocados em lagoas perto das fábricas ou então deixados a acumular no local de produção (Caluya *et al.*, 2003; Del Valle *et al.*, 2006).

Os resíduos degradam-se muito rapidamente (em alguns casos em menos de 2 dias) (Caluya, 2000) e libertam um odor bastante desagradável, criando um local de reprodução para várias espécies de insetos transmissores de doenças, como moscas e mosquitos (Caluya *et al.*, 2003).

Portanto, a utilização dos coprodutos da indústria do tomate na alimentação animal poderá ter um impacto importante na prevenção da contaminação ambiental (Del Valle *et al.*, 2006).

2.4. Repiso de tomate

O repiso de tomate é um coproduto resultante da indústria do concentrado de tomate sendo constituído por restos de polpa, sementes e películas do tomate (Guerreiro *et al.*, 2021). Da sua composição, 56% é polpa e pele, e 44% são sementes (Sogi e Bawa, 1998).

Segundo Del Valle *et al.* (2006), este coproduto representa cerca de 4% do peso inicial do fruto (cerca de 18 880 t em 2021) e é muito suscetível a degradação por microrganismos, devido ao seu alto teor de humidade (Lourinhã, 2013), com um valor próximo de 69,6% (Guerreiro *et al.*, 2021).

O repiso de tomate, contém elevado teor de proteína (20,6% MS), de gordura (12,3% MS), de fibra insolúvel em detergente neutro (NDF - 57,1% MS), de fibra insolúvel em detergente ácido (ADF - 47% MS) e lenhina em detergente ácido (ADL - 27,6% MS) (Guerreiro *et al.*, 2021). É rico em vitamina A, ácido ascórbico, β -caroteno,

luteína, licopeno e também possui elevada digestibilidade (60%) (Domínguez *et al.*, 2020).

2.5. Utilização do repiso de tomate na alimentação animal

A utilização deste coproduto na alimentação animal pode ser em fresco ou depois de conservado (seco ou ensilado) (Alves, 2013). O repiso de tomate é muito utilizado na alimentação de ruminantes, principalmente em bovinos de leite (Alves, 2013). O seu elevado teor em humidade, como já foi mencionado anteriormente, inviabiliza o seu uso em natureza, tendo por isso de ser conservado. Por exemplo, quando ensilado com milho forragem, dá origem a uma silagem com ótimas características de conservação que, quando incorporada na alimentação de vacas leiteiras, não afetou a ingestão de MS, assim como a produção e a composição do leite (Weiss *et al.*, 1997).

Também, de acordo com Valenti *et al.* (2018), a inclusão de repiso de tomate desidratado até 20% numa dieta de borregos, não afeta o desempenho produtivo, a qualidade da carne e as características da carcaça.

Segundo Guerreiro *et al.* (2021), o repiso de tomate em monogástricos deve ser dado em quantidades limitadas e só a animais adultos, devido ao seu elevado teor em fibra.

Repiso de tomate ensilado pode ser uma boa fonte de energia e proteína na nutrição animal (Hadjipanayiotou, 1994). Elliott *et al.* (1981) refere que este coproduto também é uma boa fonte de fibra e pode ser utilizado como alternativa às forragens de boa qualidade (Omer e Abdel-Magid, 2015). O teor de proteína bruta digestível (PBD) da polpa de tomate é idêntico ao feno de gramíneas de boa qualidade (Hasimoglu *et al.*, 1979).

Tahmasbi *et al.* (2002) mostraram que o aumento do nível de repiso de tomate na silagem de milho aumentou a digestibilidade da proteína bruta (PB) da silagem. A degradabilidade da proteína do repiso de tomate seco no rúmen avaliada *in sacco* é muito alta, variando entre 65 e 70%, de acordo com Abbeddou *et al.* (2011) ou entre 76 e 78%, segundo Valizadeh e Sobhanirad (2009).

De acordo com Barroso *et al.* (2005), os coprodutos do processamento do tomate não devem ser ensilados sozinhos, uma vez que o elevado teor de água do repiso de tomate resulta em grandes perdas por efluentes e o pH no silo não diminui o suficiente para

garantir uma boa preservação (Hadjipanayiotou, 1994). Logo, é importante adicionar material seco ao repiso, como por exemplo a palha (Barroso *et al.*, 2005). Ziaei *et al.* (2010) relatou que quando o repiso de tomate fresco (15,5% de MS) é misturada com 5 ou 10% de palha de trigo, o produto final após 90 dias é uma silagem bem preservada e fermentada.

2.6. Ensilagem

2.6.1. Método de conservação por ensilagem

Devido às características do repiso de tomate, a secagem ao sol e a ensilagem são métodos de conservação mais fáceis e menos dispendiosos do que a desidratação artificial (Guerreiro *et al.*, 2021).

A ensilagem tem como objetivo a conservação dos alimentos no estado húmido em condições anaeróbias, com o mínimo de perdas de MS e de valor nutritivo do alimento (Freixial *et al.*, 2013; Carita, 2018). Para a eficiência do processo as condições de anaerobiose têm de ser alcançadas no menor período possível, através do armazenamento dos alimentos em silos, bem calcados de forma a eliminar rapidamente o oxigénio (O₂) e hermeticamente fechados para limitar a propagação da flora aeróbia e a atividade oxidativa das enzimas da planta (Dentinho, 1997). Também é necessário a criação, tão rápida quanto possível, de um ambiente ácido por acumulação de ácido láctico, de maneira a reduzir a atividade de microrganismos inconvenientes e das enzimas proteolíticas (Demarquilly, 1986). Basicamente, através da ação das bactérias lácticas, os carboidratos solúveis presentes na matéria prima são convertidos em ácido láctico, que acidifica o meio, criando condições de estabilidade dentro do silo até ao momento da sua utilização (Carita, 2018). Bolsen (1995) citado por Moreira (2002), considera quatro fases do processo de ensilagem, sendo elas a fase aeróbica, a fase fermentativa, a fase estável e a fase de utilização.

2.6.1.1. Fase aeróbica

A fase aeróbica ocorre desde o início até ao desaparecimento do O₂ da massa ensilada, devendo ser o mais curto possível para garantir uma boa conservação com a menor ocorrência de perdas (Moreira, 2002). Quando no ensilamento de forragens, após

o corte, numa fase inicial a atividade respiratória da planta, consome o O₂ e açúcares e produz água, calor e dióxido de carbono (CO₂). Simultaneamente, as enzimas da planta decompõem as proteínas em compostos azotados solúveis, diminuindo o valor proteico da forragem (Muslera e Ratera, 1991).

