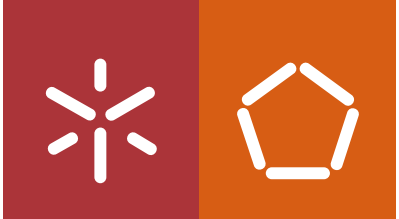


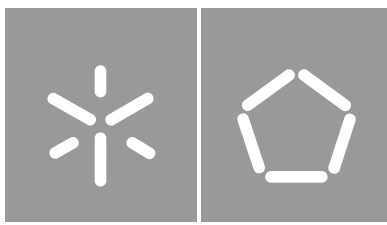


Ana Rita Silva Ribeiro

**Desenvolvimento de um Portefólio de
Soluções Alternativas às Gorduras de
Palma e Gorduras Hidrogenadas**

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Ana Rita Silva Ribeiro

**Desenvolvimento de um Portefólio de
Soluções Alternativas às Gorduras de Palma
e Gorduras Hidrogenadas**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Química e Biológica

Trabalho efetuado sob a orientação do

**Professor Doutor António Augusto Martins de
Oliveira Soares Vicente**

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, a presente dissertação pode ser utilizada nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Agradecimentos

Ao longo deste projeto e dos anos de curso, foram várias as pessoas e instituições que me ajudaram a concretizar este sonho que sempre tive, ser engenheira.

Primeiramente, gostaria de agradecer à Universidade do Minho, que há cerca de seis anos me acolheu. A todos os professores que fizeram parte do ao meu percurso académico, um muito obrigada por todos os ensinamentos e toda a formação que me proporcionaram.

À minha família, que sempre me acompanhou neste percurso e sempre me apoiou em todas as decisões. Aos amigos que sempre se mostraram disponíveis para me auxiliar ao longo dos anos.

Aos meus orientadores, quer na universidade, o Professor Doutor António Vicente, quer na empresa, o Engenheiro Miguel Azevedo, pois com a sua ajuda consegui enriquecer um pouco mais o meu trabalho académico e realizar um projeto interessante com utilidade prática nos dias de hoje.

Por último, gostaria de agradecer a todos os colegas na empresa de acolhimento, a Decorgel que me ajudaram de algum modo, seja na receção, na extração dos dados que necessitava, entre outros, pois desta forma tornaram o meu trabalho mais rentável e fácil.

Muito obrigada! Sem cada um de vocês, nada disto seria possível.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Braga, 31 de outubro de 2023

(Ana Rita Silva Ribeiro)

*"A nossa maior fraqueza assenta na desistência.
A maneira mais certa para o sucesso é sempre tentar apenas mais uma vez."*

Thomas A. Edison

Resumo

Desenvolvimento de um Portefólio de Soluções Alternativas às Gorduras de Palma e Gorduras Hidrogenadas

A busca por alternativas ao uso de gorduras provenientes de palma, bem como de gorduras hidrogenadas é imperativa. Se, por um lado, a massificação da produção das árvores da palma apresenta-se, cada vez mais, um crescente problema, com muitos dos animais nativos a entrarem em extinção, já no que concerne às gorduras hidrogenadas, as limitações do uso recorrente destas substâncias centram-se com as suas conexões a diversas doenças cardiovasculares no ser humano.

Por conseguinte, existem, atualmente, diversas alternativas, tanto já inseridas no mercado, como apenas em corrente investigação, para estas duas gorduras mencionadas. No entanto, este projeto tem como base o desenvolvimento de uma substância capaz de substituir as gorduras de palma e gorduras hidrogenadas, porém que traga consigo uma perspetiva nova e potenciais usos alargados. Com efeito, foi decidido produzir dois oleogéis distintos, um com óleo de girassol e o segundo com azeite.

A investigação desta substância iniciou-se com a preparação dos protocolos experimentais, e, de seguida, recorreu-se à sua produção. Embora os resultados analíticos não tenham sido todos os ideais, chegou-se à conclusão que o melhor oleogel estudado foi o de óleo de girassol, recorrendo a uma adição de 10 % de emulsionante de monoglicéridos.

De seguida, os ensaios num produto alimentar foram iniciados, com vista à avaliação da substância anteriormente produzida na permuta de gorduras de palma e gorduras hidrogenadas. Por conseguinte, foram produzidos um creme de chocolate com este oleogel, e outro creme de chocolate com óleo de palma (de forma a avaliar as diferenças que o oleogel proporcionou no produto final).

Os resultados obtidos não foram os ideais, uma vez que não foi possível o desenvolvimento de uma alternativa viável para as duas gorduras em análise. No entanto, o projeto contribuiu solenemente para o estudo e análise de alternativas a estas duas gorduras.

Por fim, num futuro próximo poderão ser avaliadas, dentro do alinhamento do projeto em questão, ligeiras alterações aos protocolos elaborados, no que concerne à quantidade de emulsionante utilizada na produção do oleogel de óleo de girassol. Igualmente, seria de extremo interesse a aplicação destes procedimentos a gorduras de origem diferente, bem como ao uso de emulsionantes derivados de outras substâncias.

Palavras-Chave: Gorduras de Palma; Gorduras Hidrogenadas; Alternativas; Oleogel; Cremes de Chocolate.

Abstract

Development of a Portfolio of Alternative Solutions to Palm Fats and Hydrogenated Fats

The quest for substitutes for palm-derived and hydrogenated fats is imperative. On one hand, the widespread cultivation of palm trees presents an escalating issue, with many native animals facing extinction. Regarding hydrogenated fats, the limitations of their recurrent usage are tied to various cardiovascular diseases in humans.

Consequently, there are currently several alternatives, both already integrated into the market and still in active research, for these two mentioned fats. However, this project is rooted in the development of a substance capable of supplanting palm and hydrogenated fats, introducing a fresh perspective and broader potential uses. Accordingly, the decision was made to create two distinct oleogels, one utilizing sunflower oil and the second employing olive oil.

The investigation of this product commenced with the formulation of experimental protocols, subsequently proceeding to its production. Although not all analytical results were optimal, it was concluded that the most promising oleogel was derived from sunflower oil, with an addition of 10 % monoglyceride emulsifier.

Following this, trials on a food product were initiated to evaluate this substance, previously produced in lieu of palm and hydrogenated fats. As a result, a chocolate spread was crafted with this oleogel, alongside another chocolate spread using palm oil (to assess the differences introduced by the oleogel in the final product).

The outcomes achieved were not ideal, as it proved challenging to develop a viable alternative for the two fats under scrutiny. Nevertheless, the project has made a substantial contribution to the exploration and analysis of alternatives to these two fats.

In conclusion, in the near future, minor adjustments to the established protocols may be considered within the scope of this project, particularly in relation to the quantity of emulsifier used in the production of sunflower oil oleogel. Equally intriguing would be the application of these procedures to fats of different origins, as well as the use of emulsifiers derived from alternative substances.

Keywords: Palm-derived Fats; Hydrogenated Fats; Alternatives; Oleogel; Chocolate Spread.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento Teórico	1
1.1.1	Óleo de Palma	1
1.1.2	Gorduras Hidrogenadas	7
1.2	Objetivos e Motivações do Projeto	8
1.3	Entidade de Acolhimento do Estágio Curricular	10
1.4	Estrutura da Dissertação	10
2	Revisão da Literatura	11
2.1	Alternativas às Gorduras de Palma	11
2.1.1	Gorduras Exóticas	11
2.1.2	Óleos Alternativos Vegetais e de Sementes	14
2.1.3	Sementes Geneticamente Modificadas	16
2.1.4	Transformação de Óleos Vegetais Líquidos em Gorduras Sólidas	17
2.1.5	Organogelação; Hidrogelação e Oleogelação	17
2.1.6	Algas e Microrganismos como fonte de Lipídeos	19
2.1.7	Misturas de Óleos e Gorduras	20
2.2	Alternativas às Gorduras Hidrogenadas	20
2.2.1	Modificação do Processo de Hidrogenação	21
2.2.2	Interesterificação	22
2.2.3	Sementes Oleaginosas Geneticamente Modificadas	23
2.2.4	Fracionamento e Mistura	23
2.2.5	Óleos Naturais	24
2.2.6	Óleos Enriquecidos	24
2.2.7	Gorduras Exóticas	25
2.2.8	Substitutos de Gorduras	25
2.3	Chocolates e Cremes para Barrar	26
2.3.1	Chocolate	26
2.3.2	Cremes para Barrar	28
2.3.3	Sucedâneo de Chocolate	31

