



Instituto Politécnico de Beja
Escola Superior Agrária
Mestrado em Engenharia Alimentar

Valorização de Soro de Cabra e Sorelho de Ovelha
Avaliação Técnica/Económica de uma Instalação de
Membranas

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Alimentar

Eunice de Jesus Raleira Cambóias

Beja

2020

Instituto Politécnico de Beja
Escola Superior Agrária
Mestrado em Engenharia Alimentar

Valorização de Soro de Cabra e Sorelho de Ovelha
Avaliação Técnica/Económica de uma Instalação de
Membranas

Apresentação e discussão da dissertação na Escola Superior Agrária
do Instituto Politécnico de Beja, para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Alimentar

Elaborado por:

Eunice de Jesus Raleira Cambóias

Orientado por:

Professora Doutora Antónia Teresa Zorro Nobre Macedo

Coorientado por:

Professor Doutor José Jacinto Descalço Bilau

Beja

2020



A elaboração desta tese de mestrado contou com a parceria Portugal2020-PDR, no âmbito do projeto PDR2020-101-030768: Lacties – Inovação, Eco-Eficiência e Segurança em PME do Sector dos Lacticínios



Esta versão contém as sugestões e correções sugeridas pelo júri de avaliação.

Agradecimentos

Dedico este trabalho a duas pessoas muito importantes na minha vida, a eles que sempre me apoiaram e tentaram que nada faltasse, a vocês meus pais **Horácio Cambóias** e **Leopoldina Cambóias**, obrigado por todos os ensinamentos ao longo destes anos e pela vossa persistência.

Ao meu irmão **Marco Cambóias**, obrigado pelo carinho que demonstra disfarçadamente, mas que no fundo as suas pequenas palavras aconchegam suavemente o coração.

A ti minha estrelinha mais brilhante do céu, obrigado por iluminares o caminho, e pela força que transmites no meio de tanta saudade.

Ao namorado e amigo **André Almeida** um obrigado muito especial pela paciência, atenção e dedicação nesta grande luta, obrigado por não me deixares baixar os braços.

Ao **Joel Brinquete**, obrigado por me fazeres acreditar.

À Professora **Doutora Antónia Macedo**, por ter aceitado ser minha orientadora neste estudo, gostaria de apresentar os meus sinceros agradecimentos pela sua amizade, dedicação e compreensão.

Ao professor **Doutor José Bilau**, pela sua disponibilidade e coorientação.

A todas as queijarias do Baixo Alentejo que disponibilizaram um pouco do tempo para responder aos inquéritos.

Por fim e não menos importante, pelo contrário, **David José Azedo** obrigado pelos bons momentos vividos por todo o Baixo Alentejo, obrigado por nunca desistires de me dar na cabeça a toda a hora, a todos os minutos, sem ti teria desistido na primeira curva deste percurso. De um modesto colega a um grande amigo. Obrigado por tudo, que estes oito anos de amizade perdurem por muitos e bons anos.

Resumo

A necessidade do aproveitamento do soro de cabra e soro de ovelha produzidos pela indústria dos laticínios é muito importante, não só devido às ricas propriedades nutritivas, biológicas e funcionais dos seus componentes (proteínas, glúcidos, lípidos, minerais), como também para reduzir os efeitos nefastos para o ambiente permitindo, simultaneamente, melhorar o rendimento económico das queijarias.

A fim de conhecer a situação atual relativamente às quantidades de soro de cabra e soro de ovelha que são produzidos diariamente em queijarias do Baixo Alentejo, assim como os destinos que lhes são dados, foram realizados inquéritos a 47 queijarias, distribuídas por 13 concelhos daquela região. Do total das queijarias inquiridas em apenas 60% delas foi possível obter respostas. A análise dos dados obtidos permitiu estimar uma quantidade total produzida diariamente de cerca de 21 237 L/dia de soro. Foi possível verificar que ainda cerca de 57% das queijarias não reaproveita o soro, o qual é depositado em fossas ou coletado juntamente com os outros esgotos para a rede pública; cerca de 36%, é fornecido gratuitamente a produtores de gado, para alimentação animal e os restantes 7%, não souberam responder.

Tendo em vista a valorização aqueles subprodutos apresenta-se neste trabalho uma proposta de projeto para a instalação de um sistema de membranas em pequenas/médias queijarias. Para tal, foram utilizados dados da caracterização físico-química média daqueles subprodutos, assim como de parâmetros técnicos obtidos durante os ensaios de ultrafiltração/diafiltração, realizados durante os trabalhos do projeto LACTIES (Inovação e Ecoeficiência no Setor dos Laticínios). Com base na possível produção de três novos produtos inovadores (géis alimentares, concentrados proteicos em pó e requeijão com probióticos), realizou-se um estudo de viabilidade económica. Os resultados obtidos através do VAL, TIR e Período de Retorno permitem concluir que este sistema é viável economicamente em unidades de pequena /média dimensão.

Palavras-chave: Soro de cabra; Soro de ovelha; Separação por membranas; Ultrafiltração; Diafiltração

Abstract

The recovery of goat cheese whey and sheep second whey cheese produced by the dairy industry is very important, not only due to the nutritional, biological and functional properties of its components (proteins, carbohydrates, lipids, minerals), but also to reduce adverse effects on the environment, while allowing to improve the economic income in dairies.

In order to characterize the current situation regarding the quantities of goat cheese whey and sheep second whey cheese that are produced daily in the region of Baixo Alentejo, as well as the destination given, surveys were carried out on 47 cheese factories, distributed across 13 municipalities in that region. Only 60% of the total companies inquired answered the surveys. The data analysis allowed to estimate that the total amount of cheese whey produced was 21 237 L/day. It was verified that about 57% of the dairies do not reuse cheese whey, which was deposited in pits or collected together with other waste to public network; about 36% is provided to livestock producers for feed and the remaining 7%, did not know how to answer.

In view of the valorization of those by-products, this work presents a proposal of a project for the installation of a membrane system in small / medium cheese factories. For this purpose, data from the average physical-chemical characterization of those by-products were used, as well as technical parameters obtained during the ultrafiltration / diafiltration tests, performed during the work of the LACTIES project (Innovation and Ecoefficiency in the Dairy Industry). Based on the possible production of three new innovative products (food gels, protein concentrates in powder and “requeijão” with probiotics), an economic viability study was carried out. The results obtained through the VAL, TIR and Payback period allow us to conclude that this system is economically viable in small / medium sized units.

Keywords: Goat cheese whey; Sheep cheese whey; Separation by membranes; Ultrafiltration; Diafiltration

Índice geral

Agradecimentos	II
Resumo	III
Abstract	IV
Índice geral	V
Índice de figuras	VIII
Índice de tabelas	IX
Lista de abreviaturas e siglas	X
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento da dissertação	2
1.2. Objetivos	3
2. Pesquisa bibliográfica	4
2.1. Produção de leite e indústria dos laticínios	4
2.2. Leite de cabra e leite de ovelha	5
2.2.1. Composição e propriedades físico-químicas	6
2.2.1.1. Sabor e odor	7
2.2.1.2. Cor	8
2.2.1.3. Acidez titulável	8
2.2.1.4. pH	8
2.2.1.5. Densidade	9
2.2.2. Características microbiológicas	9
2.3. Produção de queijo de cabra e queijo de ovelha	10
2.4. Soro e sorelho	11

2.4.1. Soro.....	12
2.4.2. Sorelho de ovelha	13
2.5. Valorização de soro e sorelho	14
2.5.1. Fracionamento/valorização de soro e sorelho por processos de separação por membranas (PSM)	15
2.5.1.1. Processos de separação por membranas controlados pela pressão	16
2.5.1.2. Aplicações dos processos de separação por membranas e/ou outros processos na valorização de soro/sorelho	20
a) Soro líquido	22
b) Géis alimentares	22
c) Soro com baixo teor em lactose	23
d) Soro desmineralizado.....	23
3. Parte experimental.....	24
3.1. Integração das operações de ultrafiltração/diafiltração no processamento dos soros de queijaria	24
3.2. Realização de inquéritos às queijarias	26
3.3. Caracterização físico-química dos isolados proteicos de sorelho de ovelha e de soro de cabra	26
3.4. Avaliação técnico/económica de uma instalação de UF/DF para valorização de soro e sorelho: parâmetros de dimensionamento	27
3.4.1. Estimativa das principais variáveis de projeto.....	29
3.4.2. Viabilidade económica de uma instalação de membranas para UF/DF30	
4. Resultados e discussão	31

4.1. Breve caracterização das queijarias e quantidades produzidas de soro e soroelho	31
4.2. Caracterização físico-química média dos concentrados e isolados proteicos.....	34
4.3. Determinação dos principais parâmetros técnicos da instalação de UF/DF	35
4.4. Análise de viabilidade económica.....	36
4.4.1. Produtos a elaborar.....	37
4.4.1.1. Géis Alimentares	37
4.4.1.2. Requeijão com probióticos	37
4.4.1.3. Isolados proteicos em pó.....	38
4.4.2. Análise económico-financeira	38
4.4.2.1. Investimento e financiamento	39
4.4.2.2. Gastos de operação	40
4.4.2.3. Avaliação da viabilidade do projeto	41
5. Conclusões e perspectivas futuras.....	46
6. Referências bibliográficas.....	47
7. Anexos.....	56

Índice de figuras

Figura 1 – Diagrama de fabrico do queijo de ovelha	11
Figura 2 - Processo de separação por membranas (PSM)	15
Figura 3 - Representação esquemática da diafiltração em modo descontínuo	20
Figura 4 – Descrição das operações no processo de UF/DF	25
Figura 5 - Configuração da unidade de membranas de UF/DF	28
Figura 6 - Percentagem de produção diária de queijo nas queijarias do Baixo Alentejo	31
Figura 7 - Quantidade de queijo (kg) produzido diariamente por concelho	32
Figura 8 - Produção diária de requeijão (kg) por concelho.....	32
Figura 9 - Produção diária de soro e sorelho (litros) no Baixo Alentejo.....	33
Figura 10 - Destino dos subprodutos (soro/sorelho) em percentagem nas queijarias do Baixo Alentejo	33

Índice de tabelas

Tabela 1 - Composição físico-química média do leite de cabra, ovelha e vaca por 100g de leite.....	7
Tabela 2 - Composição do soro de leite bovino, ovino e sorelho	14
Tabela 3 - Características dos processos controlados pela pressão	17
Tabela 4 - Caracterização físico-química média das amostras (com indicação do desvio padrão) de sorelho, em base seca.....	34
Tabela 5 - Caracterização físico-química média das amostras (com indicação do desvio padrão) do soro de cabra, em base seca.....	35
Tabela 6 - Parâmetros técnicos de uma unidade de UF	36
Tabela 7 - Previsão das vendas no primeiro ano	39
Tabela 8 - Gastos com a operação da unidade industrial de membranas	40
Tabela 9 - Gastos com pessoal.....	41
Tabela 10 - Gastos comerciais.....	41
Tabela 11 - Avaliação da rentabilidade da introdução na queijaria da unidade industrial de membranas	42

Lista de abreviaturas e siglas

A_m – Área da membrana

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

C_a – Concentração na alimentação

CF_i – Cash flow do ano i

C_p – Concentração no permeado

CPS – Concentrado proteico do soro

Delta P (ΔP) – Queda da pressão

DF – Diafiltração

DGAV – Direção Geral de Alimentação e Veterinária

E_r – Energia gasta pela bomba de alimentação

E_q – Energia da bomba de recirculação

UE – União Europeia

FAO – *Food and Agriculture Organization*

FCV – Fator de concentração em volume

IPS – Isolados proteicos do soro

IRR – Internal Rate of Return

J_{pmédio} – Fluxo médio

J_v – Fluxo volumétrico do permeado

MF – Microfiltração

MWCO – *Molecular weight cut off*

NF – Nanofiltração

NPV – Net Present Value

OI – Osmose inversa

p_f – Pressão da bomba de alimentação

PSM – Processos de separação por membranas

Q – Caudal de recirculação

q_a – Caudal da alimentação

q_p – Caudal do permeado

q_r – Caudal do retentado

R – Coeficiente de rejeição aparente

t - Tempo

TIR – Taxa interna de rentabilidade

UF – Ultrafiltração

V- Volume do permeado

VAL – Valor atual líquido

1. Introdução

A gestão do soro produzido durante o fabrico de queijo constitui um importante problema/desafio para a indústria de lacticínios, não só devido ao elevado teor em matéria orgânica deste subproduto, como também aos elevados volumes produzidos. Em Portugal e, em especial, a produção de soro proveniente do fabrico de queijos e pequenos ruminantes (ovelha e cabra) e de sorelho, resultante do fabrico de requeijão de ovelha, apresenta ainda problemas específicos que tornam difícil a sua gestão, nomeadamente:

- O elevado número de pequenos produtores de queijo;
- A variabilidade da composição do soro, associada à sua origem, fase de lactação e diferentes práticas de fabrico do queijo;
- A sua larga dispersão ao longo de todo o território nacional, o que dificulta a sua recolha (Frazão, 2001).

No entanto, a maior riqueza em proteínas do soro, no caso do leite de ovelha e de oligossacáridos no leite de cabra, em relação ao leite de vaca (Fox *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2007), sugere que o soro/sorelho produzido a partir destes leites seja uma fonte ainda mais rica de componentes bioativos que o soro bovino, pelo que a sua valorização poderá constituir uma importante fonte económica no nosso país.

Em Portugal, só em 2017, foram produzidas 83306 ton de queijo (INE, 2018), pelo que, considerando que para produzir 1 kg de queijo são libertados cerca 9 L de soro. No entanto, com a consulta obtida pelo site do INE, juntamente com a informação da ANIL e com os rendimentos médios habituais dos queijos, obteve-se um volume total de soro libertado de cerca de 750 milhões de litros (dado que 1 kg de queijo de vaca produz cerca de 8,3 L de soro, 1 kg de queijo de ovelha produz cerca de 5,5 L de soro e 1 kg de queijo de cabra produz cerca 6,6 L de soro). O soro de cabra é em geral usado para alimentação animal, enquanto o soro de ovelha, devido à sua maior riqueza em proteína (beta-lactoglobulina e a alfa-lactalbumina), é totalmente utilizado na manufatura de requeijão. No âmbito deste projeto foram também realizados inquéritos às

queijarias do Baixo Alentejo e, pelos dados recolhidos verificou-se que diariamente eram produzidos 450 kg de requeijão, sendo libertados 8000 L de soro, pelo que se fizer a proporção dá que quando se produz 1 kg de requeijão são libertados aproximadamente 18 L de soro, ao qual é utilizado exclusivamente em alimentação animal. Em 2004, na região demarcada do queijo Serpa, a produção diária de soro de ovelha e soro de cabra era de 8000 e 5000 L/dia, respetivamente (Macedo, 2005). Devido à crescente produção de requeijão e de queijo de cabra, este volume é provavelmente muito superior na atualidade.

A fim de melhorar a produtividade e simultaneamente a sustentabilidade da indústria de produção de queijo é importante desenvolver soluções que permitam o reaproveitamento do soro e soro.

A tecnologia de membranas tem sido utilizada na recuperação/valorização de soro bovino, principalmente para a preparação de concentrados proteicos de soro, por ultrafiltração. A sua aplicação oferece vantagens devido ao seu carácter modular, fácil de projetar e escalável a nível industrial, requerendo pouca manutenção. É conhecida como uma tecnologia verde, dado que envolve principalmente processos físicos e o seu consumo energético, relativamente a outros processos convencionais, como por exemplo a evaporação, é menor. Outras vantagens desta tecnologia é a sua elevada capacidade de purificação e seletividade.