O prolongamento da fase aeróbica no silo provoca uma elevação da temperatura devido ao calor libertado pela respiração dos tecidos vegetais e pela atividade microbiana. Acima dos 40 °C, podem ocorrer reações de maillard, levando à formação de polímeros entre os açúcares e aminoácidos, reduzindo significativamente a digestibilidade (especialmente o valor da fração proteica) (Muslera e Ratera, 1991; Moreira, 2002). Quanto mais longa for esta fase, maior é a probabilidade de desenvolvimento de leveduras e bolores e maior é o risco de perdas e alterações do material que prejudica a qualidade da silagem (Moreira, 2002).

2.6.1.2. Fase fermentativa

Numa primeira fase entram em atividade enterobactérias, que são bactérias anaeróbias facultativas. Estas são inconvenientes, porque utilizam os açúcares como substrato e também as proteínas, decompondo-as, com formação de ácido acético, um ácido fraco que contribui parcamente para a acidificação do meio, e de nitratos (Moreira, 2002). O pH começa a diminuir e estas bactérias que são sensíveis ao pH ficam inativas e são substituídas pelas bactérias lácticas.

De acordo com Moreira (2002) a fase anaeróbica desenvolve-se desde o primeiro ou do segundo dia até a terceira semana após o fecho do silo.

A fase fermentativa é crucial, devido à rápida multiplicação e atividade das bactérias lácticas. Isso leva a uma rápida e acentuada descida do pH da silagem, o que é pretendido, de modo a parar a atividade microbiana. Nas silagens encontramos duas categorias de bactérias lácticas que transformam os açúcares em ácido láctico, mas com rendimentos diferentes, as homofermentativas e as heterofermentativas. As homofermentativas produzem duas moles de ácido láctico por cada mole de açúcar fermentado e as heterofermentativas produzem uma mole de ácido láctico, uma mole de etanol e uma mole de CO₂, por cada mole de açúcar. A disponibilidade inicial destas bactérias lácticas depende da quantidade de bactérias presentes na matéria prima (Moreira, 2002). Segundo McDonald *et al.* (1991), a rápida redução do pH para valores

próximos de pH 4,5 elimina ou reduz a atividade proteolítica das enzimas, interrompe a atividade desfavorável das enterobactérias e evita o crescimento e a atividade das bactérias mais adversas, como as bactérias butíricas ou os clostrídios. Estas últimas incluem várias espécies, divididas em 2 grupos: proteolíticas e sacarolíticas, de acordo com o substrato que degradam. Moreira (2002) refere que quando o teor em água da ensilagem é elevado, o grupo das sacarolíticas é eliminado apenas quando o pH é inferior a 4,2. A elevação da tensão osmótica também pode ajudar a controlar essas bactérias indesejáveis. Portanto, silagens com teores de MS de pelo menos 30%, conservam-se bem em pH de 4,5-5,0 (Muslera e Ratera, 1991; Moreira, 2002). Nas silagens com elevados teores de MS ou com aditivos ácidos têm menos atividade fermentativa. A quantidade de MS presente nas silagens reduz também a atividade das enzimas glucidolíticas e proteolíticas (Moreira, 2002).

Quando as silagens apresentam alto teor de água (mais de 75%), há grandes perdas de nutrientes nos efluentes (Muslera e Ratera, 1991).

2.6.1.3. Fase estável

Após a fase fermentativa, que geralmente ocorre durante três a quatro semanas, a silagem entra na fase de reduzida ou nula atividade, se for garantida a estanquicidade do silo (Moreira, 2002). Isso requer filmes plásticos de boa qualidade, colocados adequadamente nos silos convencionais, com espessura adequada. É necessário evitar danos na cobertura plástica ou usar fitas adesivas para repará-los imediatamente. Se as condições anaeróbias não se mantêm poderá haver um desenvolvimento considerável de bolores, o que leva à produção de micotoxinas e à inutilização da massa afetada. Durante o uso do silo, essa massa deve ser retirada e rejeitada (Moreira, 2002).

2.6.1.4. Fase de utilização

Para alimentar os animais com silagem, a abertura dos silos expõe a silagem ao ar. Isso permite que o O₂ entre na superfície exposta da silagem (Moreira, 2002). Embora o impacto do O₂ não seja significativo nas primeiras 20 horas de exposição, pois a espessura do material ensilado em que o O₂ consegue penetrar é pequena, a massa abrangida inicia imediatamente o processo de degradação aeróbica. Portanto a superfície

do silo exposta ao ar depois da sua abertura deve ser o menor possível e o ritmo de consumo deve ser elevado, o que se consegue utilizando os modernos equipamentos de desensilar (Moreira, 2002).

Nesta fase, a degradação aeróbica é causada principalmente pela atividade de bolores, enterobactérias e leveduras. Os microrganismos utilizam ácidos orgânicos (como o acético e o láctico), os açúcares residuais que não sofreram fermentação, o etanol e outros nutrientes como substrato, elevando o pH e aquecendo a silagem, estimulando a própria atividade microbiana (Muslera e Ratera, 1991). As leveduras e as enterobactérias são ativas e iniciam o aquecimento inicial da silagem. Em seguida, o desenvolvimento de bolores começa com a fase aeróbica e pode aumentar significativamente com a produção de micotoxinas (Kristensen *et al.*, 2010).

Por causa das suas características físicas e químicas, as silagens de maior teor de MS, especialmente as ensiladas em grandes fardos plastificados que são sujeitas a menor compactação, podem ser mais suscetíveis a perdas e degradação aeróbica neste estágio (Moreira, 2002).

2.6.2. Perdas na ensilagem

As perdas que ocorrem durante os processos de ensilagem podem ser divididas em perdas por oxidação, por fermentação ou por efluentes. Estas perdas podem ainda ser subdivididas de acordo com a fase de ensilagem (Moreira, 2002).

2.6.2.1. Perdas por oxidação

Logo após o corte e durante a fase de enchimento do silo, ocorrem as perdas por oxidação, sendo o consumo de açúcares o principal substrato. Essas perdas podem acontecer ao longo do processo de armazenamento, resultando na degradação aeróbica do material, levando ao desenvolvimento de bolores e leveduras, o que resulta na inutilização dessas frações (Moreira, 2002).

2.6.2.2. Perdas por fermentação

Numa boa fermentação láctica, as perdas por fermentação são de apenas 4%, ou mesmo menos em silagens com baixo teor de água. Porém, uma má conservação permite que os clostrídios apresentem uma maior atividade, acabando por existir um aumento expressivo das perdas por fermentação (Moreira, 2002).