3	Abordagem Metodológica	33
3.1	Estudo da Gordura de Palma	33
3.2	Produção de Oleogéis	34
3.2.1	Oleogéis de Óleo de Girassol	35
3.2.2	Oleogéis de Azeite	36
3.2.3	Análise dos Oleogéis	37
3.3	Seleção do Oleogel para Aplicação em Cremes de Chocolate	38
3.4	Produção de Cremes de Chocolate com o Oleogel de Óleo de Girassol	38
4	Apresentação e Discussão dos Resultados	41
4.1	Estudo das Gorduras de Palma	41
4.2	Produção dos Oleogéis	43
4.2.1	Oleogel de Óleo de Girassol	43
4.2.2	Oleogel de Azeite	66
4.2.3	Escolha do Oleogel para Aplicação Posterior	86
4.3	Produção de Cremes de Chocolate	87
4.3.1	Creme com Adição de Gordura de Palma	87
4.3.2	Creme com Adição do Oleogel de Óleo de Girassol + Emulsionante a 10 % . . .	91
4.3.3	Estudo da Separação de Fases dos Cremes de Chocolate Produzidos	94
5	Conclusões e Perspetivas Futuras	99
	Bibliografia	101

Índice de Figuras

Figura 1. Alguns exemplos de aplicações do óleo de palma no setor alimentar.	2
Figura 2. <i>Votator</i>	5
Figura 3. <i>Chemetator</i>	5
Figura 4. Diagrama de processo da produção de margarina.	6
Figura 5. Várias conchas, de diversas dimensões.	28
Figura 6. Interior de um equipamento de conchagem.	28
Figura 7. Gordura de palma.	41
Figura 8. Óleo de palma	42
Figura 9. Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para as duas produções do oleogel de óleo de girassol.	44
Figura 10. Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para a primeira produção do oleogel de óleo de girassol.	45
Figura 11. Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para a segunda produção do oleogel de óleo de girassol.	47
Figura 12. Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para ambas as produções do oleogel de óleo de girassol, armazenado à temperatura ambiente. . . .	48
Figura 13. Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para ambas as produções do oleogel de óleo de girassol, submetidos ao processo de reaquecimento. . . .	49
Figura 14. Variação do ponto de fusão em função da percentagem de emulsionante avaliada, para ambas as produções do oleogel de óleo de girassol.	50
Figura 15. Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 2 %, 24 h após produção.	51
Figura 16. Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 2 %, 24 h após produção.	51
Figura 17. Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 5 %, 24 h após produção.	51
Figura 18. Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 5 %, 24 h após produção.	51
Figura 19. Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 10 %, 24 h após produção.	52
Figura 20. Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 10 %, 24 h após produção.	52
Figura 21. Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 15 %, 24 h após produção.	52
Figura 22. Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 15 %, 24 h após produção.	52
Figura 23. Comparação entre os vários oleogéis espalhados num prato.	53

Figura 24. Reaquecimento do oleogel de óleo de girassol com 2 % de emulsionante (baixo) <i>versus</i> oleogel inicial (cima).	54
Figura 25. Reaquecimento do oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsionante (baixo) <i>versus</i> oleogel inicial (cima).	54
Figura 26. Reaquecimento do oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante (baixo) <i>versus</i> oleogel inicial (cima).	54
Figura 27. Reaquecimento do oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante (baixo) <i>versus</i> oleogel inicial (cima).	54
Figura 28. Comparação do reaquecimento dos quatro oleogéis de óleo de girassol produzidos. Da esquerda para a direita: 2 %; 5 %; 10 % e 15 % de emulsionante. Fila de baixo: Reaquecimento; Fila de cima: Oleogel inicial.	55
Figura 29. Comparação entre o reaquecimento dos vários oleogéis, com a versão inicial, espalhados num prato.	56
Figura 30. Segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 2 % de emulsionante.	57
Figura 31. Comparação entre a primeira e segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 2 % de emulsionante.	57
Figura 32. Segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsionante.	57
Figura 33. Comparação entre a primeira e segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsionante.	58
Figura 34. Segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante.	58
Figura 35. Comparação entre a primeira e segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante.	59
Figura 36. Segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante.	59
Figura 37. Comparação entre a primeira e segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante.	60
Figura 38. Comparação entre as duas versões dos vários oleogéis, espalhados num prato.	60
Figura 39. Amostras para análise da separação de fases, um dia após a produção.	61
Figura 40. Oleogel de óleo de girassol com 2 % de emulsionante, uma semana após a produção.	62
Figura 41. Oleogel de óleo de girassol com 2 % de emulsionante, dois meses após a produção.	62
Figura 42. Oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsionante, uma semana após a produção.	63
Figura 43. Oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsionante, dois meses após a produção.	63
Figura 44. Oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsionante, dois meses após a produção.	63

Figura 45. Oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante, uma semana após a produção.	64
Figura 46. Oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante, dois meses após a produção.	64
Figura 47. Oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante, dois meses após a produção.	64
Figura 48. Oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante, uma semana após a produção.	65
Figura 49. Oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante, dois meses após a produção.	65
Figura 50. Oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante, dois meses após a produção.	65
Figura 51. Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para as duas produções do oleogel de azeite.	66
Figura 52. Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para a primeira produção do oleogel de azeite.	67
Figura 53. Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para a segunda produção do oleogel de azeite.	69
Figura 54. Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para ambas as produções do oleogel de azeite, armazenado à temperatura ambiente.	70
Figura 55. Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para ambas as produções do oleogel de azeite, submetidos ao processo de reaquecimento.	70
Figura 56. Variação do ponto de fusão em função da percentagem de emulsionante avaliada, para ambas as produções do oleogel de azeite.	72
Figura 57. Oleogéis de azeite. Esquerda para a direita - 10 %; 5 %; 2 %; e 15 % de emulsionante.	73
Figura 58. Oleogéis de azeite. Esquerda para a direita - 10 %; 5 %; 2 %; e 15 % de emulsionante.	73
Figura 59. Oleogéis de azeite. Esquerda para a direita - 2 %; 5 %; 10 %; e 15 % de emulsionante.	74
Figura 60. Comparação entre os vários oleogéis de azeite espalhados num prato.	74
Figura 61. Comparação entre os oleogéis de azeite reaquecidos, com a versão inicial. Da esquerda para a direita em percentagem de emulsionante: 2 %, 5 %, 10 % e 15 %.	75
Figura 62. Comparação entre os oleogéis de azeite reaquecidos com a versão inicial, espalhados num prato.	75
Figura 63. Segunda produção dos oleogéis de azeite. Esquerda para a direita - 2 %; 5 %; 10 %; e 15 % de emulsionante.	76
Figura 64. Segundo lote dos oleogéis de azeite, um dia após a sua produção. Da esquerda para a direita: 2 % e 5 % de emulsionante.	76
Figura 65. Segundo lote dos oleogéis de azeite, um dia após a sua produção. Da esquerda para a direita: 10 % e 15 % de emulsionante.	76