1.1. Enquadramento da dissertação

A valorização e o tratamento dos subprodutos provenientes da produção de queijo, continua a ser uma prática pouco aplicada em Portugal. A maioria das indústrias produtoras de queijo continuam a despejar os seus subprodutos na rede pública de esgotos originando graves problemas ambientais. Desta forma é importante apresentar soluções que permitam não só recuperar aqueles subprodutos, como também reduzir o seu impacto ambiental.

1.2. Objetivos

Os objetivos desta dissertação foram os seguintes:

- Avaliar a qualidade físico-química de concentrados e isolados proteicos de soro de cabra e soro de ovelha, produzidos por ultrafiltração/diafiltração, tendo em vista possíveis utilizações.
- Caracterizar os permeados da ultrafiltração/diafiltração e apresentar propostas de futura valorização.
- Dimensionar uma unidade de instalação de membranas para a separação da fração proteica de soro de cabra e soro de ovelha, por ultrafiltração/diafiltração e avaliar a sua viabilidade técnico-económica.

2. Pesquisa bibliográfica

2.1. Produção de leite e indústria dos laticínios

O setor de laticínios é o setor mais destacado na indústria alimentar, entre os quatro principais: derivados de carne; beneficiamento de café, chá e cereais; açúcares. As indústrias de laticínios englobam um grande número de operações e atividades que variam em função dos produtos a serem obtidos (Carvalho, 2010). Há uma grande variedade de produtos produzidos pelas indústrias de laticínios, desde o leite pasteurizado, manteiga e queijo até uma linha de produtos mais elaborados, como é o caso de cremes de barrar, diversos tipos de queijos, requeijão, iogurtes, leite em pó, leite condensado, entre outros (Bosco, 2013).

Segundo a Portaria n.º 472/87 de 4 de Junho o leite cru é destinado ao consumo humano de forma direta ou indireta e produzido por animais saudáveis. O leite é definido como a secreção da glândula mamária de animais de criação, sendo o principal responsável pela nutrição dos bebés e crianças (Walstra *et al.*, 2006). É um produto muito importante na alimentação de todos os povos devido ao seu alto valor nutritivo, fornecendo quase todos os nutrientes em quantidades consideráveis (Valsechi, 2001). Os principais componentes da matéria seca do leite são a lactose, a matéria gorda, proteínas e sais minerais.

Entre 1986 e 2014 a produção de leite em Portugal aumentou de 970 mil toneladas para 2 milhões de toneladas, alcançando a terceira maior taxa de variação anual em 2014 e atingindo o sexto maior volume de produção (INE, 2015).

De acordo com a FAO (*Food and Agriculture Organization*) (2016), citado por Milk Point Portugal (2017) devido à expansão da produção de leite na Ásia e nas Américas o seu consumo aumentou de 1,4% em 2017. A produção sustentada de leite na União Europeia (UE) e o aumento na produção nos Estados Unidos deverão ter sido os fatores mais dinâmicos que afetaram o mercado internacional em 2017.

Os produtores de leite em Portugal continental foram ao longo dos últimos anos vítimas de preços baixos e limitações por parte da indústria, não só devido ao mercado espanhol como também ao leite proveniente dos Açores (Costa, 2019). Nos últimos anos, o número de produtores de leite tem vindo a diminuir e, mesmo aqueles que mantêm esta atividade defrontam-se com graves problemas, nomeadamente a dificuldade em encontrar mão-de-obra disponível para trabalhar no setor, situação esta que piora à medida que os salários aumentam, e o preço do leite se mantém constante (AGROTEC, 2018).

Segundo a FAO (2013), o leite tem um papel importante na dieta de populações de baixo consumo de gordura e acesso limitado a outros alimentos de origem animal. A cor do leite, sabor e a sua composição podem ser influenciadas pela espécie do animal, raça, idade, estado de lactação, número de nascimentos, sistema agrícola, ambiente físico e estação do ano (Walstra *et al.*, 2006).

2.2. Leite de cabra e leite de ovelha

O leite de cabra, nos países do Mediterrâneo e da América Latina é usualmente transformado em queijos, enquanto em África e no sul da Ásia é consumido cru ou acidificado (FAO, 2019). Apesar de na Europa, o leite de vaca ser ainda o mais consumido, ultimamente tem-se verificado um aumento do consumo de leite de cabra, devido aos seus possíveis benefícios para a saúde (Park *et al.*, 2007; Freire, 2015).

Tradicionalmente, o leite de cabra e vaca têm sido considerados um alimento fundamental nas dietas de muitas culturas. O leite fornece uma matriz facilmente acessível, rica em uma grande variedade de nutrientes essenciais, como minerais, vitaminas e proteínas facilmente digeríveis, com perfis balanceados de aminoácidos, importantes para apoiar a maioria das funções do corpo (Drewnowski & Fulgoni, 2008). O consumo de produtos lácteos e de leite de cabra, em particular, também está associado a efeitos benéficos para a saúde, além do seu valor nutricional (Sandholm *et al.*, 2002). Uma das vantagens nutricionais do leite caprino são os lípidos presentes na sua estrutura, tamanho e arranjo dos glóbulos de gordura de pequeno diâmetro, que permitem uma

melhor distribuição na emulsão dos lípidos lácteos em comparação com o leite bovino (Attaie & Richter, 2000).

A produção de leite de ovelha tem uma grande importância económica nos países da bacia do Mediterrâneo, nos quais é utilizado exclusivamente para o fabrico de queijos, com características de sabor muito apreciadas, e de manteiga (FAO, 2019). Em Espanha, 99% do volume de leite de ovelha produzido é utilizado em exclusivo para o fabrico de queijo (Barros, 2012).

2.2.1. Composição e propriedades físico-químicas

A composição química e microbiológica do leite, assim como outras propriedades físico-químicas são muito importantes na determinação do seu valor nutritivo, no processamento industrial e na remuneração ao produtor. Estas características do leite são responsáveis pela qualidade do leite que chega ao consumidor (Barbosa *et al.*, 2014).

O leite de cabra é muito semelhante ao leite de vaca, mas difere do mesmo em algumas estruturas e concentrações de nutrientes, que lhe conferem: maior digestibilidade, alcalinidade e características medicinais para a nutrição humana, relacionadas aos problemas de alergia alimentar (Park *et al.*, 2007; Amaral *et al.*, 2011). Assim, apresenta as seguintes vantagens: os glóbulos de gordura do leite de cabra são menores, promovendo uma maior área de superfície para a degradação enzimática, facilitando a digestão. Não possui a substância aglutinina, encontrada no leite de vaca, a qual faz com que os glóbulos de gordura se agreguem. Além disso, como possui uma maior proporção de ácidos gordos de cadeia curta e média, tal contribui para uma digestão mais rápida (Amaral *et al.*, 2011).

Os leites de cabra, ovelha e vaca, diferem entre si, devido à dieta, raça, estação do ano, manejo, condições do meio ambiente, estágio da lactação e estado de saúde do úbere. O leite de ovelha contém sólidos totais e teores de nutrientes superiores aos dos leites de cabra e vaca (Park *et al.*, 2007), distinguindo-se principalmente pelo seu maior teor de gordura, proteína e lactose, razão pela qual o seu conteúdo calórico é bastante superior ao apresentado pelos outros

dois tipos de leite (vaca e cabra). No entanto, apresenta teores inferiores de cálcio, fósforo e vitaminas (B1, B12), exceto em relação à vitamina C (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição físico-química média do leite de cabra, ovelha e vaca por 100g de leite

Componentes	Leite de cabra	Leite de ovelha	Leite de vaca
Energia (cal)	67,0	107,0	66,0
Água (%)	87,5	80,4	87,2
Gordura (%)	3,8	7,6	3,7
Sólidos não gordos (%)	8,9	12,0	9,0
Lactose (%)	4,1	4,9	4,7
Proteína (%)	3,4	6,2	3,2
Cinza total (%)	0,86	0,90	0,71
Cálcio (%)	0,19	0,16	0,18
Fosforo (%)	0,27	0,14	0,23
Cloro (%)	0,15	0,27	0,10
Vitamina A (UI/g de gordura)	39	25	21
Vitamina B1 (mg/100ml)	68	7	45
Vitamina B12 (mg/100ml)	210	36	159
Vitamina C (mg/100ml)	20	43	2
Vitamina D (UI/g de gordura)	0,70	ND	0,70

ND: não determinado

Fonte: Adaptado de Park *et al.*, 2006; Coelho, 2012

Para além da composição química, outras propriedades físicas e químicas do leite são:

2.2.1.1. Sabor e odor

O leite quando fresco e produzido em condições ideais, apresenta um sabor característico pouco marcado, devido à relação entre a lactose e os cloretos, apresentando-se como doce e salgado, não ácido e não amargo. Estas características podem ser afetadas quando o animal sofre de mamite, ou seja, infecção no úbere. O sabor e odores pronunciados no leite fresco devem-se à alimentação e ao ambiente e higiene durante a ordenha (Silva, 1997).

2.2.1.2. Cor

Segundo Decreto-Lei n.º 62/2017 a cor do leite vai do branco ao branco creme, devendo estar isento de grumos que resistam a uma ligeira pressão.

A cor do leite deve-se à dispersão da luz causada pela presença das principais partículas do leite, tais como, os glóbulos de gordura e pelas partículas coloidais da caseína e do fosfato de cálcio. A homogeneização torna o leite mais branco, devido à dispersão da luz. As cores anormais podem resultar do desenvolvimento microbiano (Silva, 1997).

A cor funciona como primeiro indicador de qualidade avaliada pelos consumidores, sendo fundamental para a aceitação do produto, mesmo antes de o mesmo ser provado (Fuquay *et al.*, 2011).

2.2.1.3. Acidez titulável

A acidez do leite é um fator muito importante na avaliação do estado de higiene sanitário e na sua conservação. Quando a acidez é elevada, esta indica o envelhecimento do leite, ao qual corresponde uma contagem microbiana alta (Barbosa *et al.*, 2014). A acidez do leite fresco deve-se à presença da caseína, fosfatos, albumina e dióxido de carbono.

Segundo Silva (1997) e Bylund (1995), a acidez natural do leite varia entre 0,13 e 0,17 g de ácido láctico/100 g de leite. A evolução da acidez é determinada pela transformação da lactose por enzimas microbianas. Tanto a acidez natural como a desenvolvida, ambas são determinadas, através de titulações com soluções alcalinas.

2.2.1.4. pH

O pH é um parâmetro muito utilizado para medir a acidez do leite, é normalmente o mais exato e utilizado no controlo da acidez durante os processos de maturação do queijo. O pH do leite ordenhado recentemente de um animal saudável, pode variar entre 6,4 a 6,8 e é também um indicador da qualidade sanitária e da estabilidade térmica do leite (Venturini *et al.*, 2007). O leite dos

animais infetados com mamite apresenta um pH levemente alcalino, podendo atingir os 7,5 (Silva, 1997).

2.2.1.5. Densidade

A densidade do leite é normalmente medida a 15°C, sendo em média, 1,032 g/mL podendo variar entre 1,023 e 1,040 g/mL (Silva, 1997). A densidade da gordura do leite é aproximadamente 0,927. A densidade do leite de cabra é comparável ao leite de vaca, mas é menor do que a do leite de ovelha (Park *et al.*, 2007). É através deste parâmetro que é possível avaliar a relação entre a massa dos sólidos e do solvente no leite. Valores de densidade mais baixos podem significar problemas nutricionais ou de saúde do animal (Venturini *et al.*, 2007).

2.2.2. Características microbiológicas

O leite é um alimento bastante rico que apresenta condições físico-químicas adequadas para desenvolvimento de microrganismos, daí a sua dificuldade de conservação. A fermentação do leite é utilizada há muitos anos para ajudar a prolongar a sua conservação (Lacasse, 1998).

A quantidade de microrganismos presentes no leite depende do estado de saúde do animal, do ambiente onde vive e da higiene da ordenha. Podem ser encontrados no leite tipos de microrganismos benéficos para o homem e outros prejudiciais. Os principais microrganismos benéficos presentes são os *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus diacetylactis* e *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris*, muito utilizados na produção de queijos, com o objetivo de melhorar o sabor, aroma e auxiliar na sua conservação. Nos produtos produzidos com leite pasteurizado, parte dos microrganismos benéficos são eliminados com os microrganismos patogênicos (Valsechi, 2001; Ravazzi, 2017).

2.3. Produção de queijo de cabra e queijo de ovelha

De acordo com o Diário da República nº27/1990, o queijo é um produto fresco ou curado, de uma consistência variável, obtido através da coagulação e dessoramento do leite. A coagulação pode também ser obtida por processos tecnológicos que originem um produto com características físicas, químicas e organolépticas semelhantes ao queijo. O fabrico de queijo é um processo que é utilizado de modo a conservar os componentes do leite, durante mais tempo. As características finais do queijo resultam de um conjunto de transformações físicas, químicas e bioquímicas do leite (Martins & Vasconcelos, 2004).

Os principais componentes do queijo são: proteínas (principalmente caseína), lípidos, hidratos de carbono, sais minerais e vitaminas. Os minerais, em especial o cálcio e fosforo, participam do processo de coagulação do leite, influenciando a textura do queijo. O líquido residual, cuja composição varia com o tipo de queijo, é chamado de soro (Perry, 2004).

Um diagrama típico de fabrico de queijo de ovelha é apresentado na figura 1. As principais etapas são:

- Aquecimento do leite a uma temperatura cerca de 30°C;
- Coagulação do leite, por adição de coagulantes (de origem animal, vegetal ou microbiano), formando-se uma coalhada devido a modificações físico-químicas das micelas da caseína sob a ação de enzimas proteolíticas e/ou do ácido láctico. A coalhada obtida é um gel semissólido, constituído essencialmente por uma rede proteica de caseína com algum soro lácteo retido e a matéria gorda do leite;
- Dessoramento e moldagem, que consiste na remoção do soro do leite, ficando o coalho mais concentrado. A adição de sal é realizada nesta fase, contribuindo para melhorar a sinérese, ou seja, exsudação da fase aquosa;
- Prensagem é outro processo que permite compactar o coágulo, conforme a forma desejada;
- Maturação, é a última fase da produção de queijo, sendo nesta etapa que ocorrem transformações bioquímicas, nomeadamente a proteólise, a glicólise e a lipólise, que conferem aos queijos as suas principais

características de textura, consistência, sabor e aromas (Walstra *et al.*, 2006; Lacasse, 1998).