As áreas anexas e os silos devem ser limpos com cuidado, evitando a contaminação da matéria prima com terra ou estrume. É importante seguir as normas práticas, para atingir esse objetivo e manter as forragens nas condições adequadas para ensilar (Moreira, 2002).

2.6.2.3. Perdas por efluentes

As perdas por efluentes são fortemente influenciadas pelo teor de MS do material ensilado, o que levou a modelos de previsão de perdas baseados apenas na % de MS. No entanto, outros fatores como por exemplo o tamanho da partícula e a compactação no silo e o uso de aditivos ácidos ou de enzimas, também podem afetar as perdas por efluentes (Weinberg e Ashbell, 2003).

De acordo com Moreira (2002), as perdas por efluentes podem atingir valores de 200 a 300 l/t em forragem com apenas 15% de MS. No entanto, estes valores tendem a ser nulos com teores de MS perto dos 30%. O mesmo autor refere ainda que as perdas por efluentes podem atingir 6-8% da MS em forragens com 15-17% de MS, sendo 2,5-4% em forragens com 20% de MS.

Os efluentes da silagem têm um impacto negativo significativo para o meio ambiente, sendo a sua ação poluente maior do que a dos esgotos domésticos. Portanto, se sucederem, devem ser recolhidos em tanques ou fossas, para serem espalhados como fertilizante ou, com algumas ressalvas, utilizados para alimentação animal (Moreira, 2002).

3. Material e Métodos

3.1. Descrição do local de estágio

O presente estágio realizou-se no Polo de Inovação de Santarém do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), também conhecido por Estação Zootécnica Nacional (EZN), situado na Quinta da Fonte Boa, Vale de Santarém. As atividades científicas do INIAV agrupam-se nas seguintes áreas estratégicas: Sistemas Agrários e Florestais e Sanidade Vegetal; Tecnologia e Segurança Alimentar; Produção e Sanidade Animal e Biotecnologia e Recursos Genéticos. Nestas duas últimas mencionadas estão inseridas atividades na EZN, que se dedica à investigação e desenvolvimento experimental para a promoção da ciência e inovação da tecnologia em produção animal.

3.2. Silagens

Para a realização deste estudo, foram formuladas cinco silagens, que foram realizadas na EZN, em maio de 2023. Relativamente às matérias-primas, todas incluíram como principal fonte de proteína o repiso de tomate, coproduto da indústria do concentrado de tomate, que foi recolhido na fábrica no dia em que foi produzido. A batata doce, a batata e a cenoura foram utilizadas como fonte de energia. São os resíduos de produtos frescos destinados ao mercado interno ou à exportação e foram obtidos junto aos produtores locais. Quanto ao milho forragem foi produzido na EZN e a sêmea de trigo e o feno de luzerna, foram adquiridos no mercado interno.

A composição química das matérias primas utilizadas em cada silagem encontram-se apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Composição química das matérias-primas das silagens

Composição química (g/kg MS)	Batata doce	Batata	Cenoura	Milho forragem	Repiso de tomate
Matéria Seca	150	188	92.5	297	291
Proteína Bruta	79.0	98.4	137	83.0	191
NDF ¹	150	134	150	509	559
ADF ²	84.3	68.6	158	294	507
ADL ³	11.6	20.1	11.2	337	296
Gordura Bruta	71.9	2.80	18.6	45.5	116
Açúcar	193	9.92	318	9.93	54.8
Amido	381	497	362	309	17.3
Cinzas	64.0	86.4	114	50.4	31.8
Ca ⁴	4.18	0.68	5.96	2.83	1.38
P ⁵	1.90	2.48	4.76	8.63	4.45
Dig MO ⁶ (%)	76.9	76.3	85.7	59.7	57.9

¹- Fibra detergente neutro; ²- Fibra detergente ácido; ³- Leninha detergente ácido; ⁴- Cálcio; ⁵- Fósforo; ⁶- Digestibilidade da matéria orgânica.

As silagens de repiso de tomate com batata doce (BD), com batata (BAT) e com cenoura (CEN) continham sêmea de trigo e feno de luzerna de modo a atingirem teores de MS próximo de 40%, para facilitar o processo de ensilagem, e teores de PB próximo de 15% MS.

3.3. Preparação das silagens

A silagem de repiso de tomate foi feita no solo sobre terra, numa quantidade de cerca de 10 t, sendo tapada com plástico negro, sem calcar. O tempo de conservação foi de 8 meses.

As silagens das misturas foram preparadas procurando que a matéria seca fosse superior a 40 % e o teor em PB superior a 14 % na MS. O objetivo foi garantir a eficácia do processo de ensilagem e obter um produto final equilibrado do ponto de vista nutricional.

No quadro 2 apresentam-se as formulações seguidas para obter os 5 tipos de silagens que foram estudadas.

Quadro 2. Proporção das matérias-primas que foram utilizadas na produção das silagens

Ingredientes	Silagens				
	BD ¹	BAT ²	CEN ³	MF ⁴	RT ⁵
Batata doce	30	-	-	-	-
Batata	-	30	-	-	-
Cenoura	-	-	30	-	-
Milho forragem	-	-	-	55	-
Repiso de tomate	35	35	35	45	100
Sêmea de trigo	20	20	20	-	-
Feno de luzerna	15	15	15	-	-

¹- Batata Doce; ²- Batata; ³- Cenoura; ⁴- Milho forragem; ⁵- Repiso de tomate.

Para facilitar a compactação necessária para a eliminação do O₂ do meio, a batata doce, a batata e a cenoura foram previamente trituradas em pedaços de cerca de 1 cm de diâmetro, numa picadora de alimentos industrial semiautomática (Talleres Cato S.A.). As misturas das matérias primas usadas em cada caso foram feitas num misturador vertical (Mammut Maschinenbau Ges.m.b.H., Gurten, Austria). A silagem foi feita em sacos de plástico negros e opacos com cerca de 40 kg/saco, recorrendo para isso a um equipamento desenhado e construído propositadamente para esta operação, como se pode observar na figura 1. Depois de comprimidos manualmente, os sacos foram imediatamente fechados com recurso a braçadeiras plásticas e foram transportados para o local de armazenamento, sob coberto.



Figura 1. Máquina de ensilar

Após 5 meses, os silos foram abertos e das silagens obtidas, retiraram-se 3 amostras para análise laboratorial de modo a avaliar o processo de conservação através dos parâmetros químicos, fermentativos e nutritivos das mesmas.