Figura 66. Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 2 % de emulsionante.	77
Figura 67. Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 2 % de emulsionante.	77
Figura 68. Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 5 % de emulsionante.	77
Figura 69. Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 5 % de emulsionante.	77
Figura 70. Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 10 % de emulsionante.	78
Figura 71. Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 10 % de emulsionante.	78
Figura 72. Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 15 % de emulsionante.	78
Figura 73. Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 15 % de emulsionante.	78
Figura 74. Comparação entre a primeira e a segunda produção dos oleogéis de azeite, espalhados num prato.	79
Figura 75. Reaquecimento da segunda versão do oleogel de azeite com 2 % de emulsionante. . . .	80
Figura 76. Reaquecimento da segunda versão do oleogel de azeite com 5 % de emulsionante. . . .	80
Figura 77. Reaquecimento da segunda versão do oleogel de azeite com 10 % de emulsionante. . .	80
Figura 78. Reaquecimento da segunda versão do oleogel de azeite com 15 % de emulsionante. . .	80
Figura 79. Reaquecimento da segunda versão do oleogel de azeite.	81
Figura 80. Amostras para análise da separação de fases, um dia após a produção.	81
Figura 81. Oleogel de azeite com 2 % de emulsionante, uma semana após a produção.	82
Figura 82. Oleogel de azeite com 2 % de emulsionante, uma semana após a produção.	82
Figura 83. Oleogel de azeite com 2 % de emulsionante, dois meses após a produção.	82
Figura 84. Oleogel de azeite com 5 % de emulsionante, uma semana após a produção.	83
Figura 85. Oleogel de azeite com 5 % de emulsionante, dois meses após a produção.	83
Figura 86. Oleogel de azeite com 5 % de emulsionante, dois meses após a produção.	83
Figura 87. Oleogel de azeite com 10 % de emulsionante, uma semana após a produção.	84
Figura 88. Oleogel de azeite com 10 % de emulsionante, dois meses após a produção.	84

Figura 89. Oleogel de azeite com 10 % de emulsionante, dois meses após a produção.	84
Figura 90. Oleogel de azeite com 15 % de emulsionante, uma semana após a produção.	85
Figura 91. Oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante, dois meses após a produção.	85
Figura 92. Oleogel de azeite com 15 % de emulsionante, dois meses após a produção.	85
Figura 93. Comparação de todos os ensaios da produção do creme de chocolate com adição de gordura de palma.	89
Figura 94. Comparação dos ensaios da produção do creme de chocolate com adição de gordura de palma, em 5 % e 10 %.	89
Figura 95. Comparação dos ensaios da produção do creme de chocolate com adição de gordura de palma, em 15 % e 20 %.	89
Figura 96. Fotografia do creme de chocolate com 5 % de gordura de palma.	90
Figura 97. Fotografia do creme de chocolate com 10 % de gordura de palma.	90
Figura 98. Fotografia do creme de chocolate com 15 % de gordura de palma.	90
Figura 99. Fotografia do creme de chocolate com 20 % de gordura de palma.	90
Figura 100. Comparação de todos os ensaios da produção do creme de chocolate com adição do oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante.	92
Figura 101. Comparação dos ensaios da produção do creme de chocolate com adição do oleogel escolhido, em 5 % e 10 %.	93
Figura 102. Comparação dos ensaios da produção do creme de chocolate com adição do oleogel escolhido, em 15 % e 20 %.	93
Figura 103. Fotografia do creme de chocolate com 5 % do oleogel selecionado.	93
Figura 104. Fotografia do creme de chocolate com 10 % do oleogel selecionado.	93
Figura 105. Fotografia do creme de chocolate com 15 % do oleogel selecionado.	94
Figura 106. Fotografia do creme de chocolate com 20 % do oleogel selecionado.	94
Figura 107. Comparação de todos os resultados da separação de fases do ensaio de 5 % de adição de gordura, com o frasco de controlo. Da esquerda para a direita: 5 % de oleogel de girassol; Controlo; 5 % de gordura de palma.	95
Figura 108. Comparação de todos os resultados da separação de fases do ensaio de 10 % de adição de gordura, com o frasco de controlo. Da esquerda para a direita: 10 % de oleogel de girassol; Controlo; 10 % de gordura de palma.	96

Figura 109. Comparação de todos os resultados da separação de fases do ensaio de 15 % de adição de gordura, com o frasco de controlo. Da esquerda para a direita: 15 % de oleogel de girassol; Controlo; 15 % de gordura de palma.	96
Figura 110. Comparação de todos os resultados da separação de fases do ensaio de 20 % de adição de gordura, com o frasco de controlo. Da esquerda para a direita: 20 % de oleogel de girassol; Controlo; 20 % de gordura de palma.	97
Figura 111. Líquido proveniente da separação da separação de fases do creme de chocolate com 5 % de oleogel de girassol.	98
Figura 112. Líquido proveniente da separação da separação de fases do creme de chocolate com 5 % de óleo de palma.	98

Índice de Tabelas

Tabela 1: Diferentes utilizações dos oleogéis estudadas	19
Tabela 2: Receitas para recheios típicos de chocolate	29
Tabela 3: Receitas para coberturas típicos de chocolate	30
Tabela 4: Diferentes massas pesadas de emulsionante e óleo de girassol, para os 5 ensaios realizados	35
Tabela 5: Diferentes massas pesadas de emulsionante e azeite, para os 5 ensaios realizados . . .	36
Tabela 6: Diferentes massas pesadas de oleogel e da base de creme de chocolate, para os 5 ensaios realizados	39
Tabela 7: Diferentes massas pesadas de óleo de palma e da base de creme de chocolate, para os 5 ensaios realizados	39
Tabela 8: Resultados obtidos da fluidez e temperatura de fusão, para o óleo e gordura de palma .	42
Tabela 9: Resultados obtidos da fluidez para a primeira produção do oleogel de óleo de girassol . .	44
Tabela 10: Resultados obtidos da fluidez para a segunda produção do oleogel de óleo de girassol .	46
Tabela 11: Resultados obtidos do ponto de fusão, para o oleogel de óleo de girassol	50
Tabela 12: Resultados obtidos da fluidez para a primeira produção do oleogel de azeite	67
Tabela 13: Resultados obtidos da fluidez para a segunda produção do oleogel de azeite	69
Tabela 14: Resultados obtidos do ponto de fusão, para o oleogel de azeite	71
Tabela 15: Resultados obtidos da fluidez para a produção do creme de chocolate com adição de gordura de palma	88
Tabela 16: Resultados obtidos da fluidez para a produção do creme de chocolate com adição do oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante	91

Lista de Acrónimos e Símbolos

AG Ácidos gordos.

CBE *Cocoa Butter Equivalent* (Equivalente de Manteiga de Cacau).

CBS *Cocoa Butter Substitute* (Substituto de Manteiga de Cacau).

DAGs Diacilgliceróis.

DHA Ácido docosahexaenóico.

DOP Denominação de Origem Protegida.

HDL *High-density lipoprotein*.

LDL *Low-density lipoprotein*.

MAGs Monoacilgliceróis.

N Norte.

PKO *Palm Kernel Oil* ou Óleo de Palmiste.

S Sul.

SOS 2-oleoil diestearina.

TAGs Triacilgliceróis.

Glossário

Certificação Halal *Halal* surge do árabe e, em português, significa permitido/lícito. A certificação Halal na indústria alimentar encontra-se intrinsecamente ligada à religião islâmica e está relacionada com as práticas alimentares da crença mencionada. Assim, alimentos considerados aptos para esta certificação não podem incluir elementos Haram (de consumo proibido), sendo eles, carne de origem suína e animais que foram abatidos de forma não-Halal, bebidas alcoólicas, sangue animal, e insetos, à exceção de gafanhotos e conchonilha (Qualfood, 2019).

Efeito bloom O efeito *bloom* nos chocolates traduz-se no aparecimento de manchas com um tom acinzentado e na perda do brilho (*i. e.* o produto fica mais fosco na barra de chocolate, devido à má cristalização da gordura presente). Geralmente este fenómeno acontece devido à exposição do chocolate ao calor, o que faz com que a manteiga de cacau derreta, movendo-se para o topo da barra. Quando volta a cristalizar, causa as manchas mencionadas (TCHO, 2022).

Equivalente de Manteiga de Cacau ou CBE são substâncias que vão substituir a manteiga de cacau nos produtos à base de chocolate, de modo a alterar a sua consistência para uma mais desejada, como cremes para barrar.

Interesterificação Reação química onde ocorre o rearranjo dos grupos de ácidos gordos de triacilgliceróis, por troca direta com ácidos gordos de outros óleos. O objetivo da interesterificação traduz-se na modificação das propriedades químicas da gordura, ou mistura de óleos/gorduras, tais como o ponto de fusão, de modo a melhorar as suas propriedades físico-químicas. Esta reação necessita de um catalisador (geralmente alcalino), notando-se que os mais utilizados são o metilato de sódio e, mais recentemente, sódio (Hamm, 2003).