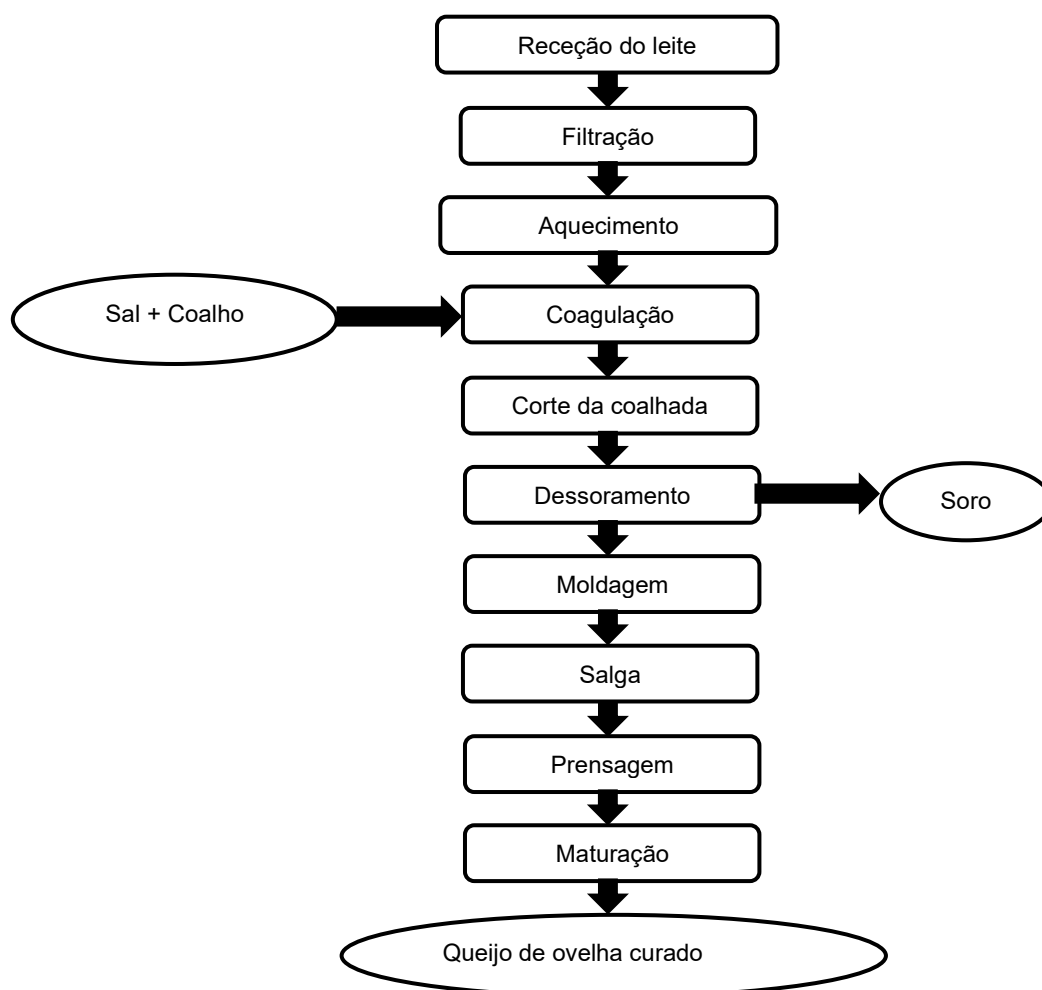


Figura 1 – Diagrama de fabrico do queijo de ovelha

2.4. Soro e sorelho

O soro de cabra e o sorelho de ovelha são os principais subprodutos resultantes do fabrico de queijo de cabra e do requeijão de ovelha, respetivamente. O soro conforme se pode observar na figura1 é obtido durante o processo de sinérese (ou dessoramento) da coalhada (Alais, 1985; Walstra, 2006; Portelinha, 2013), enquanto o sorelho se obtém após a precipitação térmica das proteínas do soro (Macedo *et al.*, 2005).

2.4.1. Soro

O soro representa cerca de 80 a 90% do volume total do leite utilizado durante a produção do queijo, contendo aproximadamente 55% dos nutrientes do leite, tais como as proteínas solúveis, lactose, vitaminas, minerais e matéria gorda (Guimarães *et al.*, 2010; Alves *et al.*, 2014).

O soro classifica-se em geral em ácido ou doce, com base no seu pH final, o qual depende do modo de coagulação do leite. Designa-se por soro doce aquele cujo pH é de aproximadamente 6,0, sendo produzido a partir da coagulação do leite obtida por hidrólise enzimática das caseínas por ação da quimosina, a um pH não inferior a 5,6 (Morr, 1989; Daufin *et al.*, 1998). O soro ácido apresenta um pH de aproximadamente 4,6 e é obtido a partir da coagulação das caseínas por acidificação biológica (fermentação microbiana da lactose do leite em ácido láctico) e/ou química, por adição de ácidos minerais ou orgânicos, até ao pH isoelétrico das caseínas, o qual é cerca de 4,6 (Daufin *et al.*, 1998). Em termos de composição, os dois tipos de soro distinguem-se essencialmente pelo teor de lactose (superior no caso do soro doce) e pelo teor mineral, superior no caso do soro ácido, devido à solubilização do fosfato de cálcio coloidal das micelas de caseína, a pH ácido.

A composição do soro pode variar em função da composição do leite, do tipo de tratamento a que este é sujeito durante o processo de fabrico do queijo (homogeneização, aquecimento, adição de cloreto de sódio, etc.), do processo a que ele é sujeito após ser separado do coagulo ou da coalhada, como por exemplo pasteurização, filtração para remoção de finos de caseína, centrifugação para remoção da gordura (Macedo, 2010; Moura, 2017).

O soro resulta do fabrico do queijo pelo que ele retém parte das proteínas solúveis do leite (β - lactoglobulinas, α - lactoalbuminas, albumina sérica bovina e péptidos de caseína), praticamente toda a lactose, minerais e resíduos de matéria gorda.

O soro bovino contém cerca de 65 g/L⁻¹ de extrato seco, cujos principais componentes são: lactose (70-80%) proteína (9%, o que corresponde a 20% das proteínas do leite e minerais (8-20%) podendo existir ainda, em menores

proporções, outros componentes, tais como péptidos hidrolisados da caseína, resultantes do fabrico do queijo, lípidos e bactérias (Daufin *et al.*, 1998).

Dado que a composição do leite depende de diversos fatores, tais como: raça, espécie animal, alimentação e ambiente, a composição do soro e sorelho resultante para além de estarem ligados aos fatores intrínsecos e extrínsecos, variam também consoante o processo e práticas de fabrico, quer do queijo ou do requeijão.

Na tabela 2 é apresentada a comparação média entre a composição do soro de leite bovino e ovino e sorelho, podendo-se observar que o soro de ovino é mais rico em proteínas, gordura e sólidos totais, comparando com o soro de bovino e sorelho e daí a ser o mais utilizado no fabrico do requeijão. O sorelho destaca-se pela sua composição nutricional (lactose e minerais), sendo o seu conteúdo mineral superior ao apresentado pelo soro de leite bovino e ovino, devido à adição do sal no fabrico do requeijão.

2.4.2. Sorelho de ovelha

O sorelho é um subproduto do soro, resultante da produção do requeijão por coagulação térmica das proteínas do soro. Ele contém cerca da metade do extrato seco do soro inicial, o qual é constituído principalmente pela lactose, minerais, alguma matéria gorda residual e compostos de azoto não precipitáveis pela ação do calor (Macedo *et al.*, 2005).

Atualmente o sorelho é mais utilizado para alimentação animal, sendo fornecido gratuitamente aos produtores de gado, nomeadamente para alimentação de suínos, o que não contribui para aumentar o rendimento económico da queijaria. A maior parte do sorelho produzido nas variadas queijarias artesanais é introduzido em fossas sépticas, as quais têm que ser limpas periodicamente pelos serviços municipais, não só devido aos custos de transporte como à não existência de explorações agropecuárias (Lab2 Factory, s.d.). Desta forma, a não recuperação deste subproduto não só conduz à perda de importantes substâncias nutritivas, como também pode constituir um grave problema ambiental, devido ao seu elevado conteúdo orgânico ($CBO_5=10\ 000\ mgO_2\ L^{-1}$ e $CQO=70\ 000\ mgO_2\ L^{-1}$) (Macedo *et al.*, 2005) e volumes produzidos, dado que

por cada kg de requeijão são produzidos cerca de 18 L de soro, conforme já referido.

Tabela 2 - Composição do soro de leite bovino, caprino, ovino e soro

Componente	Soro de leite bovino	Soro de leite caprino	Soro de leite ovino	Soro
pH	5,6-6,3	5,4-6,2	5,3-5,9	5,5-6,3
Sólidos totais (%)	6,0-7,0	6,8-7,8	9,5-10,5	7,1-8,3
Minerais (%)	0,5-0,6	0,7-0,8	1,2-1,8	1,7-1,9
Lactose (%)	4,2-5,0	3,8-4,2	4,3-6,1	4,5-5,7
Proteínas (%)	0,7-0,9	0,8-1,0	1,6-1,8	0,8-1,2
Gordura (%)	0,1-0,5	0,5	1,7-2,5	0,2-0,4

Fonte: Adaptado de Marshall & Daufin, 1995; Macedo *et al.*, 2015; Morais, 2017

2.5. Valorização de soro e soro

A composição nutricional do soro tem suscitado cada vez mais o interesse pelo seu reaproveitamento, pois para além de reduzir o seu impacto ambiental contribui ainda para diversos benefícios na indústria alimentar, tais como: melhoria da textura; realce do sabor e da cor; aumento da estabilidade; função emulsionante; e melhoria do valor nutritivo dos alimentos, uma vez que a qualidade das proteínas do soro é excelente (Zavareze *et al.*, 2010).

Investigações recentes têm permitido concluir que os péptidos resultantes da hidrólise podem ser usados com fins terapêuticos, como é o caso de antioxidantes e anti-hipertensivos (Boumba *et al.*, 2001).

O soro lácteo poderá ser fracionado em diversos componentes que, quer pela possibilidade de reutilização das proteínas com elevado valor nutritivo, quer pela utilização do permeado da ultrafiltração (fermentado por bactérias lácticas selecionadas ou acidificado), pode permitir a obtenção de novos produtos lácteos a introduzir no mercado. Esta possibilidade representa uma solução eficaz e sustentável para o reaproveitamento do soro na indústria do queijo (Pereira *et al.*, s.d).

2.5.1. Fracionamento/valorização de soro e soroelho por processos de separação por membranas (PSM)

Os processos de separação por membranas são processos de filtração tangencial, nos quais a separação dos componentes da alimentação é realizada através de membranas. Uma membrana é uma barreira semi-permeável e permoselectiva, dado que retém alguns componentes, permitindo a permeação preferencial de outros, de acordo com o seu tamanho e/ou afinidade química para o material membranar (Cheryan, 1998). O modo tangencial de introdução da mistura inicial (alimentação) permite a obtenção de duas correntes finais: o retentado (retido ou concentrado), que é a corrente que contém os solutos retidos pela membrana e o permeado, para o qual passam os componentes que permearam a membrana (Mulder, 1996). A separação ocorre pela aplicação de uma força motriz, a qual pode ser de várias naturezas, tais como: gradiente de pressão, de concentração, de potencial elétrico (Leidens, 2013). A Figura 2 ilustra um PSM.

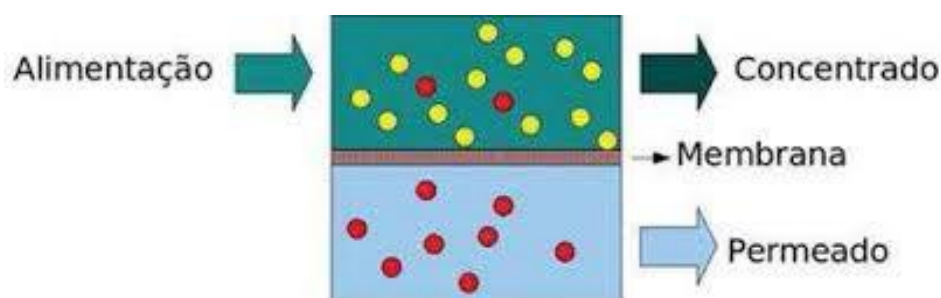


Figura 2 - Processo de separação por membranas (PSM)

Fonte: CEFET, 2012

De acordo com Leidens (2013), os PSM são utilizados em diversos setores da indústria química, alimentar e farmacêutica. Estes processos apresentam diversas vantagens em relação a outros processos concorrentes (evaporação, destilação), nomeadamente:

- Podem ser realizados à temperatura ambiente;
- Utilizam baixas pressões, economizando energia e evitando a perda de compostos termolábeis (aromas);
- Bastante seletivos;

- Simples de operar;
- Fácil integração em plantas industriais, dado que existem comercialmente disponíveis em módulos compactos;
- Podem ser usados para a conceção de novos produtos que satisfaçam as necessidades do consumidor, em termos de segurança, novidade, diversidade e qualidade;
- Não necessitam da adição de reagentes químicos, à exceção dos utilizados na limpeza e desinfeção, cuja quantidade pode ser minimizada após uma seleção adequada da membrana e condições operatórias (Daufin *et al*, 1998; Leidens, 2013; Macedo, 2017).

A valorização do soro por recurso ao seu fracionamento por tecnologias de membranas para separar os seus componentes nutritivos é já usada há muito tempo pela indústria de lacticínios (Rosemberg, 1995; Lipnizki, 2010).

A utilização destas tecnologias pode levar à obtenção de diferentes produtos comerciais à base de proteínas de soro, particularmente: concentrados proteicos com teores de proteínas entre os 35 e 80% obtidos pela ultrafiltração e isolados proteicos com teores de proteínas superiores a 95%, obtidos por ultrafiltração/diafiltração ou cromatografia iónica (Daufin *et al.*, 1998).

2.5.1.1. Processos de separação por membranas controlados pela pressão

Os principais PSM utilizados pela indústria alimentar são a microfiltração (MF), a ultrafiltração (UF), a nanofiltração (NF) e a osmose inversa (OI). Nestes processos, mediante a aplicação de uma pressão, o solvente e alguns solutos permeiam livremente a membrana, enquanto outros são retidos em diferentes extensões, de acordo com fatores como: características do soluto, da membrana, parâmetros operatórios ou outros (Cheryan, 1998). O tamanho da partícula ou molécula a separar, assim como as suas propriedades químicas determinam a estrutura (porosa ou densa, tamanho de poro e distribuição de tamanhos de poro) da membrana a usar. A natureza do solvente (aquoso ou orgânico), o método de limpeza, a pressão aplicada e a temperatura influenciam o tipo de material membranar (Gevers *et al*, 2005). Quando se progride no sentido MF, UF, NF e OI, o tamanho ou a massa molar das partículas ou

moléculas que são retidas pela membrana diminui e, conseqüentemente, o tamanho dos poros e a porosidade também decresce. Isto significa que a resistência hidrodinâmica das membranas à transferência de massa vai sendo cada vez maior, sendo necessárias pressões aplicadas maiores para se conseguirem os mesmos fluxos de permeação.

A MF e a UF são considerados processos de baixa pressão, dado que a pressão máxima que é em geral utilizada nestes processos é de 10 bar (em UF), conforme se pode observar na tabela 3. Os processos de NF e OI são usualmente designados por processos de alta pressão, dado que se usam pressões mais elevadas, em geral superiores a 15 bar. Dado que a parte experimental desta tese envolveu a aplicação da UF, seguida da purificação dos concentrados proteicos obtidos por diafiltração (DF), apenas este processo irá ser descrito em pormenor.