3.4. Análises laboratoriais

As diferentes silagens e coprodutos foram analisados para determinação da MS, gordura bruta (GB), PB de acordo com as normas ISO 6496 (1999), ISO 6492:1999 e ISO 5983-1 (2007), respetivamente. O amido e o açúcar foram determinados segundo o método de Clegg (1956). A fibra em detergente neutro (NDF), a fibra em detergente ácido (ADF) e a lenhina (ADL) foram analisados de acordo com Van Soest *et al.* (1991), sendo o NDF determinado sem sulfito de sódio, sem alfa amílase e expresso com as cinzas residuais. A digestibilidade *in vitro* da MO, foi analisada segundo o método Tilley e Terry (1963) modificado por Alexander and McGowan (1961). As cinzas, o Ca e o P foram analisados conforme as normas ISO 5984:2002, ISO 6869:2007 e 874:2000, respetivamente. Foi ainda determinado nas silagens o pH (meter 913 Metrohm, Herisau, Switzerland), o azoto solúvel (N-solúvel), através de Dulphy e Demarquilly (1981) e o azoto amoniacal (N-NH₃), segundo a norma NP 4038 (1990).

A determinação dos ácidos gordos voláteis das silagens fez-se num extrato aquoso. Pesaram-se 20 g de amostra que foram diluídas em 100 ml de água destilada e misturadas a 40 °C num agitador mecânico durante 20 minutos. A solução ficou a macerar durante 12 horas a uma temperatura de 4 °C. Em seguida procedeu-se a uma filtração do extrato seguida de centrifugação a 3000 rpm, durante 15 minutos. Adicionaram-se 170 µL de ácido orto-fosfórico (25% v/v) e 130 µL de padrão interno (50 mol/L) a 1 ml de extrato, seguindo-se uma agitação a baixa velocidade, durante 30 segundos e uma centrifugação a 14000 rpm, durante 15 minutos. O sobrenadante foi transferido para um vial de cromatografia gasosa. Utilizou-se cromatógrafo série HP6890 com detetor de ionização de chama e uma coluna semicapilar e o hélio como gás de arraste em fluxo constante de 1,0 ml/min, sendo a proporção de divisão de 1:50. A temperatura do injetor foi de 230 °C e a temperatura do detetor de 220 °C. Os ácidos gordos voláteis e o ácido láctico foram identificados por comparação com tempos de retenção de padrões conhecidos (Sigma-Aldrich Inc., St. Louis, MO, EUA) e quantificados por curvas de calibração.

3.5. Análise estatística

Para a análise dos parâmetros que foram avaliados no estudo utilizou-se o Proc Mixed do programa SAS (Statistical Analysis System). Em todos os casos testou-se a heterogeneidade da variância entre os diferentes tratamentos, para um nível de significância de $P=0,01$ e nos casos em que foi significativa o efeito foi acomodado no modelo utilizando o Statment Group do Proc Mixed. O modelo utilizado para a análise estatística incluiu como efeito fixo o tipo de silagem, sendo as diferenças consideradas significativas para um valor de $P < 0,05$. Quando as diferenças foram significativas, utilizou-se o teste de comparações múltiplas do SAS (LSMeans), para avaliar quais os tratamentos diferentes entre si.

4. Resultados

4.1. Parâmetros químicos

Os resultados da composição química das cinco silagens encontram-se apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3. Composição química das cinco silagens com repiso de tomate.

Parâmetros	Silagens					EPM ¹	P-value
	BD	BAT	CEN	MF	RT		
Matéria Seca (%)	46.0 ^d (0.38)	47.3 ^e (0.38)	41.2 ^c (1.61)	36.7 ^b (0.09)	24.6 ^a (0.38)	-	0.013
Valores em g/kg MS							
Proteína Bruta	138 ^{ab} (0.44)	140 ^b (0.06)	146 ^b (0.44)	125 ^a (0.44)	181 ^c (0.06)	-	0.043
Gordura Bruta	56 ^a	57 ^a	61 ^a	73 ^b	74 ^b	0.15	<0.001
NDF ²	508 ^b	479 ^a	515 ^b	460 ^a	644 ^c	0.92	<0.001
ADF ³	318 ^a	313 ^a	326 ^a	328 ^a	577 ^b	1.22	<0.001
ADL ⁴	113 ^a	109 ^a	123 ^a	144 ^b	345 ^c	0.60	<0.001
Açúcar	16 ^c	11 ^b	14 ^c	14 ^c	9.3 ^a	0.074	<0.001
Amido	140 ^c	173 ^d	10 ^b	283 ^e	17.7 ^a	0.62	<0.001

¹- Erro padrão da média; ²- Fibra detergente neutro; ³- Fibra detergente ácido; ⁴- Leninha detergente ácido.

Como podemos observar no quadro, verificou-se um efeito significativo em todos os parâmetros. Na MS, todas as silagens diferiram estatisticamente entre si, sendo que a silagem BAT apresentou o valor mais elevado a silagem RT o menor.

A silagem MF obteve valores menores de PB em relação às outras silagens (125 vs 138; 140; 146 e 181 g/kg MS, para as silagens BD, BAT, CEN e RT, respetivamente. Neste parâmetro, ao contrário do que aconteceu na MS, a silagem RT apresentou valores superiores, sendo significativamente diferente face às outras silagens.

Na GB, as silagens RT (74 g/kg MS) e MF (73 g/kg MS) destacaram-se das outras silagens, com um teor em GB significativamente mais elevado que as silagens BD, BAT e CEN.

Quanto à fibra avaliada pelo método Van Soest, a silagem RT apresentou os valores mais elevados (644; 577 e 345 g/kg MS, para NDF, ADF e ADL, respetivamente). Nas outras silagens, a silagem BAT foi a menor nos parâmetros ADF (313 g/kg MS) e ADL (109 g/kg MS), enquanto que a silagem MF obteve o valor de NDF mais baixo (460 g/kg MS).

Nos parâmetros amido e açúcar, ambos mostraram uma variação significativa entre silagens, em especial o amido, com um valor mais alto para a silagem MF e o mais baixo para a silagem CEN. Relativamente ao açúcar, a silagem BAT apresentou o maior teor e a RT o menor.

4.2. Parâmetros nutritivos

No quadro 4 seguem-se os resultados relacionados com o valor nutritivo das silagens com repiso de tomate.

Quadro 4. Valor nutritivo das silagens com repiso de tomate.