Triglicéridos Simétricos São triglicéridos com uma configuração *saturado-não saturado-saturado*.

1 Introdução

Nos dias de hoje, o óleo de palma e as gorduras hidrogenadas são substâncias abundantemente utilizadas na indústria alimentar. Com efeito, a crescente preocupação com a desflorestação massiva nas florestas tropicais, assim como os problemas de saúde que o consumo de produtos hidrogenados acarreta, traduzem-se numa força motriz para o estudo e desenvolvimento de gorduras e produtos alternativos aos mencionados previamente (Lai *et al.*, 2005; Sambanthamurthi *et al.*, 2000).

Com efeito, a dissertação apresentada de seguida tem como finalidade a exposição de um estudo realizado sobre as potenciais soluções alternativas à utilização de gorduras provenientes da palma, assim como gorduras expostas ao processo de hidrogenação, numa indústria alimentar.

1.1 Enquadramento Teórico

1.1.1 Óleo de Palma

O óleo de palma é uma gordura edível, com origem no mesocarpo da fruta das palmeiras pertencentes ao género *Elaeis* (Lai *et al.*, 2005; Sambanthamurthi *et al.*, 2000). Algumas características relevantes que são possíveis destacar acerca desta árvore prendem-se com o facto de ser uma espécie de folha perene e ser a maior árvore produtora de óleo do mundo, com um rendimento de cerca 3,7 t/he, por ano, na Malásia. No entanto, não é apenas óleo de palma que é exequível extrair do fruto desta planta. Enquanto que a substância supra-mencionada tem origem no mesocarpo, o óleo de palmiste (PKO) deriva do caroço da fruta (Sambanthamurthi *et al.*, 2000).

O género *Elaeis* compreende duas espécies: *Elaeis guineensis* e *Elaeis oleifera*, sendo a primeira proveniente da África Ocidental, e a segunda espécie tem a sua origem documentada na América do Sul. Uma informação relevante sobre estas duas diferentes espécies é que a produção comercial de óleo de palma é realizada recorrendo, sobretudo, à *E. guineensis*, porém o óleo proveniente da *E. oleifera* apresenta uma maior concentração em ácido oleico. Praticamente todo o óleo de palma consumido nas várias indústrias tem origem na Malásia e na Indonésia, embora também existam plantações em países como a Tailândia, Colômbia ou Equador (Sambanthamurthi *et al.*, 2000).

As palmeiras produtoras de óleo de palma necessitam de condições específicas para o seu desenvolvimento, sendo elas o clima tropical; localização ótima entre 5°N e 5°S do equador; precipitação ideal de 2000 mm por ano; cerca de 2000 h de exposição solar por ano e temperaturas no

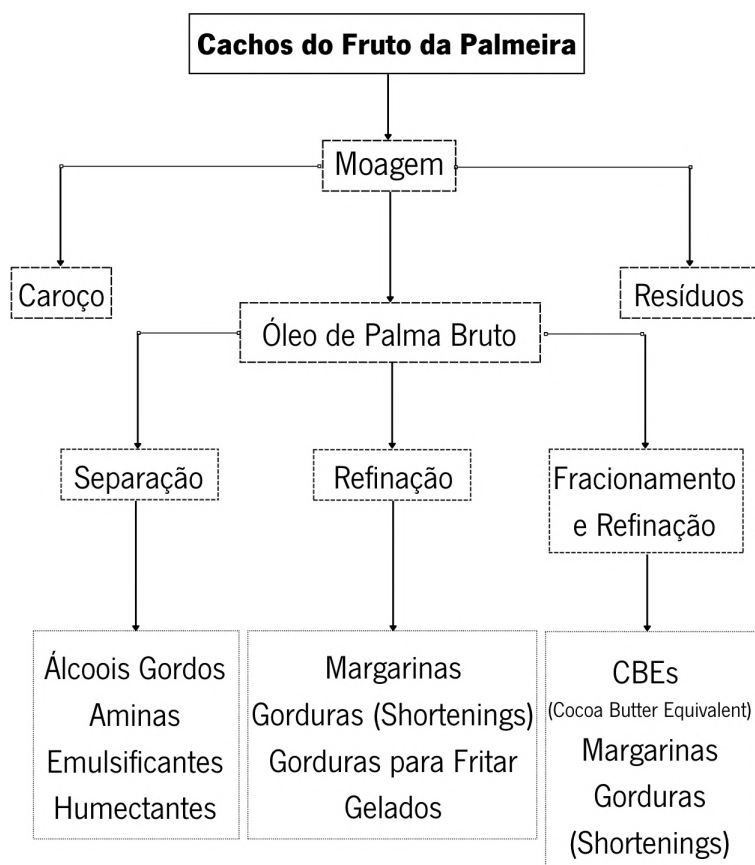


Figura 1: Alguns exemplos de aplicações do óleo de palma no setor alimentar.¹

intervalo de 25 °C a 33 °C (Lai *et al.*, 2005; Sambanthamurthi *et al.*, 2000).

Este óleo vegetal é um dos mais importantes no setor alimentar, dado que se encontra presente em mais de 50 % dos produtos embalados. Além de fazer parte da composição de inúmeros produtos alimentares, também é empregue em diversas indústrias, tais como cosmética ou petroquímica.

No entanto, referindo-se a aplicações alimentares, o óleo de palma é extremamente versátil, distinguindo-se pelas características únicas que possui: é semi-sólido à temperatura ambiente (apresenta um ponto de fusão médio de cerca de 34,2 °C), o que confere aos produtos a capacidade de serem espalhados – veja-se o exemplo de cremes para barrar à base de chocolate; é resistente à oxidação, proporcionando aos alimentos um maior tempo de prateleira; é estável a altas temperaturas, oferecendo uma estrutura especial e textura estaladiça aos produtos alimentares; e, por fim, é, também, importante referir que não possui qualquer cheiro ou cor, o que se trata de uma mais valia, visto não alterar as propriedades dos produtos (Lai *et al.*, 2005). Na figura 1 encontram-se algumas aplicações do óleo de palma no setor alimentar (Lai *et al.*, 2005).

¹Adaptado de Lai, O.M., Phuah, E.T., Lee, Y.Y., & Basiron, Y. (2005). Palm oil. In *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* (pp. 1–101). Wiley Online Library.

De seguida, serão exemplificados alguns produtos que recorrem ao uso da gordura mencionada na sua composição.

Gorduras para Confeitaria ou *shortenings* (substâncias utilizadas na confeitaria constituídos inteiramente por óleos e gorduras, ao contrário das margarinas, que se caracterizam por serem emulsões água em óleo): O óleo de palma surge como um excelente ingrediente nesta categoria de produtos, dado a sua percentagem de gordura sólida (varia entre 22 % a 25 %), quando analisado a 20 °C (Lai *et al.*, 2005).

Uma característica de extrema importância nesta classe de gorduras alimentares é a sua capacidade de incorporarem e reterem ar, quer em massas ou cremes / recheios. Com efeito, o produto final adquire uma consistência mais apelativa, compreendendo uma estrutura porosa e encorpada. Este fenómeno acontece devido à existência de cristais de gordura na forma β' , que serão os principais responsáveis pela textura cremosa. De modo a ser possível obter um produto final de ótima qualidade, os *shortenings* deverão ser, idealmente, estáveis na forma β' . Assim, o óleo de palma é excelente para aplicação neste género de gorduras, uma vez que possui cristais estáveis nesta mesma forma (Lai *et al.*, 2005).

Atualmente, a estearina de palma está a ser, gradualmente, incorporada em formulações dos *shortenings*, uma vez que possibilita a limitação do uso de gorduras hidrogenadas - um problema em ascensão na indústria alimentar (que será, igualmente, objeto de estudo da presente dissertação) (Subroto & Nurannisa, 2020).

A estearina de palma é, portanto, a fração sólida do óleo de palma e é composta, maioritariamente, por ácidos gordos saturados e TAGs com um elevado ponto de fusão (compreendido entre 48 °C a 50 °C). Um aspeto interessante sobre esta substância é que a estearina de palma é capaz de fornecer o teor de sólidos necessário aos produtos finais, quando em combinação com outros óleos vegetais (Pande *et al.*, 2012).