Tabela 3 - Características dos processos controlados pela pressão

	MF	UF	NF	OI
Separação típica	Partículas (bactérias; glóbulos de gordura)	Macromoléculas (proteínas; polissacáridos)	Solutos pequenos (glucose, lactose, sais bivalentes)	Solutos pequenos (açúcares simples, sais, micropoluentes)
Pressão aplicada (bar)	<2,0	1-10	10-25	15-80
Tamanho de poro (nm)	50-10000	1-50	<2,0	<2,0

Fonte: Adaptado de Gever & Vankelecom, 2005

Ultrafiltração (UF)

A ultrafiltração é principalmente utilizada para a separação de macromoléculas (proteínas e polissacáridos), cujas dimensões podem variar entre 2 e 10 nm (massas molares aproximadamente entre 10^4 e 10^6 Da) e substâncias coloidais (dimensões entre 100 a 1000 nm) (Mulder, 1996). O mecanismo principal de separação é a exclusão molecular, ou seja, a rejeição pela membrana é principalmente determinada pelo tamanho e forma dos solutos em relação ao tamanho de poro.

As membranas de UF possuem em geral uma estrutura designada por assimétrica compósita, dado que possuem uma película muito fina na sua superfície, de espessura em geral variável desde 0,1 a 0,5 μm , designada por pele ou camada ativa, a qual assenta numa camada(s) porosa de suporte de um material diferente, cuja espessura pode variar entre 100 a 200 μm (Mulder, 1996; Cheryan, 1998). A separação ocorre apenas à superfície, na camada ativa, ficando retidos os componentes cuja massa molar seja superior ao peso molecular de corte (*molecular weight cut-off* - MWCO) da membrana, o qual é definido como a massa molar que é 90% rejeitada por essa membrana. Por exemplo, se o MWCO de uma membrana for de 10 kDa, isso significa que teoricamente os solutos cujas massas molares sejam superiores a este valor terão uma rejeição pela membrana de 90%.

O desempenho de uma membrana é, em geral, avaliado pelo fluxo de permeado, que é uma medida da sua produtividade, e o coeficiente de rejeição, que nos permite avaliar a sua seletividade. O fluxo de permeado (J_v) é definido como a quantidade, em volume ou massa, que passa através da membrana por unidade de área e de tempo, ou seja:

$$J_v = \frac{V}{A \times t} \quad [1]$$

onde: J_v é o fluxo em volume de permeado; V é o volume de permeado (m^3); A é a área de membrana (m^2) e t (s), o tempo necessário à recolha do volume de permeado V .

Embora as unidades de fluxo de permeado no sistema SI sejam m s^{-1} é usual, na prática, exprimirem-se os fluxos em volume, em $\text{Lm}^{-2} \text{h}^{-1}$.

O coeficiente de rejeição aparente (R) é uma medida da seletividade da membrana para a separação de um dado soluto, o qual pode ser parcial ou totalmente retido por esta, enquanto o solvente permeia livremente a membrana. O coeficiente de rejeição aparente (ou observado), R , é definido como:

$$R = \frac{c_a - c_p}{c_a} \quad [2]$$

onde: C_a é a concentração de um dado soluto na alimentação e C_p a concentração desse soluto no permeado.

O coeficiente de rejeição é uma grandeza adimensional, que pode tomar valores entre 0 e 1, conforme o soluto permeie livremente a membrana ou seja totalmente retido por esta, respetivamente. Esta última situação, corresponde a uma membrana semipermeável ideal.

Os principais fatores que afetam o desempenho dos processos membranares são a polarização por concentração e a colmatação, dado que ambos os fenómenos diminuem a produtividade e afetam a seletividade das membranas. A sua intensidade depende de diversas variáveis, tais como, características das membranas, dos solutos, parâmetros operatórios (pressão transmembranar, velocidade de circulação da alimentação, temperatura) e condições ambientais (pH, força iónica). Além disso, o desempenho global dum processo com membranas depende ainda de fatores de ordem económica, tais como, preços das membranas e tempo de vida, gastos na sua limpeza e desinfeção e consumo de energia (Macedo, 2010).

Diafiltração (DF)

A DF é um modo de operação de um PSM controlado pela pressão no qual um diluente (água, qualquer outro solvente ou solução tampão) é adicionada à alimentação/concentrado de forma a melhorar o grau de separação entre os solutos retidos e aqueles que permeiam livremente a membrana. Desta forma, a DF permite aumentar a pureza das espécies retidas (Kovacs *et al.*, 2013). Por exemplo, no caso da UF do soro de queijo, a DF do concentrado proteico permite aumentar bastante a sua pureza, dado que os solutos de menor massa molar, como a lactose e sais minerais passam para o permeado. Uma representação esquemática desta operação é apresentada na Figura 3.

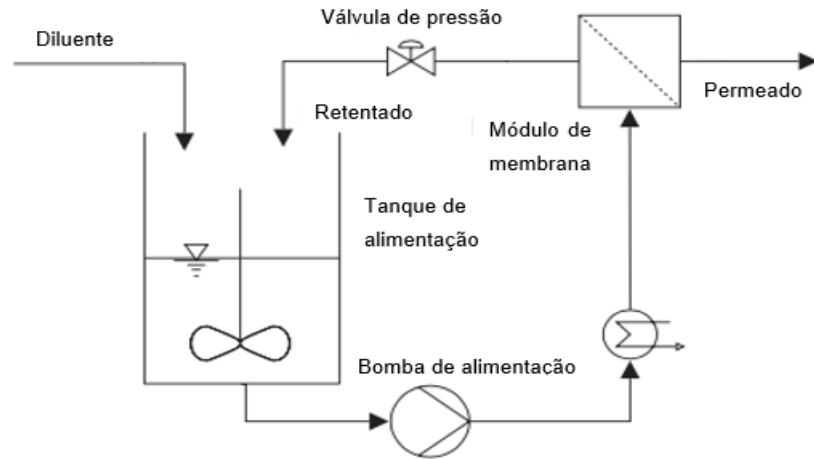


Figura 3 - Representação esquemática da diafiltração em modo descontínuo

Fonte: Adaptado de Kovacs *et al.*, 2013

A DF é realizada nas mesmas condições operatórias (pressão transmembranar, velocidade de circulação da alimentação, temperatura) do processo anterior de concentração por ultrafiltração e usualmente decorre em várias etapas até se obter o grau de purificação desejado. A DF pode ser realizada em modo descontínuo ou contínuo, embora o primeiro seja vantajoso pois minimiza o consumo de água (Cheryan, 1998; Kovacs *et al.*, 2013). Neste modo de funcionamento, o permeado é retirado continuamente do sistema, enquanto o retentado é recirculado para o tanque de alimentação. Os solutos não retidos permeiam a membrana e, por isso, a sua concentração vai diminuindo no tanque de alimentação/retentado.

2.5.1.2. Aplicações dos processos de separação por membranas e/ou outros processos na valorização de soro/sorelho

Atualmente as indústrias de laticínios procuram novos produtos e tecnologias que possam aumentar a lucratividade. A diversificação de produtos pode ser feita utilizando o soro de queijo como um substituto da água, sem alterações na sua composição. Uma bebida pronta para servir, à base de soro de queijo, foi preparada através da fermentação, durante a qual os nutrientes complexos do soro foram convertidos em nutrientes simples, podendo ser facilmente

assimilados no intestino (Khamuri & Rajorhia, 1998). No entanto, quando a fermentação ocorre através da adição de probióticos, isso aumenta a quantidade de aminoácidos de fácil digestão, tornando os produtos lácteos fermentados numa boa fonte de nutrientes (Hitchins & Mc Donough, 1989). As culturas probióticas adicionadas aos produtos alimentares proporcionam benefícios para a saúde e nutrição (Oliveira *et al.*, 2002). Entre os diversos géneros que integram o grupo de culturas probióticas usados em alimentos, destacam-se o género *Bifidobacterium* e o *Lactobacillus* (OHR, 2002). Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2008, citado por Gaino *et al.* 2012, os probióticos aprovados são: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei shirota*, *Lactobacillus casei var rhammnosus*, *Lactobacillus casei var defensis*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactococcus lactis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium animalis*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium longum* e *Enterococcus faecium*. A ingestão de probióticos promove o controlo da flora intestinal, a estabilização intestinal após o uso de antibióticos, a diminuição da população de microrganismos patogénicos, através da produção de ácido acético e láctico, a promoção da digestão da lactose em indivíduos intolerantes, a estimulação do sistema imune, o alívio da constipação, o aumento da absorção de minerais e produção de vitaminas (Shah & Lankaputhra, 1997; Stanton *et al.*, 2001).

As tecnologias de membranas tais como a MF, UF, NF e OI têm tido numerosas aplicações na valorização do soro de queijo (Fox *et al.*, 2000; Frazão, 2001; Park *et al.*, 2007).

Existem vários tipos de operações que podem ser utilizadas no processamento do soro de leite, consoante a sua aplicação final pretendida. As operações de concentração, como a evaporação, a OI e a NF, permitem a obtenção de soro de leite em pó, potencialmente utilizado em alimentação animal. As operações de desmineralização, como a eletrodialise, a NF, a OI e a cromatografia de troca iónica permitem a produção de soro de leite desmineralizado, o qual após evaporação para obtenção do pó, pode ser incorporado, por exemplo, na confeção de alimentos infantis. As operações de separação de proteínas, nomeadamente a troca iónica, a UF e o tratamento térmico desnaturante conduzem, respetivamente, à produção de isolados de proteína do soro (IPS),

concentrados de proteína de soro (CPS) e a uma fração designada por lactalbumina, a qual pode ser obtida após um tratamento térmico intensivo do soro, a 90 °C, durante 10 minutos e a pH=2,5 (Daufin *et al.*, 1998). De acordo com Maubois, 1991, citado por Moreira *et al.*, 2017, a produção de CPS é uma alternativa tecnológica viável para o aproveitamento do soro oriundo das fábricas de queijos, possibilitando a obtenção de produtos com grande valor no mercado, através da aplicação de tecnologias de membranas, associadas a evaporação a vácuo e secagem em spray-dryer, a fim de obter concentrados proteicos em pó, com cerca de 96% de sólidos totais (Cheryan, 1998).

Na indústria alimentar, os concentrados e isolados proteicos do soro podem ser utilizados como aditivos em alimentos cozinhados, em produtos da indústria de laticínios, em carnes, bebidas e alimentos infantis (Zydney, 1998). A incorporação de concentrados proteicos no fabrico de queijo permite aumentar o rendimento da sua produção (Maubois & Ollivier, 1997). Os concentrados proteicos têm um valor comercial que é cerca de 3-10 vezes superior ao do soro em pó (Mangino, 1992). As proteínas do soro são fontes de péptidos biologicamente ativos com importantes funções na saúde humana, incluindo atividades anti-hipertensivas, antioxidantes e antimicrobianas, comportamentos opióides e capacidade para diminuir os níveis de colesterol no corpo (Hernández-Ledesma *et al.*, 2008; Madureira *et al.*, 2010).

a) Soro líquido

O soro líquido pode ser aproveitado para o fabrico de requeijão, bastante frequente em zonas de produção de queijo de ovelha, bebidas de soro e produtos de elevado valor acrescentado. Em relação à produção de bebidas do soro, verifica-se que apenas alguns destes produtos têm impacto comercial, nomeadamente os sumos naturais de fruta, bebidas alcoólicas e iogurtes líquidos (Jelen, 1992).

b) Géis alimentares

Os géis alimentares podem ser definidos como um sistema bifásico, constituído por uma rede macromolecular tridimensional sólida, formada pelas proteínas,

que aprisionam na sua malha uma fase líquida. Esta rede tridimensional tem a capacidade de reter moléculas de água e outros compostos de baixo peso molecular. A separação/concentração da fração proteica dos subprodutos das queijarias por ultrafiltração permite a obtenção de concentrados que podem ser utilizados pela indústria alimentar, como géis, devido às importantes propriedades gelificantes das proteínas do soro (Nunes, 2003).

c) Soro com baixo teor em lactose

O soro de leite com baixo teor em lactose, obtido geralmente por desnaturação térmica das proteínas é frequentemente utilizado na alimentação animal, em virtude do seu elevado teor em minerais e da elevada taxa de desnaturação das suas proteínas (Cayot & Lorient, 1998).

d) Soro desmineralizado

O soro de leite em pó apresenta propriedades diferentes de acordo com a sua origem (ácido ou doce), o rigor do tratamento térmico a que foi previamente submetido, ou os pré-tratamentos que precederam a operação de secagem, como por exemplo, desmineralização, UF, etc. Os soros de leite desmineralizados são muito utilizados em alimentação infantil e produtos de confeitaria e pastelaria (Cayot & Lorient, 1998; Macedo, 2010).

O soro em pó pode ser obtido através de uma pré-concentração por PSM, como a NF, seguidamente concentrado por evaporação e finalmente seco. O permeado obtido da NF é rico em sais minerais e, por isso, tem várias aplicações na indústria alimentar (Becker *et al.*, s.d). Esta forma é bastante satisfatória, pois é obtida pela remoção de aproximadamente 95% da sua humidade, permanecendo todos os outros constituintes nas mesmas proporções relativas presentes no soro original (Miller *et al.*, 2006).

3. Parte experimental

3.1. Integração das operações de ultrafiltração/diafiltração no processamento dos soros de queijaria

As pequenas e médias empresas do sector dos laticínios carecem de um incremento da eficiência dos seus processos produtivos e do nível de inovação dos seus produtos que lhes permita, de forma sustentável, fazer face ao domínio dos produtos das grandes empresas e das multinacionais do setor, que detêm quotas de mercado elevadíssimas. A diversificação de produtos que permita a recuperação e valorização dos componentes do soro poderá representar uma oportunidade de acesso a novos mercados, ao mesmo tempo que garante a redução dos problemas ambientais que este subproduto acarreta (Lacties, 2020).

A integração de PSM, nomeadamente UF, seguida de DF dos concentrados proteicos obtidos é usada a nível industrial pelas grandes empresas de laticínios para a produção de concentrados e isolados proteicos de soro de vaca, bastante valorizados economicamente (entre 6 a 12 €/kg). No entanto, o mesmo não acontece com os soros provenientes dos pequenos ruminantes (ovelha e cabra), dado que a produção de queijos de ovelha e cabra é, em geral, realizada em pequenas e/ou médias queijarias, as quais pelo facto de não disporem de condições para a sua valorização, ou cedem gratuitamente o soro para alimentação animal ou, o depositam em fossas. Desta forma, estas empresas defrontam-se constantemente com o problema relacionado com a valorização/impacto ambiental do seu maior subproduto (o soro).

No âmbito desta tese é apresentada uma proposta de projeto para a instalação de uma unidade de membranas numa queijaria para o reaproveitamento do soro de ovelha e soro de cabra, resultantes do fabrico de queijo e requeijão, os quais atualmente carecem de valorização comercial. A análise insere-se no âmbito de pequenas/médias queijarias existentes na região do Baixo Alentejo. Esta instalação tem uma vertente inovadora, uma vez que envolve a elaboração de novos produtos, que podem diversificar a atividade da queijaria, aumentar a sua rentabilidade e contribuir para a redução do impacto ambiental da atividade

em causa. A figura 4 apresenta esquematicamente os processos de UF/DF aplicados ao soro de ovelha e soro de cabra, durante os trabalhos do projeto LACTIES. No âmbito desta tese apresenta-se uma proposta para a instalação duma unidade de membranas numa queijaria, tendo em vista três possíveis aplicações para os CPS/IPS finais:

- Produção de isolados proteicos em pó, após evaporação e secagem por spray-dryer;
- Fabrico de requeijão com probióticos, a partir da desnaturação térmica das proteínas, seguida da fermentação, por adição de probióticos, permitindo a extensão de vida deste produto, para além de benefícios para a saúde;
- Produção de géis que possam ser incorporados em vários tipos de alimentos, conferindo-lhes propriedades funcionais melhoradas.