Parâmetros	Silagens					EPM ¹	P-value
	BD	BAT	CEN	MF	RT		
Dig MO ² (%)	55.3 (0.71)	55.5 (2.01)	54.1 (2.01)	57.8 (5.09)	55.0 (0.18)	-	0.933
EM ³ (kcal/kg MS)	1781 ^a (28.1)	1888 ^a (76.5)	1790 ^a (76.5)	2034 ^{ab} (161.5)	2178 ^b (4.8)	-	<0.001

¹- Erro padrão da média; ²- Digestibilidade da Matéria Orgânica; ³- Energia metabolizável

Em relação à Dig MO, as silagens não apresentaram diferenças significativas entre si ($P=0.933$). Os resultados foram muito idênticos, tendo a silagem MF (57.8%) o maior valor e a silagem CEN (54.1%) o menor. Porém, houve diferenças na energia metabolizável (EM) ($P<0.001$), obtendo valores entre 1781 e 2178 kcal/kg MS. Ainda neste parâmetro, a silagem MF (2034 kcal/kg MS) foi semelhante à silagem RT (2178 kcal/kg MS), assim como as silagens BD (1781 kcal/kg MS), BAT (1888 kcal/kg MS) e CEN (1790 kcal/kg MS), que não diferiram estatisticamente entre si.

4.3. Parâmetros fermentativos

Os resultados do Quadro 5 são relativos aos parâmetros fermentativos das silagens com repiso de tomate.

Quadro 5. Parâmetros fermentativos das silagens com repiso de tomate.

Parâmetros	Silagens					EPM ¹	P-value
	BD	BAT	CEN	MF	RT		
Acético (g/kg MS)	19.9	5.87	9.07	11.1	18.5	3.68	0.090
Propiónico (g/kg MS)	16.9 ^b	9.28 ^a	10.9 ^{ab}	6.5 ^a	17.5 ^b	2.14	0.017
Butírico (g/kg MS)	0.35 ^a	0.09 ^a	0.20 ^a	0.16 ^a	5.46 ^b	0.85	0.004
Lático (g/kg MS)	137 ^b	76.0 ^{ab}	115 ^b	70.7 ^{ab}	40.0 ^a	20.0	0.040
N-NH ₃ ² (% N-Total)	5.0 ^{ab}	6.3 ^b	6.0 ^{ab}	3.2 ^a	8.9 ^c	0.84	0.015
N-Solúvel ³ (% N-Total)	44.5 ^b	42.5 ^b	43.7 ^b	21.9 ^a	18.5 ^a	2.09	<0.001
pH	3.9 ^b (0.010)	4.0 ^c (0.010)	4.0 ^{bc} (0.093)	3.9 ^b (0.020)	3.4 ^a (0.093)	-	<0.001

¹- Erro padrão da média; ²- Azoto amoniacal; ³- Azoto solúvel.

Como se pode observar, as silagens não diferiram entre si para o ácido acético. Contudo, observaram-se diferenças significativas para os restantes parâmetros. A silagem RT apresentou valores superiores às outras silagens para os ácidos propiónico e butírico, enquanto que para o ácido lático apresentou o valor mais baixo.

Para os compostos nitrogenados, ambos apresentaram resultados bastante díspares. Em relação ao N-NH₃, a silagem RT distinguiu-se das restantes com um valor mais elevado. A silagem MF teve apenas 3.2% N-NH₃ N-Total, mas foi semelhante às silagens BD e CEN. Quanto ao N-Solúvel, as silagens BD, BAT e CEN foram

semelhantes entre si e superiores às silagens MF e RT, que apresentaram valores semelhantes entre si.

Por fim, em relação ao pH, a silagem RT apresentou um valor significativamente menor às outras silagens. As silagens BD e MF apresentaram valores intermédios, e as silagens BAT e CEN obtiveram os valores mais altos.

5. Discussão

O objetivo principal deste estudo foi estudar a conservação do repiso de tomate sob a forma de silagem considerando diferentes misturas, através da avaliação dos parâmetros químicos, fermentativos e do valor nutritivo das silagens obtidas. Para isso, integrou-se a batata doce, batata, cenoura e milho forragem ao repiso de tomate, tornando uma silagem nutricionalmente equilibrada. Todos estes coprodutos apresentaram um elevado teor de humidade, dificultando a obtenção de uma silagem estável e com um alto valor nutritivo (Khorvash *et al.*, 2006). Há elevadas perdas de nutrientes nos efluentes, e é difícil alcançar um padrão de fermentação adequado e atingir um pH suficientemente baixo para estabilizar a silagem (Dentinho *et al.*, 2023). Para elevar o teor em MS, foi adicionado nas misturas sêmea de trigo e feno de luzerna.

A escolha das matérias-primas e principalmente das proporções na composição das silagens, determinam a concentração dos vários parâmetros relativos à composição química das silagens. O repiso de tomate apresenta um elevado teor em PB, GB e carboidratos estruturais (NDF, ADF e ADL) (SubProMais, 2024) e por isso, a silagem RT apresentou maior proporção de proteína, GB e de NDF, ADF e ADL do que as restantes. Pelo contrário, a silagem RT apresentou menores concentrações de amido que as outras misturas, que incluíram a batata, batata doce ou milho forragem. Esta última silagem foi a que apresentou maior concentração amido, superando por exemplo, a silagem BAT em que foi utilizada a batata com um teor em amido particularmente elevado (SubProMais, 2024). A silagem de milho, ao contrário da batata, apresenta um elevado teor em açúcar na sua constituição que fica rapidamente acessível para as fermentações, o que poderá justificar a menor redução do amido na silagem MF. As silagens BD, BAT e CEN apresentaram um teor em PB maior que a silagem MF. Esta diferença surgiu apesar da maior proporção de repiso de tomate na silagem MF (45% MS) do que nas outras silagens (35% MS), pelo que este efeito se deverá às diferenças no teor em proteína da componente forrageira das várias misturas. De facto, na silagem MF a

forragem utilizada foi o milho que tem um teor em proteína mais baixo (6.78% MS – SubProMais, 2024) do que o feno de luzerna ou a sêmea de trigo (16 e 17% respetivamente - SubProMais, 2024).

A batata doce e a cenoura têm um teor particularmente elevado em açúcar, no entanto as silagens não apresentaram diferenças para este parâmetro. Durante os processos de fermentação, os açúcares presentes nas matérias-primas utilizadas nas misturas são convertidos em ácido láctico pelas bactérias lácticas. Nessa medida, em condições normais, as concentrações de açúcar nas silagens já estabilizadas são residuais, como foi o caso do presente trabalho. As pequenas, mas significativas diferenças encontradas na proporção de açúcares nas silagens estudadas provavelmente resultam das diferenças na composição das matérias-primas utilizadas.