Em suma, os *shortenings* têm, a 20 °C, entre 15 % a 25 % de conteúdo sólido, logo, o óleo de palma é um excelente aditivo para estes produtos de confeitaria, contribuindo para as propriedades físicas e químicas, características desta classe de gorduras alimentares (Lai *et al.*, 2005; Subroto & Nurannisa, 2020).

Margarinas: As margarinas são emulsões água em óleo, compreendendo, aproximadamente, 80 % de gordura (Pande *et al.*, 2012). Originalmente, foram desenvolvidas como alternativa à manteiga tradicional (obtida a partir de laticínios), no entanto atualmente existem diversas variedades de margarinas, com diferentes aplicações (Lai *et al.*, 2005).

As formulações das várias margarinas incorporam as diferentes frações do óleo de palma (sejam a

estearina e a oleína), em proporções várias, dependendo do tipo e características do produto em questão. Com efeito, na preparação de margarinas de mesa, cujo objetivo é serem facilmente espalhadas à temperatura ambiente, é recomendado o uso de uma mistura ternária de oleína de palma, PKO e oleína proveniente do PKO (Lai *et al.*, 2005).

A utilização de gorduras de palma interesterificadas² está, recentemente, em utilização em margarinas, uma vez que é capaz de fornecer a estrutura β' , proporcionando um aumento na estabilidade dos cristais de gordura (Lai *et al.*, 2005).

O processo de produção de margarinas compreende, essencialmente, seis etapas, as quais serão explicadas de seguida (Young & Wassell, 2019).

Pesagem: O primeiro passo consiste na seleção e pesagem dos vários ingredientes, necessários para as formulações tradicionais das margarinas. É fulcral a correta pesagem das duas fases (oleosa e aquosa). A **fase oleosa** é constituída, fundamentalmente, pelas várias gorduras (diga-se girassol, colza, etc.) e pelos ingredientes lipossolúveis, como a lecitina, vitaminas A, D, E (apenas presente em alguns produtos); e também poderá incluir aromas e corantes lipossolúveis. Já a **fase aquosa** contém água e leite magro (também apenas em algumas margarinas) e é pasteurizada e armazenada a cerca de 4,4 °C até ser utilizada na etapa seguinte (Young & Wassell, 2019).

Emulsificação: A etapa subsequente trata-se, então, da emulsificação das duas fases previamente citadas, com o propósito final de misturar e homogeneizar o produto. O processo inicia-se com a adição da fase oleosa, a uma temperatura que permita com que esta permaneça no estado líquido. Após homogeneização é, então, adicionada a fase aquosa, gradualmente e sob constante agitação, de modo a que se forme uma emulsão. Durante esta etapa é necessário fornecer calor ao misturador, uma vez que a fase aquosa encontra-se a uma temperatura inferior e é imperativo manter a fase gordurosa com as mesmas características - se a temperatura baixar em demasia, pode ocorrer a formação de estruturas pericristalinas e núcleos de cristais, que irão ter um impacto negativo no produto final. A etapa da emulsificação é, geralmente, realizada a cerca de 43 °C (Young & Wassell, 2019).

Após a emulsão estar preparada, é fulcral manter a agitação do processo, uma vez que a mistura encontra-se extremamente instável. Por fim, a emulsão é bombeada para um tanque de retenção antes de ser processada (Young & Wassell, 2019).

Arrefecimento e Plastificação: Seguidamente, trata-se do processo de arrefecimento da emulsão preparada. Esta etapa é realizada recorrendo à utilização de um permutador de calor tubular de

²Consultar a definição de Interesterificação presente no glossário deste documento.

superfície varrida, geralmente denominado por **Unidade A**. Existem, no mercado, diversos equipamentos em uso, de entre os quais se podem destacar o *Votator* (produzido pela empresa Cherry-Burrell, sediada nos Estados Unidos da América); o *Chemetator* (manufacturado pela britânica Crown Chemtech Limited); entre outros (Young & Wassell, 2019).

Os equipamentos previamente mencionados podem ser visualizados nas figuras 2 e 3.



Figura 2: *Votator*.³



Figura 3: *Chemetator*.³

Já a etapa de plastificação destina-se a trabalhar a mistura arrefecida, com vista à cristalização total da margarina. Assim, este processo é, geralmente, realizado em unidades de plastificação, que adquirem a designação de **Unidade B** ou **Cristalizador** (Young & Wassell, 2019).

Descanso: O descanso é realizado em unidades B estáticas e encontra-se, usualmente, destinado a margarinas que requerem uma consistência mais sólida para embalamento. Com efeito, este equipamento é composto por um cilindro com uma camisa, por onde circula água tépida. O comprimento irá depender do tipo de produto em processamento (Young & Wassell, 2019).

Embalamento: De seguida, a margarina é embalada, dependendo do tipo de produto e utilização final, e, por fim, armazenada até posterior expedição (Young & Wassell, 2019).

Na figura 4 está presente um diagrama de processo que resume todas as etapas previamente detalhadas.

Gorduras Especiais: Por *gorduras especiais* entende-se gorduras destinadas a confeitaria, nomeadamente chocolate e produtos achocolatados. É importante, também, referir que este tipo de gorduras é classificado tendo em conta três grupos: *i*. Simétricas; *ii*. Láuricas; e *iii*. Com elevado teor de gorduras *trans* (Lai *et al.*, 2005).

As *gorduras simétricas* compreendem, sobretudo, manteiga de cacau e equivalentes de manteiga de

³Adaptado de Young, N. W., & Wassell, P. (2019). "Margarines and spreads". In *Food emulsifiers and their applications* (pp. 379-405). Springer, Cham.

cacau. Estas substâncias são caracterizadas por possuírem uma quantidade superior em triglicéridos do tipo SOS (Lai *et al.*, 2005).

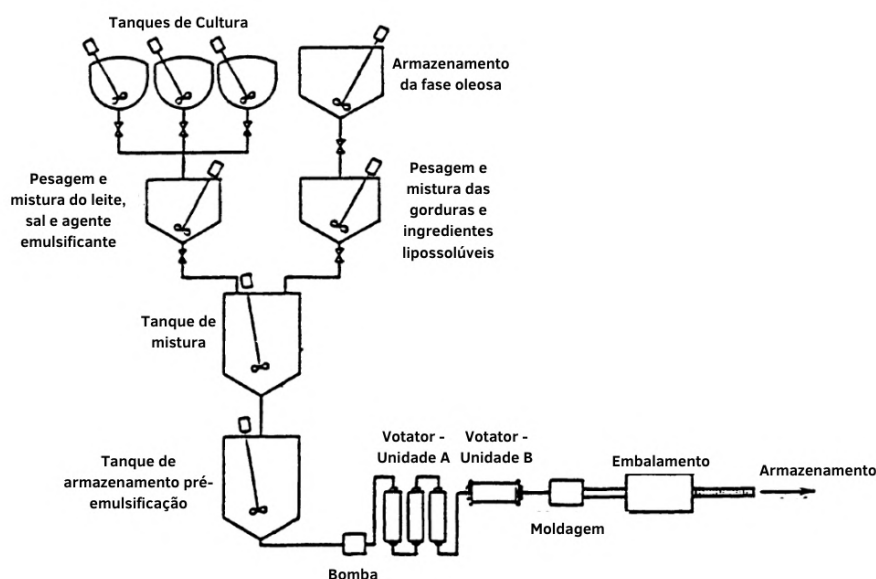


Figura 4: Diagrama de processo da produção de margarina.⁴

Com efeito, de modo a ser possível obter uma mistura com uma composição triglicérida semelhante à da manteiga de cacau, é exequível a junção de óleo de palma com manteiga de ilipé. Assim, é viável a obtenção de um CBE, a partir da adição destas duas substâncias lipídicas (Lai *et al.*, 2005).