A mesma unidade terá também capacidade para processar os permeados obtidos, tendo em vista a recuperação da fração rica em lactose. Esta recuperação dos permeados não será abordada no âmbito desta tese. Na figura 4 é apresentada a descrição das operações no processo de UF/DF.

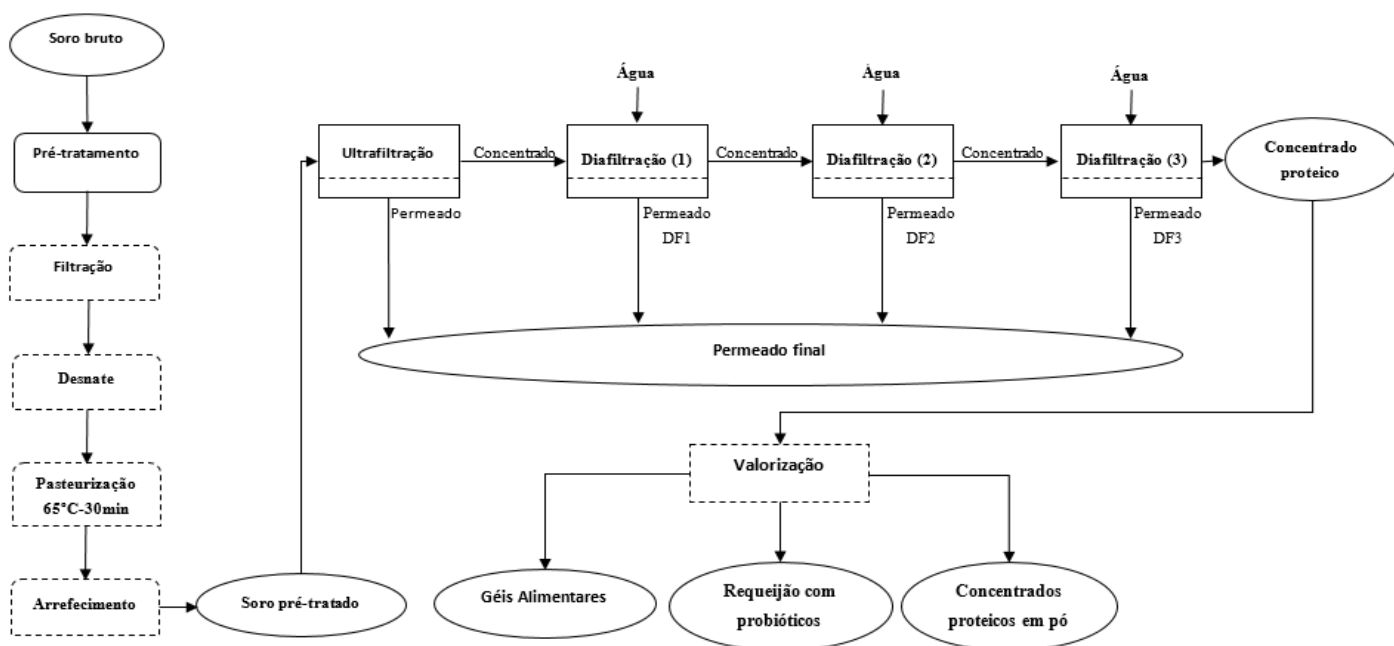


Figura 4 – Descrição das operações no processo de UF/DF

3.2. Realização de inquéritos às queijarias

Dado que este trabalho está inserido na região do Baixo Alentejo, com base numa lista das queijarias existentes nessa zona fornecida pela Direção Geral de Agricultura do Alentejo, foram realizados inquéritos a 47 queijarias, pertencentes a 13 concelhos. Estes inquéritos tiveram como objetivo principal conhecer as quantidades diárias de soro de cabra e de sorelho de ovelha que são produzidos, assim como os destinos que lhes são dados. Foram também recolhidos outros elementos, como as condições de transporte do leite, origem da água utilizada e volumes de água gastos diariamente, o que permitiu caracterizar as várias queijarias (Anexo 1).

3.3. Caracterização físico-química dos isolados proteicos de sorelho de ovelha e de soro de cabra

No âmbito das atividades do projeto LACTIES foram produzidos isolados proteicos de sorelho de ovelha e de soro de cabra por UF/DF, num módulo plano de membranas, a funcionar em descontínuo, com membranas de 10 kDa e uma área de membrana de 0,144 m², a uma pressão transmembrana de 2,0 bar e com um caudal de recirculação da alimentação de 10 L min⁻¹, à temperatura ambiente. Os ensaios foram realizados no Outono/Inverno, onde a temperatura ambiente era baixa. Futuramente, pretende-se que os ensaios sejam realizados a uma temperatura mais elevada, desde que compatível com as membranas usadas, de modo a controlar o possível desenvolvimento de carga microbiana. Antes dos ensaios a instalação foi sempre limpa e desinfetada e a permeabilidade hidráulica da membrana medida.

As amostras de soro de cabra e de sorelho de ovelha, recolhidas numa queijaria na região de Beja, foram inicialmente submetidas ao seguinte pré-tratamento: filtração com os panos de algodão tradicionais (vulgo “fraldas”), para eliminação de finos de caseína e/ou requeijão; desnate em centrífuga desnatadeira, da marca Westfalia, a uma temperatura entre 25-30°C, para redução do teor de gordura e prevenir a colmatação rápida das membranas; pasteurização baixa (T = 65°C, durante 30 minutos). Seguidamente foram sujeitas a UF até um FCV de

4,0. Os CPS foram então sujeitos a DF, em modo descontínuo, em três etapas, com 3 diavolumes, a fim de se obterem IPS de cabra e de sorelho de ovelha.

Os IPS's obtidos foram caracterizados em termos físico-químicos, tendo sido analisados os seguintes parâmetros: pH; sólidos totais; proteína bruta; matéria gorda; lactose e teor de cinzas. O pH foi determinado por potenciometria, com um potenciômetro de bancada METROHM 744 pH Meter© com um eletrodo de vidro combinado. Os sólidos totais foram analisados pelo método gravimétrico, de acordo com o procedimento descrito em AOAC 1990. A proteína bruta, a matéria gorda e a lactose foram determinadas por espectrofotometria de infravermelhos no MilkoScan 133B. O teor de cinzas foi determinado pelo método gravimétrico, de acordo com o procedimento descrito em AOAC, 1990.

3.4. Avaliação técnico/econômica de uma instalação de UF/DF para valorização de soro e sorelho: parâmetros de dimensionamento

O dimensionamento da instalação inclui essencialmente a determinação da área de membrana, após fixado um caudal de alimentação pretendido e o cálculo da energia consumida. Para além destas variáveis, são também estimados, com base em dados da literatura e/ou dos resultados experimentais obtidos no projeto LACTIES, os seguintes parâmetros:

- Tempo de vida das membranas;
- Tempo de limpeza por dia;
- Quantidade de reagentes de limpeza utilizados;
- Potência das bombas;
- Perdas de permeado;
- Mão-de-obra;
- Volume de água consumido (na DF e nas operações de limpeza).

O modo de funcionamento da instalação é muito importante no desempenho das operações com membranas. Propõe-se uma instalação (Figura 5) a funcionar da seguinte forma: um tanque, com capacidade para conter o volume de soro/sorelho produzido diariamente; um tanque, com um volume suficiente para processar por UF o volume estimado por hora, associado ao módulo de

membranas, para que o retentado possa passar o número de vezes necessário através das membranas, até se atingir o FCV pretendido; de seguida, o CPS obtido será transferido para o tanque 8, onde será sujeito a DF, em três etapas, nas quais se adiciona em cada uma delas um volume de água idêntico ao volume obtido de concentrado na etapa anterior de forma a manter o volume constante no tanque. De seguida, o IPS final deverá ser retirado para um tanque recetor. Logo que o CPS seja transferido para o tanque 8, proceder-se-á à introdução de um novo volume de soro pelo mesmo processo. Conforme se pode observar na Figura 5, para o funcionamento desta configuração são necessárias três bombas, uma que é responsável pelo transporte e pressurização da alimentação e duas de recirculação, responsável pela circulação do soro através do módulo de membranas. Esta configuração com recirculação permite trabalhar em modo descontínuo (batch), podendo assim adaptar-se às necessidades e ao volume de soro/sorelho que se pretende fracionar.

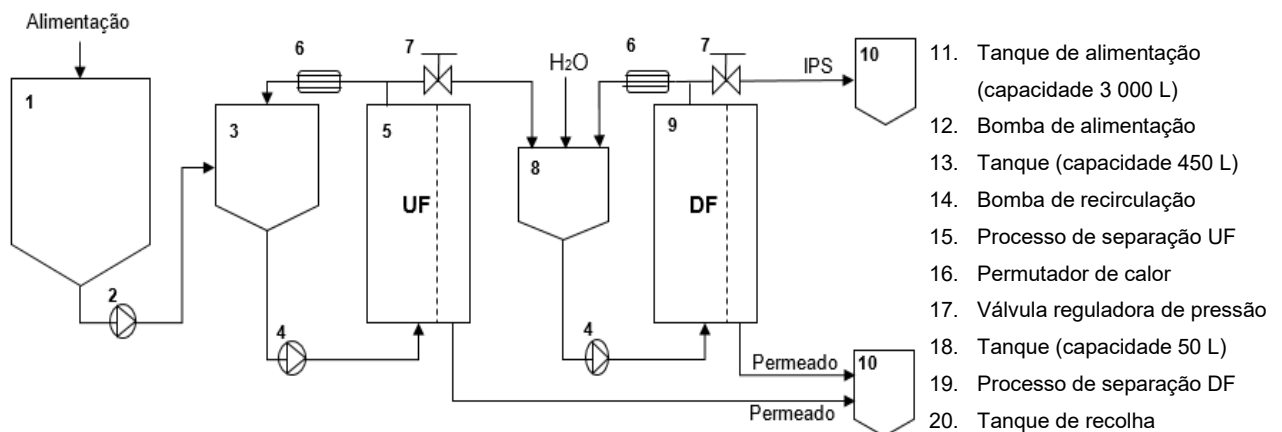


Figura 5 - Configuração da unidade de membranas de UF/DF

3.4.1. Estimativa das principais variáveis de projeto

A análise dos dados recolhidos nas queijarias permitiu estimar a quantidade de soro de cabra e sorelho de ovelha produzidos diariamente na região.

Com base nos fluxos médios experimentais, $J_{pmédio}$, obtidos a partir dos valores (volumes de permeado e tempos) recolhidos durante os ensaios de UF/DF (projeto LACTIES) e, dado que os mesmos foram realizados até um FCV = 4,0, determinou-se o caudal de retentado (q_r), a partir da equação [3]:

$$FCV = \frac{q_a}{q_r} \quad [3]$$

Através do balanço de massa à unidade de UF, obteve-se o caudal de permeado (q_p):

$$q_a = q_r + q_p \quad [4]$$

e a área de membrana média necessária, a partir da equação [5]:

$$J_{pmédio} = \frac{q_p}{A_m} \quad [5]$$

A energia consumida no processo de UF/DF é a energia associada à bombagem e à recirculação da alimentação. Para se estimar a energia necessária à pressurização da alimentação (E_f) utiliza-se a seguinte equação (Cheryan, 1998):

$$E_f = \frac{P_f \times q_a}{\eta} \quad [6]$$

onde: P_f é a pressão da bomba de alimentação; q_r , o caudal de retentado e η a eficiência da bomba (0,5).

A energia consumida pela bomba de recirculação, por unidade de área de membrana, pode ser calculada através da equação [7] (Cheryan, 1998):

$$E_Q = \frac{\Delta P \times Q}{A \times \eta} \quad [7]$$

onde: ΔP é a queda de pressão através do módulo; Q , o caudal de recirculação da alimentação; A , a área de membrana e η , a eficiência da bomba (0,5).

3.4.2. Viabilidade económica de uma instalação de membranas para UF/DF

Para determinar a viabilidade económica da instalação têm que ser considerados os seguintes conjuntos de parâmetros:

- (i) Investimentos, que incluem os preços do equipamento de membranas completo, de bombas extra, remodelação de instalações necessária para integrar o módulo de membranas, tanques inox, para a alimentação, equipamentos diversos, secador (spray-dryer) e remodelação do sistema CIP (cleaning-in-place), admitindo que a queijaria já possui;
- (ii) Gastos operatórios, que incluem substituição de membranas, serviços especializados para manutenção, consumo de água, consumo de energia, seguros, gastos em limpeza e higiene, aquisição de embalagens para os produtos, outros fornecimentos e serviços externos;
- (iii) Gastos com pessoal (engenheiro alimentar, comercial, administrativo, operador e outros gastos com pessoal, como o caso de seguros e segurança social); se a queijaria já tiver estes funcionários, estes podem partilhar parte o seu tempo de trabalho com a unidade de membranas;
- (iv) Gastos comerciais, como por exemplo em publicidade e outros gastos.

4. Resultados e discussão

4.1. Breve caracterização das queijarias e quantidades produzidas de soro e sorelho

A maior parte das queijarias visitadas localizam-se no concelho de Beja, Moura e Serpa, sendo estes também os concelhos com maior produção diária de leite.

Como se pode observar na figura 6, o queijo de cabra representa cerca de 47% do queijo produzido diariamente; o queijo de ovelha cerca de 32% e os restantes 21% correspondem a queijos de mistura, obtidos a partir de leite de ovelha e de cabra.

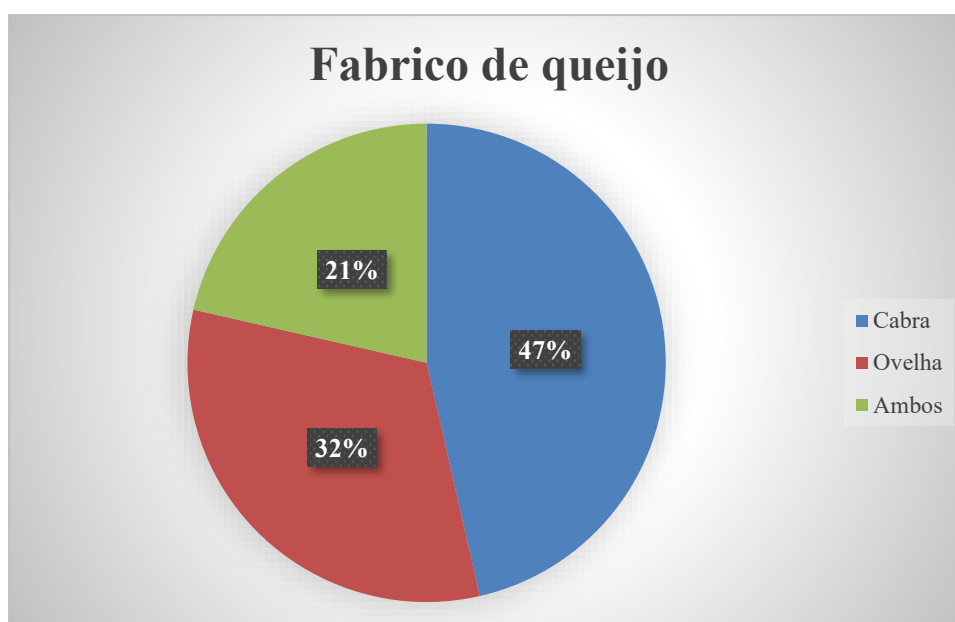


Figura 6 - Percentagem de produção diária de queijo nas queijarias do Baixo Alentejo

A figura 7 apresenta a percentagem de queijo de ovelha e cabra produzido diariamente nas diversas queijarias, por concelho. Para o cálculo da quantidade de queijo produzida diariamente estimou-se que para um 1kg de queijo eram necessários 10L de leite, uma vez que os produtores auditados não concluem a produção diária de queijo. A observação da figura 7 permite constatar que é nos

concelhos de Beja e Serpa onde se produz a maior quantidade, quer de queijo de ovelha quer de cabra.