Todas as silagens foram muito semelhantes para o parâmetro da Dig MO. No entanto, a silagem RT apresentou um valor energético 20 % superior à média das silagens das misturas e a silagem MF apresentou um valor intermédio. Esta diferença poderá ser explicada por diferentes fatores que terão atuado de forma sinérgica: 1) o valor energético do feno de luzerna, que entrou em 15 % da constituição das misturas, é inferior ao valor energético do repiso de tomate ou da silagem de milho (Subpromais, 2024); 2) a extensão das fermentações foi menor na silagem RT, como se pode concluir pelo resultado da concentração de ácido láctico, que na silagem RT foi apenas 40 g/kg MS; 3) o valor de proteína foi superior na silagem RT e a menor concentração de N-Solúvel poderá ter resultado numa diminuição das perdas de energia pela urina.

Em qualquer uma das silagens estudadas, os valores encontrados para a proporção de N-NH₃ e N-Solúvel no azoto total das silagens estão de acordo com os parâmetros que definem uma boa silagem de Dulphy e Demarquilly (1981). Apesar disso, existiu uma maior proporção em especial o N-NH₃ na silagem RT relativamente às outras silagens. O repiso de tomate é a matéria prima com maior teor em PB, portanto, uma vez que a silagem RT é composta unicamente por esse coproduto, pode ter contribuído para a elevação de níveis de amónia na silagem. Quanto ao N-Solúvel, o valor mais baixo encontrado para a silagem RT, associado ao baixo grau de fermentações, pode indicar menores perdas por arrastamento nos efluentes. Já as silagens BD, BAT e CEN apresentaram concentrações muito idênticas de N-Solúvel, o que sugere que a composição química das matérias primas das diferentes silagens terá tido pouca influencia na solubilidade do azoto. Segundo Silva (2017), um teor em N-NH₃ % N-Total

superior a 5-7 %, indica a ocorrência de fenómenos de proteólise que podem estar associados a maior atividade das bactérias butíricas. No entanto, valores de N-NH₃ inferiores a 10 % são compatíveis com uma silagem de boa qualidade (Costa *et al.*, 2016). Ao observarmos as baixas concentrações de ácido butírico nas silagens, entendemos que o processo de ensilagem foi eficiente e existiram condições que favoreceram a produção dos outros ácidos (lático e acético). Portanto, as diferentes matérias-primas não tiveram quaisquer impactos na produção de ácido butírico, com exceção do repiso de tomate. De facto, a silagem RT contém elevado teor em ácido butírico. O ácido butírico é um parâmetro que indica deterioração nas silagens, portanto, significa que existiram fermentações indesejáveis. Possivelmente a menor proporção de MS e de açúcar na silagem RT relativamente às restantes, poderá ter estado na origem da maior incidência de fermentações butíricas neste caso.

A silagem BD foi a que apresentou valores mais elevados de ácido acético, e também de ácido lático. Os coprodutos utilizados nas silagens, possuem grandes concentrações de açúcar (batata doce e cenoura) e amido (batata doce, batata e cenoura), o que poderá ter influenciado positivamente o sentido das fermentações, aumentando a produção especialmente de ácido lático.

Weiss *et al.* (1997) estudaram as características de fermentação em silagens compostas por milho forragem e repiso de tomate a 0, 6 e 12% para vacas leiteiras. Os resultados encontrados para os ácidos acético e lático, quando a silagem já estava estabilizada, ao fim de 56 dias após a ensilagem, foram inferiores ao que foram obtidos no presente trabalho, o que pode indicar um menor grau de fermentações. Para isso deverá ter contribuído a menor inclusão de repiso de tomate naquele trabalho, comparativamente ao que agora é apresentado.

Por fim, o pH está associado à atividade fermentativa que ocorre durante o processo de ensilagem. O pH baixo é importante para preservar a silagem e impedir o crescimento de microrganismos indesejados. Por si só, a elevada concentração de ácido lático reduz rapidamente o pH, tendo efeitos positivos na silagem, acabando por inibir a atividade e o crescimento de bactérias não desejáveis (Driehuis e Oude Elferink, 2000).

As outras silagens entre si, receberam a mesma concentração de repiso de tomate, o que ajudou também a obter níveis de pH ótimos.

6. Conclusões

De acordo com os resultados do presente trabalho, as principais conclusões que se podem tirar são as seguintes:

1. As silagens produzidas com base em repiso de tomate utilizado como única matéria prima ou em misturas com outros coprodutos apresentaram boa qualidade em termos do valor nutritivo e dos parâmetros fermentativos;
2. O repiso de tomate conservado isoladamente, pode originar elevadas perdas de nutrientes por lixiviação, podem ser elevadas, devido à perda de nutrientes por lixiviação;
3. Comparativamente às silagens de misturas, o repiso de tomate ensilado isoladamente originou silagens mais instáveis devido à maior concentração de ácido butírico e de N-NH₃;
4. O grau de fermentação na silagem de repiso de tomate foi inferior ao das misturas, devido à menor concentração de ácido láctico;
5. A mistura de repiso de tomate com outros coprodutos de elevado teor de energia como a batata doce, a batata e a cenoura, permitiu a produção de silagens muito estáveis, equilibradas em energia e proteína e de digestibilidade média;
6. A mistura de repiso de tomate com milho forragem permitiu a obtenção de uma silagem de boa qualidade com um teor de proteína superior ao que normalmente se encontra numa silagem de milho;
7. As diferenças encontradas entre as silagens de misturas foram pouco expressivas, pelo que a escolha das matérias primas a utilizar dependerá da disponibilidade na altura e do preço.

7. Referências Bibliográficas

Abbeddou, S., Riwhi, S., Iñiguez, L., Zaklouta, M., Hess, H. D., Kreuzer, M. (2011). *Ruminal degradability, digestibility, energy content, and influence on nitrogen turnover of various Mediterranean by-products in fat-tailed Awassi sheep.* *Animal Feed Science Technology*, nº 163 (2-4): 99-110 pp.

Aguiar, C. (2013). *Botânica para as Ciências Agrárias e do Ambiente. Sistemática.* Instituto Politécnico de Bragança, vol. 3.

Aguiar, C. (2020). *Sistemática das plantas vasculares.* Edições Lisboa Capital Verde Europeia 2020. Botânica em Português 3. Imprensa Nacional, 187 pp.