No que concerne às *gorduras especiais láuricas*, estas são produzidas a partir de lípidos ricos em ácidos láurico e mirístico. No entanto, é factível manufacturar esta categoria de gorduras a partir do endurecimento do PKO, até que o ponto de fusão se encontre no intervalo entre 32 °C a 41 °C - a estas substâncias dá-se o nome de *substitutos de manteiga de cacau*, ou CBS. Porém, também é plausível recorrer ao fracionamento do PKO, de modo a utilizar apenas a estearina de palma, que possui propriedades de fusão bastante mais atrativas do que as gorduras solidificadas do caroço de palma (Lai *et al.*, 2005).

É importante notar que, no caso dos CBS, as gorduras poderão, também, passar pelo processo de hidrogenação, de modo a aperfeiçoar as suas propriedades físico-químicas (Lai *et al.*, 2005).

Por fim, relativamente à categoria das *gorduras com elevado teor trans*, são fabricadas a partir de uma combinação dos processos de hidrogenação e fracionamento seletivos a determinados óleos, nomeadamente soja e palma (e, em alguns casos específicos, a oleína de palma também pode ser

⁴Adaptado de Moustafa, A. (1995). Consumer and industrial margarines. In *Practical handbook of soybean processing and utilization* (pp. 339-362). AOCS Press.

considerada nesta mistura). Este produto pode ser considerado, tal e qual as gorduras especiais láuricas, como substituto da manteiga de cacau (Lai *et al.*, 2005).

Equivalente de Manteiga de Cacau ou *CBE*: Os equivalentes de manteiga de cacau são utilizados com vista à substituição da referida manteiga, sobretudo em produtos à base de chocolate, como, por exemplo, cremes para barrar.

O uso de manteiga de cacau em barras e pastas de chocolate, assim como em produtos à base de chocolate, tem vários propósitos, como o aprimoramento da textura - conferindo uma cremosidade extra; aspeto brilhante e desejável; libertação de aroma; excelentes propriedades de fusão e cristalização e o barulho ríspido obtido quando o chocolate é partido - fruto de uma boa produção do alimento. No entanto, devido ao custo e à dificuldade de obtenção da manteiga de cacau, emergiu a necessidade do desenvolvimento de alternativas a esta gordura, para uso em produtos semelhantes (Pande *et al.*, 2012).

Com efeito, surgiram os equivalentes de manteiga de cacau, que se caracterizam por serem gorduras com características e comportamento semelhantes à previamente referida, e, sendo assim, não alteram as propriedades físico-químicas da manteiga de cacau, podendo ser aplicadas em várias proporções e até mesmo substituírem por completo a gordura proveniente dos grãos de cacau (Pande *et al.*, 2012).

Por conseguinte, um dos substitutos da manteiga de cacau é, precisamente, a estearina de palma (a fração sólida da gordura de palma) e esta pode ser misturada com outras gorduras vegetais, como manga ou PKO (Subroto & Nurannisa, 2020; Pande *et al.*, 2012). O perfil de triacilglicéridos da estearina de palma proporciona-lhe a capacidade de apresentar um ponto de fusão íngreme, capaz de lhe fornecer características semelhantes à manteiga de cacau, tornando-se num excelente substituto desta (Pande *et al.*, 2012).

Outras Aplicações: As gorduras de palma também possuem outras diferentes aplicações, na indústria alimentar, de entre as quais se podem destacar a sua utilização como substituto de gorduras amanteigadas nas receitas de gelados, ou como aditivo do leite; fórmulas de alimentos para bebés; preparados para sopas; preparados de bolos ou sobremesas; cereais de pequeno almoço; pastas em pó de camarão; também pode ser utilizado como aditivo em algumas manteigas de amendoim e em certas bebidas (Lai *et al.*, 2005).

1.1.2 Gorduras Hidrogenadas

A hidrogenação é uma das principais reações envolvidas na modificação de propriedades químicas e físicas de componentes orgânicos, com vista à redução da saturação dos lípidos, e é aplicada em várias

indústrias, como, por exemplo: alimentar, farmacêutica, agro-química, ou mesmo aquando da produção em massa de componentes químicos, como a amónia ou metanol (Farr *et al.*, 2005).

Por gorduras hidrogenadas entende-se gorduras vegetais que foram submetidas ao processo de hidrogenação. Esta reação química consiste, essencialmente, na adição de um átomo de hidrogénio, através da passagem de bolhas deste mesmo gás pelo óleo vegetal, na presença de um catalisador metálico, que, geralmente, se trata do níquel. Com efeito, este procedimento resulta numa redução e, consequentemente, saturação dos ácidos gordos presentes na gordura (Ganguly & Pierce, 2015).

De forma a compreendermos o porquê da rápida pesquisa e investigação de substâncias alternativas às gorduras hidrogenadas, é importante entender como esta reação se processa, num nível mais detalhado. Como afirmado no parágrafo anterior, a reação de hidrogenação só é possível através do uso de um catalisador metálico, uma vez que a saturação de uma das ligações entre átomos de carbono num ácido gordo requer uma considerável quantidade de energia. Sendo assim, recorre-se ao uso de metais, como níquel ou paládio (entre outros), de forma a que esta barreira energética baixe e a reação seja possível. Por outro lado, a reação de hidrogenação é uma reação exotérmica, libertando uma grande quantidade de energia (que ronda os 0,946 kcal/kg), o que terá implicações no *design* das auto-claves de hidrogenação (List & King, 2016).

A reação de hidrogenação apresenta uma mais valia em vários aspetos, nomeadamente do ponto de vista económico, uma vez que é exequível a adaptação e transformação de uma gordura tendo em conta as necessidades alimentares, bem como as especificações de determinados mercados. Com efeito, é possível a criação de novas substâncias, a partir de outras já existentes, que possuem características e utilidades diferentes (Farr *et al.*, 2005).

Este tipo de substâncias gordas, no entanto, apresentam vários problemas, nomeadamente no que concerne à saúde dos consumidores. Com efeito, o consumo de gorduras *trans* está intrinsecamente ligado ao aumento das lipoproteínas de baixa densidade do colesterol - LDL (em termos leigos, o "mau" colesterol), o que agrava o risco de desenvolvimento de doenças coronárias (Farr *et al.*, 2005).

1.2 Objetivos e Motivações do Projeto

O intuito fulcral do presente projeto consiste no desenvolvimento de soluções alternativas às gorduras de palma e às gorduras hidrogenadas, para aplicação em produtos da empresa de acolhimento do estágio curricular, Decorgel.

Por conseguinte, um dos objetivos do trabalho consistiu na identificação de gorduras existentes no

mercado e na bibliografia. Para o efeito, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, acompanhada de uma pesquisa de mercado, com vista à recolha de toda a informação do estado-da-arte acerca das possíveis alternativas que possam existir – quer em utilização ou em processo de aplicação em matrizes alimentares.

De seguida, tornou-se, igualmente, importante definir e indicar todos os ingredientes que demonstraram capacidade de modificar a textura dos alimentos, uma vez que é fulcral tentar manter as mesmas características do produto original.

Finalmente, após concluído o estado-da-arte, revelou-se essencial realizar uma seleção das gorduras aptas a serem utilizadas nos produtos da Decorgel e, após este processo, foi efetuada uma caracterização detalhada sobre os possíveis substitutos escolhidos. Esta descrição incluiu informações sobre, por exemplo, o ponto de fusão, a viscosidade, a textura, o sabor, o grau de insaturação, entre muitos outros.

Em seguimento de todo o trabalho de pesquisa desenvolvido, o rumo deste projeto consistiu, então, no início da parte experimental – a testagem das várias gorduras que foram previamente identificadas, nas diferentes matrizes de produtos da empresa em questão.

Por fim, foram identificadas estratégias de formulações, para atingir determinadas especificações de produto predefinidas.

As motivações para este projeto centram-se, fundamentalmente, na necessidade de aumentar o portefólio de soluções para o controlo da textura dos produtos de base gorda, e identificar soluções práticas alternativas à utilização de gorduras de palma ou hidrogenadas.

Já no que concerne à sustentabilidade, o projeto em questão visa encontrar e desenvolver alternativas à utilização de gorduras de palma, visto que esta indústria é fortemente responsável pela desflorestação de uma das florestas mais ricas em biodiversidade, o que leva à destruição de habitats de animais já em risco de extinção, como o orangotango ou o elefante-pigmeu-de-Bornéu (WWF, 2022). A perda de área florestal também contribui para o aumento das emissões de gases com efeito de estufa, tendo um grande impacto no aquecimento global (WWF, 2022).