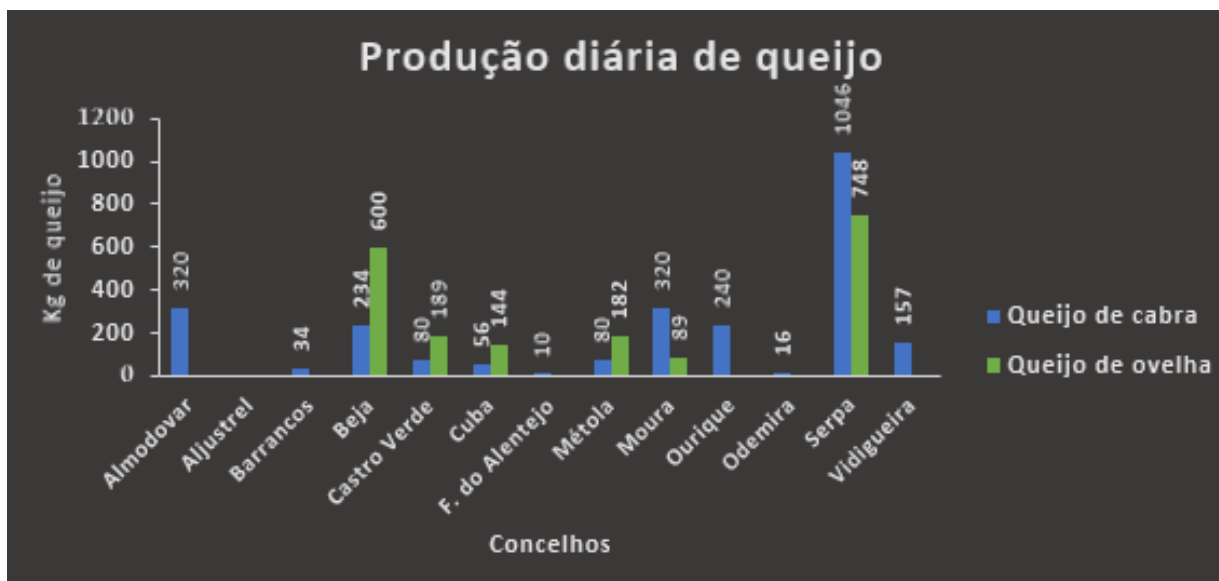


Figura 7 - Quantidade de queijo (kg) produzido diariamente por concelho

Em relação à produção de requeijão, a figura 8 apresenta a quantidade deste produto produzida diariamente, por concelho, na região do Baixo Alentejo. Verifica-se que é nos concelhos de Serpa, Moura e Beja, onde esta produção é maior.

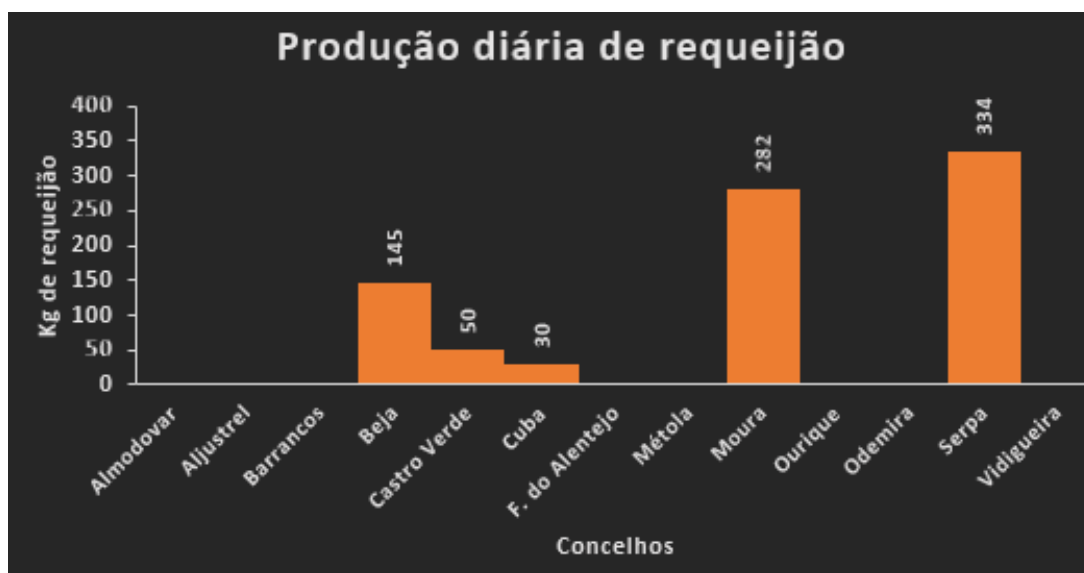


Figura 8 - Produção diária de requeijão (kg) por concelho

Com base nos dados recolhidos de soro e sorelho e considerando que, para a produção de 1 kg de queijo são necessários 10 L de leite, dos quais 9 L é soro (Cheryan, 1998) foi possível estimar um valor médio para a produção diária de soro e sorelho. Na figura 9, pode verificar-se que o concelho de Serpa se destaca nitidamente na produção destes subprodutos.



Figura 9 - Produção diária de soro e sorelho (litros) no Baixo Alentejo

As respostas aos inquéritos permitiram ainda concluir qual o destino dado aos subprodutos (Figura 10). Verifica-se que uma percentagem superior a 50% não tem qualquer aproveitamento, sendo lançado na rede de esgotos ou em fossas; mesmo sem valor económico para o produtor de queijo, apenas 36% é cedido para alimentação animal.



Figura 10 - Destino dos subprodutos (soro/sorelho) em percentagem nas queijarias do Baixo Alentejo

4.2. Caracterização físico-química média dos concentrados e isolados proteicos

A caracterização físico-química média das amostras iniciais (sorelho bruto e soro de cabra bruto), da alimentação da UF (sorelho pré-tratado e soro de cabra pré-tratado), e dos concentrados (CPS) e isolados proteicos (IPS) do sorelho de ovelha e do soro de cabra são apresentadas na tabela 4 e 5.

Conforme se pode observar nos resultados apresentados nas tabelas 4 e 5, os CPS obtidos de sorelho de ovelha têm concentrações de proteína bruta bastante superiores aos obtidos com o soro de cabra, cerca de 32% e 22% na base seca, respetivamente, para o mesmo FCV = 4,0, apesar da concentração de proteína bruta nas amostras iniciais ser muito próxima, cerca de 10,7% e 10,4%. Este resultado indica que parte da proteína bruta, provavelmente na forma de pequenos compostos de azoto, como aminoácidos e pequenos péptidos, poderá ter sido eliminada durante o pré-tratamento, durante as etapas de filtração e desnate.

O efeito da diafiltração é bastante relevante, conforme se pode verificar a partir da composição dos IPS obtidos, quer a partir do sorelho de ovelha ou do soro de cabra. De facto, no caso do sorelho de ovelha, a partir de um CPS com 32% de proteína obtém-se um IPS com 80% de proteína; o mesmo acontece com o soro de cabra, obtendo-se um IPS com cerca de 64% de proteína bruta, a partir de um CPS de cerca de 22%. Este facto é devido à permeação dos componentes de menor massa molar (lactose e sais minerais) para a corrente de permeado. Estes IPS poderão assim ter um valor comercial mais elevado.

Tabela 4 - Caracterização físico-química média das amostras (com indicação do desvio padrão) de sorelho, em base seca

	Sorelho bruto	Sorelho pré-tratado	Permeado final	Concentrado da UF	Isolado proteico
Gordura (% m/m)	6,73 ± 3,36	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,31 ± 0,54	7,73 ± 1,50
Proteína (% m/m)	10,73 ± 1,83	10,93 ± 1,28	5,35 ± 0,26	31,86 ± 1,75	79,47 ± 1,41
Lactose (% m/m)	58,06 ± 7,08	59,49 ± 5,84	62,41 ± 0,98	45,59 ± 2,39	8,04 ± 3,14
Cinzas (% m/m)	28,54 ± 1,19	30,69 ± 2,39	30,18 ± 0,19	23,52 ± 1,59	6,61 ± 0,72

Tabela 5 - Caracterização físico-química média das amostras (com indicação do desvio padrão) do soro de cabra, em base seca

	Soro de cabra bruto	Soro pré - tratado	Permeado final	Concentrado da UF	Isolado proteico
Gordura (% m/m)	10,76 ± 1,83	5,73 ± 2,50	9,68 ± 4,21	7,00 ± 3,40	12,18 ± 2,00
Proteína (% m/m)	10,39 ± 1,24	7,35 ± 3,40	6,24 ± 0,24	21,91 ± 0,17	63,62 ± 6,75
Lactose (% m/m)	55,38 ± 6,93	63,01 ± 6,80	64,95 ± 0,80	51,52 ± 6,70	17,66 ± 0,17
Cinzas (% m/m)	23,47 ± 0,20	23,91 ± 0,20	28,28 ± 0,20	18,94 ± 0,15	6,54 ± 2,35

4.3. Determinação dos principais parâmetros técnicos da instalação de UF/DF

Tendo por referência uma das queijarias onde a produção de queijo e requeijão é a mais elevada (15 kg de queijo de cabra diários e 68kg de requeijão diários), produzidos em dias alternados durante a semana e considerando que, cerca de 90% do volume total de leite (e ou soro laborado) é libertado na forma de soro e/ou sorelho, foi possível obter um caudal médio diário (q_a) para ambos os subprodutos de cerca 3516 L/dia, nessa queijaria.

Atendendo a que um dia de trabalho da queijaria corresponde a 6 horas, então por hora é produzido um caudal de cerca de 586 L/hora, ou majorando ligeiramente, 590 L/hora.

No entanto, dado que durante os ensaios experimentais realizados no âmbito do projeto LACTIES, se verificou que, após o pré-tratamento, cerca de 30% do volume de soro era removido durante as operações de filtração e desnate, então considerou-se que o caudal real da alimentação (q_a) à entrada do módulo de membranas é de 413 L/hora.

A determinação da área de membrana necessária para o processamento de 413 L/hora por UF, foi realizada de acordo com o procedimento descrito na secção 3.3. Para um fluxo médio, determinado em 6 ensaios de UF/DF, de cerca de 77 L h⁻¹ m⁻², um FCV de 4,0, o caudal de retentado médio é de 103,8 L h⁻¹; o caudal de permeado é 309,2 L h⁻¹, pelo que a área de membrana estimada é de 4,10 m².

A aplicação das equações [6] e [7] permite calcular a energia de bombagem, associada à bomba de pressurização da alimentação e às bombas de

recirculação. Para o cálculo da energia de bombagem (E_f), a pressão utilizada foi de 2,0 bar (pressão média usada nos ensaios de UF/DF); o caudal de alimentação é de 413 L/h e a eficiência da bomba, 0,5 (Mulder, 1996). Para a determinação da energia consumida pela bomba de recirculação (E_Q) tomou-se a perda de carga obtida experimentalmente, de 1,2 bar; um caudal de recirculação experimental de 10 L min⁻¹, sendo também considerada uma eficiência de 0,5 para a bomba de recirculação.

Os resultados obtidos no dimensionamento da unidade de UF são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 - Parâmetros técnicos de uma unidade de UF

Parâmetros técnicos da unidade de UF	
Caudal de permeado, q_p (L h ⁻¹)	309,2
Área de membrana, A_m (m ²)	4,10
Potência total das bombas (kW)	11
$E_{consumida}$ (bomba de pressurização), E_f (kWh)	0,046
E_Q (bombas de recirculação), kWh	0,080
V água adicionado na DF (L dia ⁻¹)	1395
Tempo de vida das membranas (h)	3 000
Tempo de limpeza (h dia ⁻¹)	1-2
Reagentes de limpeza (kg)	0,1
Mão-de-obra (h dia ⁻¹)	1
Perdas de soro na instalação (%)	1

4.4. Análise de viabilidade económica

Neste capítulo pretende-se avaliar a viabilidade económica da instalação de uma unidade industrial de membranas para o reaproveitamento do soro de ovelha e soro de cabra, resultantes do fabrico de queijo e requeijão, os quais atualmente não têm valorização comercial. A análise tem como referência as pequenas/médias queijarias existentes na região do Baixo Alentejo. Esta instalação tem uma vertente inovadora acentuada, uma vez que envolve a elaboração de novos produtos que podem diversificar a atividade da queijaria, eventualmente aumentar a sua rentabilidade e contribuir para a redução do impacto ambiental da atividade em causa.

4.4.1. Produtos a elaborar

No âmbito da instalação de membranas pretende-se desenvolver três novos produtos (géis alimentares; requeijão com probióticos e concentrados proteicos em pó), obtidos a partir dos concentrados proteicos da UF/DF do soro de cabra e soro de ovelha, por tecnologias de membranas. Uma visão geral deste processo é apresentada na figura 4.

4.4.1.1. Géis Alimentares

A separação/concentração da fração proteica dos subprodutos das queijarias permite a obtenção de concentrados que podem ser utilizados pela indústria alimentar, como géis, devido às importantes propriedades gelificantes das proteínas do soro (Nunes, 2003).

A gelificação das proteínas, ou seja, a sua capacidade para a formação de géis é uma propriedade funcional muito importante, que é aproveitada na conceção de numerosos alimentos, como produtos lácteos, alguns produtos cárneos, géis de proteína de soja, proteínas vegetais texturizadas por extrusão, e produtos de panificação (Bragante, 2009).

4.4.1.2. Requeijão com probióticos

O requeijão com probióticos a desenvolver no âmbito deste trabalho será obtido a partir dos concentrados proteicos separados por UF/DF, com adição de culturas probióticas, o que permite a extensão do tempo de vida deste produto atualmente bastante perecível, e significativos benefícios para a saúde. Alguns desses benefícios são: diminuição do colesterol, melhoria da intolerância à lactose, melhoria da imunidade, alívio de alergias alimentares infantis, controle de doenças inflamatórias do intestino, controlo da síndrome do intestino irritável, redução do cancro do útero, entre outros. Estas vantagens provêm do facto dos probióticos atuarem sobre a microflora intestinal, tornando-a mais resistente aos patogénicos (Zacarias *et al.*, 2011).

O interesse comercial na exploração dos benefícios para saúde atribuídos aos probióticos tem contribuído de uma forma significativa para o rápido crescimento

e expansão do comércio. Os probióticos são as estirpes com essas propriedades de grande interesse, os mais utilizados são: leites fermentados e iogurtes (Stanton *et al.*, 1998).