Almeida, D. P. (2006). *Manual de culturas hortícolas.* Editorial Presença, Lisboa. Vol. II, 39-72 pp.

Alves, P. A. G. (2013). *Utilização do repiso de tomate na alimentação do leitão: Digestibilidade, atividade fermentativa e morfologia da mucosa intestinal.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Zootécnica/Produção Animal. Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária/Instituto Superior de Agronomia, 79 pp.

Anderlini, R. (1982). *A cultura do tomate.* Biblioteca Agrícola Litexa, Lisboa.

Barroso, F. G., Martinez, T., Moyano, F. J., Megias, M. D., Madrid, M. J., Hernandez, F. (2005). *Silage potential of horticultural byproducts for the feeding of small ruminants in southern Spain. Integrating efficient grassland farming and biodiversity.* Proceedings of the 13th International Occasional Symposium of the European Grassland Federation. Tartu, Estonia, 29–31 August 2005.

Bolsen, K. K. (1995). *Silage: basic principles. Forages.* The science of grassland agriculture. Iowa State University Press, Ames IA, vol. II, 163-176 pp.

Caluya, R. R. (2000). *Tomato pomace and rice straw silage for feeding growing cattle.* In: Silage making in the tropics with particular emphasis on smallholders, FAO Plant Production and Protection Paper, n° 161, 97-98 pp.

Caluya, R. R., Sair, R. R., Recta, G. M. R., Balneg, B. B. (2003). *Tomato pomace as feed for livestock and poultry.* Mariano Marco State University.

Carita, T. (2018). *Conservação de forragens.* Pastagens e Forragens, Escola Superior Agrária de Santarém, 51 pp.

Clegg, K. M (1956). *Determinação de açúcares totais e amido em alimentos para animais.* Journal of Science Food Agric, vol. 7, 40 pp.

Costa, R. F.; Pires, D. A. A.; Moura, M. M. A.; Sales¹, E. C. J.; Rodrigues, J. A. S.; Rigueira J. P. S. (2016). *Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage.* Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá, v. 38, n. 2, p. 127-133.

Dam, B. V., Goffau, M., Hilmi, M., Jeude, J., Naika, S. (2005). *A cultura do tomate. Produção, processamento e comercialização.* Agromisa/CTA.

Del Valle, M., Camara, M., Torija, M. E. (2006). *Chemical Characterization of Tomato Pomace.* Journal of the Science of Food and Agriculture, n.º 8, vol. 86, 1232-1236 pp.

Demarquilly, C. (1986). *L'ensilage et l'évolution récente des conservateurs.* Bull. Tech. C.R.Z.V. INRA. Theix, vol. 63, 5-12 pp.

Dentinho, M. T. P. (1997). *Valor nutritivo da Sula (Hedysarum coronarium L.).* Tese de Mestrado em Nutrição e Alimentação. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, 112 pp.

Dentinho, M. T. P. (2021). *Base de dados Portuguesa de composição química e nutritiva de coprodutos para a alimentação animal – GO SubProMais.* Revista da Associação

Portuguesa dos Industriais de Alimentos Compostos para Animais, Novas ferramentas para uma alimentação de precisão, nº118, 8-9 pp.

Dentinho, M. T. P., Paulos, K., Costa, C. D., Cachucho, L., Moreira, O., Costa, J. M., Alves, M., Santos-Silva, J., Jerónimo, E. (2021). *Repiço de tomate na alimentação animal.* Voz do Campo, nº243, 18-21 pp.

Domínguez, R., Gullón, P., Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Zhang, W., Lorenzo, J. M. (2020). *Tomato as potential source of natural additives for meat industry. A Review.* Antioxidants, vol. 9, 73 pp.

Driehuis, F.; Oude Elferink, S. J. W. H. (2000). *The impact of the quality of silage on animal health and food safety: a review.* Veterinary Quarterly, vol. 22, nº4, 212-216 pp.

Dulphy, J. P.; Demarquilly, C. (1981). *Problèmes particulieres en ensilage.* In: Demarquilly, C. (Ed.), *Prévision de la Valeur Nutritive des Aliments des Ruminants.* Versailles, França, Publicações INRA, pp.

Elliott, J., Mulvihill, E., Dumcan, C., Forsythe, R., Kritchevsky, D. (1981). *Effect of tomato pomace and mixed vegetable pomace on serum and liver cholesterol in rats.* Journal of Nutrition, nº 111, 2203-2211 pp.

FAO (2022). *Crop information – tomato.* Food and Agriculture Data. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Francisco, A. E. (2016). *Enhancing bioactive fatty acids of the meat from lambs reared in intensive systems through nutritional modulation.* Tese de Doutoramento em Ciências 9 Veterinárias, Especialidade de Produção Animal, Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, Lisboa, 179 pp.

Freixial, R.; Alpendre, P. (2013). *Conservação de Forragens. Ensilagem.* Texto de apoio para as unidades curriculares. Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Fitotecnia, 51 pp.

Gongolee, G. A. K. (2014). *Evaluation of some introduced fresh market tomato (*Solanum lycopersicum* L) for genetic variability and adaptability in Ghana using morphological and molecular markers.* Thesis of Crop and Soil Sciences, Faculty of Agriculture Knust, Kumasi, Ghana.

Guerreiro, O., Cachuco, L., Costa, C., Paulos, K., Santos Silva, J., Dentinho, M. T. P., Jerónimo, E. (2021). *Coprodutos agroindustriais mediterrânicos com potencial para a utilização na alimentação animal.* Vida Rural, Circularidade, 68-74 pp.

Hadjipanayiotou (1994). *Laboratory evaluation of ensiled olive cake, tomato pulp and poultry litter.* Livestock Research for Rural Development 6.

Hasimoglu, S., Cakir, A., Aksoy A., Ozen, N. (1979). *Domates salcası artiklarinin (kuru domates posası) kaba yem olarak kullanilma olanagi uzerinde bir calisma (The possibilities of using tomato pomace as roughage in ruminant rations).* Journal of the Faculty of Agriculture, n° 10, 139–150 pp.

INE (2021). *Instituto Nacional de Estatística.* Lisboa, Portugal, 19 pp.

INE (2022). *Estatísticas Agrícolas, Instituto Nacional de Estatística.* Lisboa, Portugal, 1 pp.

Instituto Português da Qualidade (2014). *Determinação da cinza bruta.* NP ISO 5984:2014 Alimentos para animais.