Do ponto de vista nutricional, o óleo de palma não apresenta grandes entraves à saúde, quando consumido em quantidades aceitáveis, dado ter um perfil nutricional semelhante ao azeite (Agri, 2022). Porém, as gorduras hidrogenadas são conhecidas por aumentarem o colesterol LDL, ao mesmo tempo que diminuem o HDL (Dhaka *et al.*, 2011). Isto leva a que o risco para diversas doenças cardiovasculares, ou mesmo ataque cardíaco, aumentem significativamente (Dhaka *et al.*, 2011).

1.3 Entidade de Acolhimento do Estágio Curricular

O projeto foi desenvolvido na empresa Decorgel - Produtos Alimentares, S.A., sediada na cidade da Trofa, no norte de Portugal (Decorgel, 2022).

A entidade supra-mencionada especializa-se no desenvolvimento de matérias-primas para a indústria alimentar, nomeadamente em produtos de pastelaria, padaria e gelataria. A título de exemplo, é possível apontar recheios, cremes e brilhos como parte integrante do portefólio da empresa, assim como produtos com características especiais, de entre as quais se destacam *clean label*, *vegan*, sem açúcares ou gorduras adicionadas, certificações Bio e Certificação Halal, sem óleo de palma e, ainda, a utilização de matérias-primas DOP (Decorgel, 2022).

1.4 Estrutura da Dissertação

O alinhamento do conteúdo da presente dissertação segue de acordo com os objetivos e motivações deste trabalho, citados previamente.

Com efeito, os assuntos que irão ser abordados tratam-se de uma revisão da literatura metódica e concreta, seguida da apresentação da abordagem metodológica que foi aplicada no segmento experimental deste projeto. Finalmente, os resultados, e consequente interpretação, serão exibidos, terminando com a exposição das principais conclusões e perspetivas futuras, intrinsecamente relacionadas com o tema principal desta tese.

2 Revisão da Literatura

Seguindo a linha de pensamento do capítulo precedente, a busca por alternativas para o óleo de palma e para as gorduras hidrogenadas é imperativa, quer seja devido aos efeitos colaterais para a saúde humana, quer em virtude do elevado impacto ambiental que as gorduras de palma apresentam (Crawley, 2022; Intelligence, 2022). Todavia, o facto de o óleo de palma possuir aplicações tão diversificadas, em praticamente todas as áreas industriais, aliado às suas características únicas, torna-o extremamente difícil de ser substituído (Swain, 2022).

A revisão da literatura foi realizada com o recurso a diversos serviços que auxiliaram na pesquisa de documentos relativos às áreas de estudo abordadas, sendo eles: *Google Scholar*, *Science Direct* e *Google*. O processo de seleção da literatura baseou-se sobretudo no tipo e relevância para o estudo que o documento possuía. Os tipos dos documentos selecionados surgem maioritariamente em formato de livro, artigo ou *white paper*. A qualidade e relevância do documento é avaliada primeiramente pela análise do resumo do documento e, posteriormente, caso seja considerado oportuno para o estudo, do seu conteúdo.

2.1 Alternativas às Gorduras de Palma

2.1.1 Gorduras Exóticas

Por “gorduras exóticas” entende-se gorduras provenientes das sementes das plantas de carité, cacau, *Shorea robusta* (comumente conhecida por “árvore do Sal”), illipé, *kokum* e manga (Swain, 2022; Hinrichsen, 2016). Embora, à primeira vista, estas gorduras pareçam bons substitutos, a sua utilização à escala industrial é consideravelmente cara, quando comparadas às gorduras de palma (Krosofsky, 2022).

Os óleos tropicais alternativos apresentam perfis de ácidos gordos (AG) e propriedades físico-químicas semelhantes às gorduras de palma, uma característica que se torna diferencial, tendo em conta outros óleos e gorduras. No entanto, a produção destas opções é substancialmente baixa, em relação à produção do óleo de palma (Parsons *et al.*, 2020).

As gorduras tropicais mencionadas têm uma característica em comum: todas possuem um nível alto de Triglicéridos Simétricos e, com efeito, necessitam de condições específicas para que consigam cristalizar, de modo a darem origem à sua forma estável (Hinrichsen, 2016).

Manteiga de carité: Por conseguinte, uma das principais e melhores gorduras associadas à substituição da gordura de palma é, então, a manteiga de carité, uma vez que, devido às suas características, mimetiza bastante bem a palma. Com efeito, a gordura de carité tem origem nos frutos e sementes da planta *Butyrospermum parkii*. Esta planta encontra-se presente na faixa do Sael, abrangendo um extenso número de países (Lovett, 2015).

Esta gordura vegetal apresenta um perfil de ácidos gordos composto principalmente por uma mistura de ácido esteárico com ácido oleico; cerca de 4 % a 7 % de ácido linoleico e, em menor quantidade, por ácido araquídico, compreendendo cerca de 2 %. No que concerne ao perfil de triglicéridos simétricos, este é relativamente elevado o que proporciona à gordura em questão uma relevância extra na sua fusão (variando entre os 34 °C e os 42 °C) (Lovett, 2015).

Segundo Lovett (2015), o seu sabor é descrito como sendo semelhante a frutos secos / defumado, na sua versão pura (não refinada), apresentado-se com uma coloração castanha escura. Já no que respeita à gordura refinada, esta não contém sabor algum e tem um tom esbranquiçado (Lovett, 2015).

A produção de manteiga de carité pode ser realizada de duas maneiras:

1. A forma **tradicional**, que consiste na fervura das sementes e posterior secagem ao sol; as sementes, depois de secas, são esmagadas em pedaços menores, tanto de forma manual como mecânica. Após este processo, a pasta é torrada e moída para tornar o grão mais fino. A mistura é, então, realizada utilizando água ténida, com vista à formação de uma emulsão rica em estearina. Por fim, com o auxílio de água fria, torna-se possível separar a emulsão (pois esta irá flutuar) (Lovett, 2015).
2. Já no que concerne ao processo industrial, primeiramente o fruto passa por expulsores para se obter a semente. Esta irá, posteriormente, sofrer um processo de extração com solvente e, por fim, poderá, eventualmente, ser aplicado um processo de refinação (Lovett, 2015).

Atualmente, a manteiga de carité é utilizada principalmente como substituto da manteiga de cacau em chocolates, porém é ligeiramente mais difícil de processar quando comparada com outras alternativas, como o ilipé. Na União Europeia é permitido o uso de carité (5 % em peso) como substituto da manteiga de cacau em chocolates. Nos Estados Unidos da América, a fração rica em estearina pode ser utilizada em coberturas e recheios de pastelaria (Lovett, 2015).

Esta permuta do carité pelo cacau pode aumentar significativamente o tempo de prateleira do alimento, assim como da sua estabilidade térmica (pois o ponto de fusão do chocolate passa a ser

superior). Com efeito, as propriedades de fusão do carité permitem a formação de coberturas sem Efeito *bloom* (Lovett, 2015).

Por fim, a utilização da manteiga de carité na indústria alimentar estende-se, tanto a barras, tabletes ou mesmo a figuras ocas de chocolate; também pode ser empregue na produção de recheios ou "super-coberturas", *wafers*, biscoitos, bolachas ou até em bolos (Lovett, 2015).

Manteiga de Cacau: No seguimento do estudo de alternativas ao uso de gorduras de palma, observou-se que a manteiga de cacau, no que respeita à categoria em avaliação de momento (*i. e.* gorduras exóticas), é umas das seguintes melhores opções para uma potencial substituição.

Esta gordura vegetal vê a sua origem na semente de cacau da árvore *Theobroma*, que apresenta um conteúdo em gordura de cerca de 55 %. É uma árvore nativa da América do Sul, bem como da África Ocidental (Gunstone, 2001).

O perfil de ácidos gordos desta manteiga revela quantidades semelhantes de ácido palmítico, esteárico e oleico; e compreende uma composição de triglicéridos, ácidos gordos livres, fosfolípidos, assim como outros lípidos complexos. O seu ponto de fusão ronda os 27 °C a 33 °C. Já a sua cor revela ser beje ou amarela clara e o sabor é, claramente, a cacau (Gunstone, 2001).