4.4.1.3. Isolados proteicos em pó

Os concentrados proteicos em pó serão obtidos a partir dos IPS líquidos, resultantes da concentração do soro por UF/DF. A fim de se obterem os IPS em pó, os IPS líquidos serão sujeitos a evaporação até um determinado teor de sólidos e depois secos, em spray-dryer. Os IPS finais terão concentrações de proteína de 60% e 80%. Estes concentrados em pó são usados em diversos alimentos e produtos lácteos para aumentar o valor nutricional e melhorar a sua textura, sendo também amplamente utilizados na nutrição humana e animal, na forma de suplementos com altos teores de proteínas.

4.4.2. Análise económico-financeira

Os géis alimentares serão comercializados em embalagens de 0,5 kg. O requeijão com probióticos e os concentrados proteicos em pó serão vendidos a peso para clientes finais (particulares e indústrias alimentares). Uma estimativa de produção anual e dos preços unitários de venda destes produtos consta da tabela 7.

Foi considerado como pressuposto que o preço médio de venda dos produtos irá subir 2% ao ano, devido à inflação e ao acréscimo de preço por notoriedade. Na tabela 8 pode-se verificar a previsão das vendas resultante da laboração para a queijaria em estudo.

Tabela 7 - Previsão das vendas no primeiro ano

Produtos	Preço Unitário	Produção	Valor das Vendas em 2021	Anos seguintes
Géis Alimentares	4 €/(Embalagem 1/2 kg)	20 000 Embalagens	80 000 €	Manutenção das quantidades; Crescimento em valor /ano: 2%
Requeijão com probióticos	8,50 €/kg	3 000 kg	25 500 €	
Isolados proteicos em pó, com 60% de proteína	4 €/kg	1 500 kg	6 000 €	
Isolados proteicos em pó, com 80% de proteína	4 €/kg	1 500 kg	6 000 €	
TOTAL	-	-	117 500 €	

4.4.2.1. Investimento e financiamento

As consultas efetuadas para a remodelação de instalações/equipamentos necessários para uma unidade industrial de membranas na queijaria em estudo apontam para um investimento inicial de 172 000 € (ano 2021). Os equipamentos identificados como necessários e respetivos preços são os seguintes:

- Equipamento de membranas completo, incluindo tanque, bomba de alimentação, 1 módulo enrolado em espiral de membranas, permutador de calor, coletores de permeado: 30 000 €;
- Bombas de recirculação: 10 000 €;
- Remodelação instalações: 20 000 €;
- 3 Tanques Inox: 5 000 €;
- Equipamento diverso: 3 000 €;
- Remodelação do sistema CIP: 4 000 €;
- Secador: 100 000 €

O investimento previsto pode ser objeto de candidatura a fundos comunitários. A avaliação que a seguir se efetua assenta na obtenção de 50% do valor do

investimento a fundo perdido através de programa comunitário e os restantes 50% através de financiamento bancário. Após consulta efetuada considerou-se possível obter junto da banca um empréstimo a 5 anos com uma taxa de juro de 4,5 %.

4.4.2.2. Gastos de operação

Os gastos correntes anuais (355 dias) estimados com o funcionamento da unidade de membranas, estão evidenciados nas tabelas 8, 9 e 10. Também se considerou que os gastos serão atualizados em 2 % anualmente para fazer face aos aumentos de inflação. Na tabela 8 elencam-se os gastos correntes com a operação da unidade industrial de membranas.

Tabela 8 - Gastos com a operação da unidade industrial de membranas

Operações	Valor Total 2021	Anos Seguintes
Membranas (m ²)	1 000 €	Atualização anual 2%
Energia	3 500 €	
Serviços especializados (manutenção)	5 000 €	
Água	1 200 €	
Seguros	500 €	
Limpeza, higiene (imputação)	1 200 €	
Embalagens diversas	4 000 €	
Outros fornecimentos e serviços externos	5 000 €	
TOTAL	21 400 €	

Na tabela 9 evidenciam-se os gastos estimados com o pessoal adicional, resultantes da introdução na queijaria da unidade industrial de membranas.

Tabela 9 - Gastos com pessoal

Gastos com pessoal	Valor (€/ano) 2021	Anos Seguintes
1 Engenheiro Alimentar (1/2 tempo)	20 000 €	Atualização anual 2%
1 Comercial (1/4 tempo)	6 000 €	
1 Administrativos (1/4 tempo)	4000 €	
1 Operador (1/4 tempo)	3 500 €	
Outros Gastos com pessoal	1 500 €	
TOTAL	35 000 €	

Na tabela 10 estão mencionados os gastos previstos com publicidade e outros gastos comerciais.

Tabela 10 - Gastos comerciais

Gastos comerciais	Valor (€/ano) 2021	Anos Seguintes
Publicidade	5 000 €	Atualização anual 2%
Outros gastos comerciais	2 000 €	
TOTAL	7 000 €	

4.4.2.3. Avaliação da viabilidade do projeto

Na tabela 11 foram consolidadas as projeções financeiras de vendas e gastos, para um período de 5 anos e efetuada a avaliação da rentabilidade da introdução deste negócio na queijaria em estudo.

Tabela 11 - Avaliação da rentabilidade da introdução na queijaria da unidade industrial de membranas

	2021 Ano 0	2022 Ano 1	2023 Ano 2	2024 Ano 3	2025 Ano 4
1. Vendas	117 500 €	119 850 €	122 247 €	124 692 €	127 185 €
2. Subsídio Investimento	17 200 €	17 200 €	17 200 €	17 200 €	17 200 €
3. Gastos com a operação	21 400 €	21 828 €	22 265 €	22 710 €	23 164 €
4. Gastos com pessoal	35 000 €	35 700 €	36 414 €	37 142 €	37 885 €
5. Gastos comerciais	7 000 €	7 140 €	7 283 €	7 428 €	7 577 €
6. Resultado antes de depreciações, gastos de financiamento e impostos	71 300 €	72 382 €	73 485 €	74 612 €	75 759 €
7. Depreciações	34 400 €	34 400 €	34 400 €	34 400 €	34 400 €
8. Resultado Operacional	36 900 €	37 982 €	39 085 €	40 212 €	41 359 €
9. Prestação (Capital + Juros)	20 134 €	20 134 €	20 134 €	20 134 €	20 134 €
10. Resultado antes de impostos	16 682 €	17 848 €	18 951 €	20 078 €	21 225 €
11. Impostos (IRC/Derrama/Tributações autónomas 20%)	3 336 €	3 570 €	3 790 €	4 016 €	4 245 €
12. Resultado Líquido do Período	13 346 €	14 278 €	15 161 €	16 062 €	16 980 €
13. Compensação Depreciações	34 400 €	34 400 €	34 400 €	34 400 €	34 400 €
14. Cash Flow Exploração	47 746 €	48 678 €	49 561 €	50 462 €	51 380 €
15. Investimento	-172 000 €				
16. Fundo de Maneio	-4 000 €				
17. Cash Flow Total Líquido	-128 254 €	-79 576 €	-30 015 €	20 447 €	71 827 €
TIR 20%					
VAL(i=0,15): 14 106,20 €					
Payback period: 3 anos, 7 meses e 4 dias					

O cálculo do valor das rubricas 1, 3, 4 e 5 encontra-se evidenciado nos quadros anteriores. A rubrica 2 refere-se ao valor do subsídio a fundo perdido repartido

por 5 anos, conforme normativo contabilístico. Relativamente à estimativa dos valores das depreciações utilizou-se como enquadramento o Decreto Regulamentar n.º 25/2009 que estabelece o regime das depreciações e amortizações para efeitos fiscais. Considerou-se para cálculo da quota do valor das depreciações ou amortizações a utilização do método da linha reta. Considerou-se, como referência, investimentos depreciables de 172 000 € a partir de 2021. Tendo em conta as taxas específicas previstas para o Grupo 1 – De alimentação, bebidas e tabaco apresentadas na tabela I “Taxas Específicas” do referido Decreto Regulamentar, foi decidido admitir a taxa estatística de 20% para cálculo das depreciações e amortizações.

No que diz respeito à prestação de reembolso do empréstimo e respetivos juros (rubrica 8.), considerou-se um financiamento bancário de 90 000 € a 5 anos com uma taxa de juro a 4,5 % (estabelecida depois de efetuada uma consulta a três instituições de crédito). Foi utilizado um simulador de crédito para obter o valor da prestação mensal a pagar durante os 5 anos. Assim, o valor da amortização mensal do empréstimo ascende a 1 340,37 € e os juros a pagar mensalmente serão de 337,50 €/mês, totalizando por ano (capital + juros) 20 134 €.

No que se refere a Impostos (rubrica 10), foi utilizada uma taxa de 20%, considerando que a taxa do imposto sobre o rendimento das pessoas coletivas é de 17% ou 21%, conforme a matéria coletável. O remanescente está relacionado com outros impostos, nomeadamente derramas e tributações autónomas.

A compensação das depreciações (rubrica 12), refere-se ao valor contabilizado como gasto referente a depreciações (rubrica 6) que não dá origem a pagamentos.

Para efetuar a análise do investimento recorreu-se a 3 indicadores de viabilidade económica de projetos de investimento:

1) Valor Atual Líquido (VAL), que representa o "valor" do projeto hoje e utiliza uma taxa de desconto para atualizar os fluxos futuros para o momento presente.

O VAL tem como objetivo avaliar a rentabilidade de um projeto de investimento através do cálculo do valor atual de todos os seus cash-flows. Por valor atual

entende-se o valor hoje de um determinado montante a obter no futuro. Como qualquer investimento apenas gera cash-flow no futuro, é necessário atualizar o valor de cada um desses cash-flows e compará-los com o valor do investimento. No caso do investimento ser inferior ao VAL dos cash-flows, o VAL é positivo o que significa que o projeto apresenta uma rentabilidade positiva.

Para atualizar os cash-flows futuros é utilizada uma taxa a que se chama taxa de desconto. Esta taxa de desconto é não mais do que uma taxa de juros sem risco acrescida de um prémio de risco estabelecido para o tipo de projeto em causa. O VAL é calculado de acordo com a equação [8]

$$VAL = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{((1+t))^i} \quad [8]$$

onde: CF_i = Cash-flow no ano i ; t = taxa de desconto

Na simulação apresentada utilizou-se uma taxa de 15%.

2) A taxa interna de rentabilidade (TIR) representa a rentabilidade gerada por determinado investimento, ou seja, representa uma taxa que se utilizada como taxa de desconto, tornando o VAL líquido igual a zero. A partir do momento em que a rentabilidade dos projetos de investimento seja conhecida, o critério de decisão sobre o investimento consiste simplesmente em aceitar os que apresentam um TIR superior ao custo de financiamento, acrescido de uma determinada taxa de risco que lhes esteja associada. Assim, aceita-se o projeto se $TIR >$ taxa de desconto. A partir da equação [9] pode obter-se a TIR:

$$\sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{((1+t))^i} = 0 \quad [9]$$

onde: CF_i = Cash-flow no ano i ; t = Taxa Interna de Rendibilidade

3) Período de retorno (Payback period) é o tempo que um projeto demora a gerar ganhos que igualam o investimento incorrido para a concretização do mesmo.

A fórmula de cálculo do Payback é a seguinte:

$$\sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{((1+t))^i} = 0$$

Os resultados obtidos indicam um VAL= 14 106,20 € (≥ 0). Ao fim de 5 anos o projeto terá um valor acrescentado líquido de 14 106,20 € portanto é um projeto viável.

A taxa de rentabilidade é 20% (superior à taxa de 15% que foi considerada a taxa de rentabilidade mínima exigida), pelo que o projeto, também de acordo com este critério é viável.

O número de anos para recuperar o investimento inicial será 3 anos, 7 meses e 4 dias, período aceitável atendendo ao volume de investimento efetuado.

Em conclusão, de acordo com os 3 critérios utilizados conclui-se assim que é viável economicamente recuperar compostos de elevado valor acrescentado presentes em subprodutos resultantes do fabrico de queijo de cabra e requeijão de ovelha, recorrendo ao uso de tecnologias limpas de membranas.

No entanto, em trabalhos futuros, deverá ser realizada uma análise de sensibilidade, face ao tipo de produtos a vender e aos seus preços.

5. Conclusões e perspectivas futuras

A integração de processos de separação por membranas em queijarias permite a recuperação dos principais subprodutos obtidos (soros e soroelhos), através da sua valorização em novos produtos de elevado valor acrescentado.

A análise técnico-económica permitiu concluir que será rentável para uma queijaria, com uma produção média diária de cerca de 3 500 L de soro e soroelho, a instalação de uma unidade de membranas para a obtenção de isolados proteicos de soro líquidos, a partir dos quais se obtêm novos produtos (géis alimentares, requeijão com probióticos e isolados proteicos de soro em pó). No entanto, teria sido importante efetuar um estudo de mercado, a fim de conhecer melhor o público alvo, assim como indústrias interessadas na aquisição destes novos produtos, como por exemplo, a venda dos géis alimentares.

A proposta deste projeto, para poder ser aplicada em queijarias de menores produções diárias daqueles subprodutos, teria de ser analisada, tendo em conta, em especial o investimento inicial. Uma solução que poderia ser aplicada, para o caso de pequenas queijarias seria, por exemplo, a instalação de uma unidade única de membranas, onde os pequenos produtores de queijo poderiam entregar os seus subprodutos para valorização. Esta unidade poderia ser adquirida através de um concurso para um projeto subsidiado.

Em termos futuros será crucial investigar a recuperação dos permeados obtidos no processo de UF/DF, dado que estes são muito ricos em matéria orgânica, cujo componente principal é a lactose, a qual deverá ser recuperada, não só também pelo seu valor nutritivo e variadíssimas aplicações, como também para reduzir o problema ambiental.

Na recuperação destes permeados, a nanofiltração é também um dos processos mais promissores para esse efeito e que, aliás, também foi realizada no âmbito do projeto LACTIES, mas cujos resultados ainda não estão disponíveis.