ISO 6496 (1999). *Animal feeding stuffs— Determination of moisture and other volatile matter content.* International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 7 pp.

Jesus, J. P. G. (2021). *Inovação de produto e de processo no tomate de estufa.* Tese de Mestrado em Tecnologia Alimentar, Instituto Politécnico de Santarém, Escola Superior Agrária de Santarém, 108 pp.

Kristensen, N. B., Sloth, K. H., Hojberg, O., Spliid, N. H., Jensen, C., Thogersen (2010). *Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions.* Journal of Dairy Science, nº 93, 3764-3774 pp.

Laufenberg, G.; Kunz, B.; Nystroem, M. (2003). *Transformation of vegetable waste into value added products: (Aa) the upgrading concept; (B) practical implementarion.* Bioresource Technology, New York, vol. 87, 167-198 pp.

Lourinhã, R. F. C. (2013). *Utilização do repiso de tomate na alimentação de coelhos em crescimento e engorda.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Zootécnica/Produção Animal, Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária, 52 pp.

Martins, V. F. R. (2017). *Caracterização morfológica e química de acessos de tomate (Solanum lycopersicum L.) conservados no Banco Português de Germoplasma Vegetal.* Dissertação de Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar. Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, 130 pp.

McDonald, P., Henderson, A. R., Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage.* Chalcombe publications, 2nd Edition, UK, 40 pp.

Moreira, N. (2002). *Agronomia das forragens e pastagens.* Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 183 pp.

Mulligwe, S. E.; Kaseva, M. E. (2006). *Assessment of industrial solid state wast management and resource recovery practices in Tanzania.* Resources, conservation and recycling, vol. 47, 260-276 pp.

Muslera, P. E., Ratera, G. C. (1991). *Praderas y forrages. Producción y aprovechamiento.* 2ª ed., Mundi-Prensa, Madrid, 493-538 pp.

Naika, S., Jeude J. V. L., Goffau, M., Hilmi, M., Dam, B. V., (2006). *A cultura do tomate, produção, processamento e comercialização.* Agrodok 17.

Norman, J. (1992). *Tropical vegetable crops.* Arthur H. Stockwell Ltd. 252, Elms Court, United Kingdom.

NP EN ISO 5983-1 (2007). *Norma Portuguesa. Determinação do teor de azoto e cálculo do teor de proteína bruta, Parte 1: Método de Kjeldahl (ISO 5983-1:2005).* Instituto Português da Qualidade. 15 pp.

NP 4038 (1990). *Alimentos para animais: Determinação do teor de azoto básico volátil total (ABVT). Método por micro difusão.* Instituto Português da Qualidade, Monte da Caparica.

Omer, H. A. A., Abdel-Magid, S. S. (2015). *Incorporation of dried tomato pomace in growing sheep rations.* Global Veterinaria, nº 14, 1-16 pp.

Pelizer, L. H.; Pontieri, M. H. (2007). *Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental.* Journal of Technology Management and Innovation, Universidad Alberto Hurtado, Santiago, Chile, vol. 2, n.º1, 118-127 pp.

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. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, 80 pp.

Sacco, A., Ruggieri, V., Parisi, M., Festa, G., Rigano, M. M., Picarella, M. E., Mazzucato, A., Barone, A. (2015). *Exploring a Tomato Landraces Collection for Fruit-Related Traits by the Aid of a High Throughput Genomic Platform.* Plos One, nº 10, vol. 9.

Santos Silva, J. (2018). *Alimentos alternativos na produção de carne de bovino.* LegForBov. <https://projects.iniav.pt/LegforBov/> consultado no dia 15 de fevereiro de 2023.

Silva, L. C. B. (2017). *A qualidade das silagens de milho (Zea mays L.) e azevém Italiano (Lolium multiflorum Lam.) e a sua influência na composição do leite: Um caso de estudo.* Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Zootécnica – Produção Animal. Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. 83 pp.

Shamshiri, R. R., Jones, J. W., Thorp, K., Ahmad D. (2018). *Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: A review.* International Agrophysics, vol. 32 (2), 287-302 pp.

Sogi, D. S. e Bawa, A. S. (1998). *Studies on dehydration of tomato processing waste.* Indian Food Packer, vol. 52, n. °2, 26-29 pp.

Subpromais (2024). *Coprodutos da agroindústria na alimentação animal.* <https://www.subpromais.pt/> - consultado no dia 12 de dezembro.

Tahmasbi, R., Nasiri, H., Naserian, A., Saremi, B. (2002). *Effect of different levels of mixed corn plant and tomato pomace on milk production and composition in Holstein dairy cows.* Journal of Animal Science, n° 80, 299 pp.

Teixeira, J. M. S. (2013). *Avaliação do sistema de condução do tomate (Lycopersicum esculentum Mill) enxertado em cultura protegida na produtividade e qualidade dos frutos.* Tese de Mestrado em Agricultura Biológica. Instituto Politécnico de Viana do Castelo. 73 pp.

Tilley, J. M. A & Terry, R. A. (1963). *A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops.* Journal of British Grassland Society, vol. 18:104-11.

Valenti, B., Luciano, G., Pauselli, M., Mattioli, S., Biondi, L., Priolo, A., Natalello, A., Morbidini, L., Lanza, M. (2018). *Dried tomato pomace supplementation to reduce lamb concentrate intake: Effects on growth performance and meat quality.* Meat Science, vol. 145, 63–70 pp.

Valizadeh, R., Sobhanirad, S. (2009). *The potential of agro-industrial by-products as feed sources for livestock in Khorasan Razavi province of Iran.* Journal of Animal and Veterinary Advances, n° 8, 2375–2379 pp.

Van Soest, P. et al., (1991). *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition.* Journal of Dairy Science, vol. 74, 3583-3597 pp.

Weinberg, Z. G., Ashbell, G. (2003). *Engineering aspects of ensiling.* Biochemical Engineering, Journal n°13, 181-188 pp.

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

Wemans, A. M. P. (2017). *Influência da Gestão da Rega e da Fertilização na cultura de Tomate de Indústria na Região do Ribatejo.* Relatório de estágio para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. Lisboa, 77 pp.

WTPC - The World Processing Tomato Council (2021). *World production estimate of tomatoes for processing 2019 FINAL (in 1000 metric tonnes).*

Ziaei, N., Molaie, S. (2010). *Evaluation of nutrient digestibility of wet tomato pomace ensiled with wheat straw compared to alfalfa hay in Kermani sheep.* Journal of Animal Vet. Science, vol.9, n° 4, 771-773 pp.