6. Referências bibliográficas

- AGROTEC. (2018). Leite: APROLEP lança desafios para 2019. Obtido de Revista Técnico-Científica Agrícola: <http://www.agrotec.pt/noticias/leite-aprolep-lanca-desafios-para-2019/>
- Alais, C. (1985). Science du lait. Principes des techniques laitières. 4^o édition. V. 1, P. 814. France: S.E.P.A.I.C. Société d'Édition et de Promotion Agro-alimentaires.
- Alves, M. P., Moreira, R., Júnior, P. R., Martins, M. C., Perrone, Í. T., & Fernandes de Carvalho, A. (Maio/Junho de 2014). Soro de leite: Tecnologias para o processamento de coprodutos. Revista do Instituto de Lactínios Cândido Tostes, pp. 212-226.
- Amaral, D. S., Amaral, D. S., & Neto, L. G. (2011). Tendências de consumo de leite de cabra: enfoque para a melhoria da qualidade. Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável, 6(1), pp. 39-42.
- AOAC. (1990). Ash in milk. Official Methods of Analysis(925), 15, 46. AOAC: Arlington, VA.
- AOAC. (1990). Total solids in milk. Official Methods of Analysis(925), 15, 23A. AOAC: Arlington, VA.
- Attaie, R., & Richter, R. (Maio de 2000). Size Distribution of Fat Globules in Goat Milk. Journal of Dairy Science, 83(5), pp. 940-944.
- Barbosa, H. P., Lima, C. U., Santana, A. M., Lins, A. A., Polizelli, M., & Martins, P. d. (2014). Caracterização físico-química de amostras de leite in natura comercializados no estado da Paraíba. (R. C. Esperança, Ed.) Obtido em 27 de Fevereiro de 2018, de http://www.facene.com.br/wp-content/uploads/2010/11/Caracteriza---o_f--sico-qu--mica-PRONTO.pdf
- Barros, E. L. (2012). Características do leite de cabra. Obtido em Março de 2019, de <http://www.revistaagropecuaria.com.br/2012/10/11/caracteristicas-do-leite-de-cabra/>

- Becker, A. F., Tecchio, F., Rigo, E., & Cavalheiro, D. (s.d.). Estudo do permeado da nanofiltração de soro de leite para aplicação em alimentos. Seminário de Iniciação Científica.
- Bosco, W. A. (2013). Programa de produção mais limpa em uma Indústria de Laticínios de media porte. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC.
- Boumba, V., Voutsinas, L., & Philippopoulos, C. (2001). Composition and nutritional value of commercial dried whey products from Feta cheese manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 54(4), 141-145.
- Bragante, A. (2009). Processo de gelificação em alimentos. Obtido em 12 de 2019, de https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3275062/mod_resource/content/1/Bragante2009%20Processo%20de%20Gelifica%C3%A7%C3%A3o%20em%20Alimentos.pdf
- Bylund, G. (1995). The Chemistry of milk. Dairy processing handbook, pp. p 13-36.
- Carvalho, G. R. (2010). A Indústria de laticínios no Brasil: passado, presente e futuro. P. 12. Obtido em 12 de 2019, de <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/870411/1/CT102.pdf>
- Cayot, P., & Lorient, D. (1998). Structures et technofonctions des protéines du lait. V. 1, XVIII-363 p. Tec & doc-Lavoisier, -- Arilait Recherches.
- CEFET. (2012). Departamento de Química. Obtido de http://www.tecquimica.cefetmg.br/galerias/arquivos_download/Membranas_-_Gisele_-_CEFET_2012.pdf
- Cheryan, M. (1998). Ultrafiltration and microfiltration handbook (2nd ed.). Boca Raton, USA: CRC Press.

- Coelho, M. O. (2012). Variabilidade das Características do Leite de Cabra e sua Influência no Fabrico de Queijo. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia Universidade Técnica de Lisboa.
- Costa, A. R. (2019). APROLEP pede articulação com Governos dos Açores e de Espanha para encontrar solução para " a crise do preço baixo do leite". Obtido de Vida Rural: <https://www.vidarural.pt/agroindustria/aprolep-pede-articulacao-com-governos-dos-aco-res-e-de-espanha-para-encontrar-solucao-para-a-cri-se-do-preco-baixo-do-leite/>
- Daufin, G., René, F., & Aimar, P. (1998). Les separations par membrane dans les procédés de l'industrie alimentaire. P. 343-359. Paris: Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires.
- DGV. (2011). Direcção Geral de Veterinaria. Obtido em Dezembro de 2019, de http://www.proder.pt/ResourcesUser/Documentos_Diversos/221/Rendimento_leite_na_producao_queijos.pdf
- Diário da República n.º 112/2017, Série I. (09 de 06 de 2017). Agricultura, Florestas e Desenvolvimento Rural(62/2017), 2924 - 2944.
- Diário da República n.º 128/1987, Série I. (04 de 06 de 1987). Ministérios da Agricultura, Pescas e Alimentação e da Indústria e Comércio(472/87), 2239-2241.
- Diário da República n.º27/1990, Série I de 1990-02-01. (s.d.). (73/90), 436-438. (d. A. Ministério do Planeamento e da Administração do Território, Ed.)
- Drewnowski, A., & Fulgoni, V. (2008). Nutrient profiling of foods: creating a nutrient - rich food index. *Nutrition Reviews*, 66(1), pp. 23-39.
- FAO. (2013). Milk and dairy products in human nutrition. Food And Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2019). Leite e produtos lácteos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- Fox, P., Guinee, T., Cogan, T., & McSweeney, P. (2000). Chemistry of milk constituents. In: *Fundamentals of Cheese Science*. Aspen Publishers, Gaithersburg, MD, pp. 19-44.
- Freire, E. (2015). Leite de cabra precisa-se! Obtido em Dezembro de 2019, de Vida Rural: <https://www.vidarural.pt/insights/leite-de-cabra-precisa-se/>
- Funquay, J., Fox, P., & McSweeney, P. (2011). *Encyclopedia of dairy sciences*. 2nd.
- Gabinete de Planeamento e Políticas. (2014). *Anuário Agrícola Informação de Mercados*, P. 325-354.
- Gaino, V. O., Voltarelli, V. P., Rensis, C. V., & Vianna, P. B. (2012). Requeijão cremoso probiótico: avaliação da viabilidade de *Lactobacillus casei*, da composição físico-química e aceitação sensorial. *Semina: Ciências Agrárias*, V. 33(2), pp. P. 3133-3142.
- Gevers, L., Vankelecom, I., & Jacobs, P. (2005). *Chem. Commun.* P. 2500-2502.
- Guimarães, P. M., Teixeira, J. A., & Domingues, L. (2010). Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. V. 28(3), P. 375-384.
- Hernández- Ledesma, B., Recio, I., & Amigo, L. (2008). Lactoglobulin as source of bioactive peptides. P. 35, 257-265.
- Hitchins, A., & Mc Donough, F. (1989). Prophylactic and therapeutic aspects of fermented milk. V. 49, P. 675-684.
- INE. (2015). *Estatísticas Agrícolas, 2014*. Obtido de Instituto Nacional de Estatística, I. P.
- INE. (2018). *Estatísticas Agrícolas 2017*. Instituto Nacional de Estatística., edição 2018.
- Jelen, P. (1992). Whey cheeses and beverages. In "Whey and Lactose Processing". (5), P. 157-193. Elsevier Applied Science.

- Khamuri, K., & Rajorhia, G. (1998). Formulation of ready to serve whey based kinnow juice beverage. V. 51(6), P. 413-419. Indian Journal of Dairy Science.
- Kovacs, Z., & Czermak, P. (2013). Diafiltration. Em Encyclopedia of Membrane Science and Technology. Por Eric M. V. Hoek e Volodymyr V. Tarabara. Wiley, USA.
- Lab2 Factory. (s.d.). Redução de consumos energéticos na indústria de laticínios. Obtido em Março de 2019, de Lab2 Factory- Politécnico de Coimbra: <http://lab2factory.eu/reducao-de-consumos-energeticos-na-industria-de-laticinios/>
- Lacasse, D. (1998). Introdução á microbiologia alimentar. P. 200-211. (I. Piaget, Ed.) Lisboa.
- Lacties. (2020). Obtido em Novembro de 2019, de Memória descritiva do Projecto Lacties: <http://www.lacties.com>
- Leidens, N. (2013). Concentração das proteínas do soro de leite de ovelha por ultrafiltração e determinação das propriedades funcionais dos concentrados proteicos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Lipnizki, F. (2010). Cross - Flow Membrane Applications in the Food Industry. Membrane Technology, Volume 3: Membranes for Food Applications.
- Macedo, A. (2005). Aplicação de tecnologias de membranas na valorização de subprodutos resultantes do fabrico do queijo Serpa. Beja: Escola Superior Agrária.
- Macedo, A. (2017). Processos de separação por membranas - fundamentos e aplicações na indústria alimentar. Provas Públicas de Avaliação da Competência Pedagógica e Técnico-científica na Area das Indústrias Alimentares - Engenharia de Processos. Instituto Politécnico de Beja.
- Macedo, A. Z. (2010). Fraccionamento de Lactossoro de Ovelha por Tecnologias de Mestrado e Estudo das Possíveis Utilizações dos Concentrados

Obtidos. Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia.

Macedo, A., Duarte, E., & Fragoso, R. (2015). Assessment of the performance of three ultrafiltration membranes for fractionation of ovine second cheese whey. 48, P. 31-37.

Macedo, A., Martins, A., Ferro, S., Santos, T., Pinho, M., Geraldês, V., . . . Canada, J. (2005). In "Aplicação de tecnologias de membranas na valorização de subprodutos resultantes do fabrico do Queijo Serpa". Escola Superior Agrária , Beja.

Madureira, A., Tavares, T., Gomes, A., Pintado, M., & Malcata, F. (2010). Physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins. Em Journal of Dairy Science (Vol. 93, pp. 437- 455).

Mangino, M. (1992). Properties of whey protein concentrates. Whey and Lactose Processing, pp. 231-270.

Marshall, A., & Daufin, G. (1995). Physico-Chemical aspects of membrane fouling by dairy liquids. Fouling and cleaning in pressure driven membrane processes, pp. 8-35.

Martins, A. P., & Vasconcelos, M. M. (2004). A qualidade do queijo fabricado com leite cru. Efeito dos principais factores tecnológicos. Núcleo de Tecnologia do Leite e Derivados, . Lisboa: Departamento de Tecnologia dos produtos Agrários.

Maubois, J., & Ollivier, G. (1997). Extraction of milk proteins. Food proteins and their applications, pp. 579-595.

Milk Point Portugal. (2017). FAO: produção mundial de leite deverá aumentar 1,4% em 2017. Obtido em Dezembro de 2019, de Milk Point: <https://www.milkpoint.pt/noticias/novidades-do-setor/fao-producao-mundial-de-leite-devera-aumentar-14-em-2017-105903n.aspx>

Miller, G., Jarvis, J., & McBean, L. (2006). Handbook of Dairy Foods and Nutrition. 3rd.

- Ministério das Finanças e da Administração Pública. (2009). Decreto Regulamentar nº 25/2009.
- Morais, N. O. (2017). Avaliação do desempenho de duas membranas de ultrafiltração para a separação da fracção proteica de soro de ovelha. Instituto Politecnico de Beja - Escola Superior Agrária de Beja, Beja.
- Moreira, R. d., Junior, P. H., Francisquini, J. d., Stephani, R., Perrone, Í. T., & Carvalho, A. F. (2017). Produção de concentrado proteico de soro em escala piloto: aspectos tecnológicos. *Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes*, 72(4), pp. 205-214.
- Morr, C. (1989). Whey Proteins: Manufacture In "Developments in Dairy Chemistry". Elsevier Applied Science, London and New York, pp. 245-284.
- Moura, A. (2017). Proteínas do soro de leite. *Food Ingredients Brasil*(41). Obtido em Janeiro de 2020, de https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201708/2017080411181001502910420.pdf
- Mulder, M. (1996). Basic principles of membrane technology 2nd. Netherlands: Academic Publishers.
- Nunes, M. (2003). A Química e a Reologia no Processamento de Alimentos. Lisboa: Instituto Piaget - Ciência e Técnica.
- OHR, L. (2002). Improving the gut feeling. *FoodTechnology*, 56(10).
- Oliveira, M. N., Sivieri, K., Alegro, J. A., & Saad, S. M. (2002). Aspectos tecnológicos de alimentos funcionais contendo probióticos. 38(1). *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas - Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*.
- Park, Y. W., Haenlein, G. F., & Wendorff, W. L. (2006). Handbook of milk of non-bovine mammals. Em Wiley Blackwell (2nd ed.).
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, pp. 88-113.

- Pereira, C. J., Gomes, D. M., & Henriques, M. F. (s.d.). Valorização do soro de queijaria. Obtido de Lab2 Factory Politécnico de Coimbra: <http://ia.pt/catalogo/tecnologia-x/>
- Perry, K. S. (2004). Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. *Quim. Nova*, 27(2), pp. 293-300.
- Portelinha, D. G. (2013). Valorização do soro para produção de iogurte. Universidade do Minho- Escola de Engenharia.
- Ravazzi, Y. (2017). Alimentus Consultoria e assessoria. Obtido em Abril de 2020, de Quais as principais culturas lácteas?: <https://alimentusconsultoria.com.br/quais-as-principais-culturas-lacteas/>
- Rosemberg, M. (1995). Current and future applications for membrane processes in the dairy industry. *Trends in Food Science and Technology*, 6, pp. 12-16.
- Sandholm, T. M., Myllarinen, P., Crittenden, R., Mogensen, G., Fondén, R., & Saarela, M. (2002). Technological challenges for future probiotic foods. *International Dairy Journal*, 12, pp. 173-182.
- Shah, N., & Lankaputhra, W. (1997). Improving viability of *Lactobacillus acidophilus* and bifidobacteria in yogurt using two step fermentation and neutralized mix. *Food Australia*, 49, pp. 363-369.
- Silva, P. H. (1997). Leite: aspectos de composição e propriedades. *Quimica e Sociedade*(6), 3-5.
- Stanton, C. e. (1998). Probiotic cheese. *International Dairy Journal*, 8, pp. 491-496.
- Stanton, C. e. (2001). Market potential for probiotics. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), pp. 476-483.
- Tecnologias dos Alimentos. (2010). Filtração na Indústria de Alimentos. Obtido de Tecnologias dos Alimentos.

- Valsechi, O. A. (2001). O Leite e seus derivados. Universidade Federal de São Carlos Centro de Ciências Agrárias, Araras, SP.
- Venturini, K. S., Sarcineli, M. F., & Silva, L. C. (2007). Características do Leite. Universidade Federal do Espírito Santo.
- Walstra, P., Wouters, J. T., & Geurts, T. J. (2006). Dairy Science and Technology 2nd. London.
- Zacarias, M., Binetti, A., Laco, M., Reinheimer, J., & Vinderola, G. (2011). Preliminary technological and potencial probiotic characterisation of bifidobacteria isolated from breast milk for use in dairy products. Internatinonal Dairy Journal, 21, pp. 548-555.
- Zavareze, E. R., Moraes, K. S., & Mellado, M. d. (2010). Qualidade tecnológica e sensorial de bolos elaborados com soro de leite. Ciênc. Tecnol. Alimentar, 30(1).
- Zydney, A. (1998). Protein separations using membrane filtration: new opportunities for whey fractionation. International Dairy Journal, 8, pp. 243-250.

7. Anexos

Anexo I – Inquéritos

Identificação da queijaria			
Nome:	<input type="text"/>		
Morada:	<input type="text"/>		
Concelho:	<input type="text"/>	Contacto:	<input type="text"/>
Início de funcionamento:	<input type="text"/>		
Classe da queijaria:	<input type="text"/>		

Questionário

A queijaria está localizada numa zona industrial? (Sim, Não)	<input type="text"/>
Quais as raças de ovelha que produzem o leite para o fabrico do queijo?	<input type="text"/>
Quais as raças de cabra que produzem o leite para o fabrico do queijo?	<input type="text"/>
O proprietário da queijaria tem exploração própria? (Sim, Não)	<input type="text"/>
Quantos litros de leite são utilizados diariamente para a produção de queijo? (quantidade em litros)	<input type="text"/>
Como é realizado o transporte do leite?	<input type="text"/>
Quem transporta?	<input type="text"/>
Em que condições de refrigeração?	<input type="text"/>
Produção diária de queijo? (quantidade em kg)	<input type="text"/>
Caso seja fabricado requeijão: Qual a produção diária de requeijão? (quantidade em kg)	<input type="text"/>
Qual o destino dado ao soro/sorelho? (rede pública, fossa, criadouros de gado,...)	<input type="text"/>
Volume de soro produzidos diariamente? (quantidade em litros)	<input type="text"/>
Volume de sorelho produzido diariamente? (quantidade em litros)	<input type="text"/>
Qual a origem da água utilizada na queijaria? (rede, furo, poço,...)	<input type="text"/>
Volume de águas de lavagem produzidos diariamente? (quantidade em litros)	<input type="text"/>

Anexo II – Resposta aos inquéritos