A produção da manteiga de cacau inicia-se com a fermentação dos "feijões" (*beans*) que, posteriormente são torrados e triturados, de forma a formar um licor. A percentagem gordurosa é, então, separada desta mistura (ou mesmo da semente), recorrendo a técnicas de separação, tais como prensagem, expulsores ou mesmo por um processo de extração com solventes. Mundialmente, os países que compõem o top três de maiores produtores desta gordura são a Costa do Marfim (com cerca de oitenta mil toneladas por ano), seguindo-se o Gana, compreendendo perto de sessenta mil toneladas anualmente e, por fim, a Indonésia, que produz cerca de trinta e duas mil toneladas por ano (Gunstone, 2001).

A manteiga de cacau é bastante utilizada em produtos de pastelaria, como chocolate, entre outros, pois apresenta um grande impacto nas propriedades organoléticas dos alimentos. Por conseguinte, atua como uma fase contínua no chocolate - é dura à temperatura ambiente, porém, como o seu ponto de fusão é relativamente parecido com a temperatura corporal, derrete na boca (Gunstone, 2001).

Porém, esta alternativa apresenta algumas desvantagens relevantes, como a sua crescente permuta por manteiga de carité, quer seja devido à inconsistência do mercado, bem como à qualidade do produto ou ao seu preço (Gunstone, 2001).

Óleo de Coco: Segundo Parsons, *et al.* (2020), o óleo de coco é um substituto adequado na área alimentar, dado o seu perfil de ácidos gordos, porém possui um ponto de fusão bastante baixo (25 °C),

o que poderá ter implicações na formulação dos alimentos. Apresenta, também, um impacto negativo no perfil nutricional dos alimentos, dado o seu conteúdo alto em gorduras saturadas. Além disto, tem a capacidade de alterar o sabor dos alimentos (Parsons *et al.*, 2020). O seu sabor é, evidentemente, a coco e apresenta-se com uma coloração transparente quando líquido e, na sua versão sólida, esbranquiçada (Britannica, 2022).

Este óleo alimentar é extraído do interior seco - denominado *copra* -, da fruta da planta *Cocos nucifera*, a qual sobrevive especialmente nas Filipinas, Indonésia e Índia. O seu perfil de ácidos gordos é caracterizado por ser constituído por cerca de 45 % a 50 % de ácido láurico. Além do mais, o óleo de coco é, quase na sua totalidade, composto por gorduras saturadas, sendo que estas ocupam 90 % da sua composição. Uma das suas grandes vantagens é possuir um elevado *smoking point*, o que permite a sua confeção a temperaturas elevadas (Britannica, 2022).

O óleo de coco, para uso alimentar, sofre processos de refinação e desodorização. Alguns produtos que, atualmente, utilizam esta gordura são, por exemplo, margarinas ou gorduras vegetais (incluindo *shortenings*) (Britannica, 2022).

Manteiga de Manga: Por fim, a manteiga de manga é a última gordura exótica a ser analisada nesta secção, como alternativa à gordura de palma. Este tipo de substância surge das sementes da planta *Mangifera sylvatica* ou *Mangifera indica* e está presente, fundamentalmente, no Bangladesh. O seu perfil de ácidos gordos traduz-se numa riqueza em ácidos gordos saturados (palmitico, esteárico e oleico). O seu ponto de fusão é de cerca de 26 °C e tem um sabor característico a frutos secos, predominantemente de noz. A sua cor é amarelo torrado. No que concerne à sua utilização em produtos alimentares, é aplicada em chocolates e produtos à base de chocolate (Akhter *et al.*, 2016).

2.1.2 Óleos Alternativos Vegetais e de Sementes

Os óleos vegetais edíveis que exibem um maior volume de produção são os óleos de colza (ou canola), de girassol e de soja. Estas três alternativas, do ponto de vista legislativo e regulamentar, não possuem qualquer impedimento, visto serem óleos já fortemente presentes no mercado. Porém, enquanto substitutos do óleo de palma, apresentam uma vasta lista de problemas (Parsons *et al.*, 2020).

Ambos os três óleos detêm um perfil de gorduras insaturadas superior ao óleo de palma, o que lhes confere características físicas diferentes. Além do mais, é importante notar que são substâncias líquidas à temperatura ambiente. Consequentemente, é necessária a reformulação dos produtos alimentares, no caso de serem adicionados ao produto como substitutos das gorduras de palma. Todavia, na maioria dos

casos não são reformulações fáceis, necessitando, ainda, de modificadores de viscosidade, e geralmente é necessário um grande investimento em investigação e desenvolvimento (I & D) para que seja possível realizar esta substituição de gorduras (Parsons *et al.*, 2020).

No que respeita à permuta dos diversos óleos de palma por óleos vegetais líquidos, como sejam o óleo de colza, girassol e de soja, estes três substitutos podem ser aplicados em processos de fritura, em alternativa às oleínas de palma IV 64 e IV 65, porém torna-se necessário ter em conta qual dos óleos aplicar, uma vez que apresentam diferentes impactos, tanto na estabilidade do produto alimentar, como na saúde dos consumidores (Klonoff, 2007).

Óleo de Girassol: O óleo de girassol é produzido industrialmente a partir do processamento das sementes de girassol, sobretudo em países da Europa de Leste, como a Ucrânia ou a Rússia, porém também se verifica uma elevada produção por parte da Argentina (Campestre, 2022b; Sánchez-Muniz *et al.*, 2016).

O perfil de ácidos gordos deste óleo compreende cerca de 48 a 74 % de ácido linoleico; já o ácido oleico pode variar de 13 % até 40 %; o ácido palmítico tem uma representação de até 9 % e, por fim, o ácido esteárico encontra-se presente em quantidades pequenas. O seu estado físico à temperatura ambiente é líquido (daí ser denominado de "óleo"), apresenta um sabor suave e uma coloração amarela clara (Campestre, 2022b; Sánchez-Muniz *et al.*, 2016). A sua massa volúmica, a 20 °C, está compreendida entre 0,918 g cm⁻³ a 0,923 g cm⁻³, enquanto que a sua viscosidade, a 38 °C, apresenta um valor de 0,0323 Pa s (Sánchez-Muniz *et al.*, 2016; Diamante & Lan, 2014).

O óleo de girassol é aplicado, na indústria alimentar, em vários produtos e processos, tais como: margarinas e outros produtos de barrar; frituras; processos de interesterificação; e na utilização de estearina de girassol dura como CBE (Sánchez-Muniz *et al.*, 2016).

O uso deste óleo alimentar detém algumas vantagens, como a modificação de alimentos devido à plasticidade e termoestabilidade; conter propriedades antioxidantes; e apresenta uma influência positiva no colesterol. Todavia, este óleo vegetal, bem como as restantes alternativas estudadas, apresenta algumas desvantagens, sendo elas o seu preço, que impossibilita o seu alargado uso industrial; o facto de quase sempre requerer o processo de hidrogenação para que seja possível a sua ampla utilização numa maior gama de alimentos e, por fim, os dois maiores países produtores se encontrarem, neste momento, a disputar de um conflito armado, o que irá impossibilitar a sua produção e exportação a larga escala (Sánchez-Muniz *et al.*, 2016).

Óleo de Soja: O óleo de soja é obtido a partir das sementes de soja, aplicando um processo de extração. Os maiores produtores desta gordura vegetal são a China (com uma produção de cerca de 16

Mt/ano), seguindo-se pelos Estados Unidos da América, compreendendo cerca de 11 Mt/ano e, por fim, surge o Brasil, responsável pela produção de 11 Mt/ano (Campestre, 2022c).

O perfil de ácidos gordos deste óleo é composto por cerca de 22 % a 29 % de ácido linoleico (constituído por omega 6, 3); já o ácido oleico pode variar de 52 % até 67 %; o ácido palmítico tem uma representação de até 6 % e, por fim, o ácido esteárico encontra-se presente em quantidades pequenas. O seu estado físico à temperatura ambiente é líquido (daí, tal como o óleo precedente, ser denominado de "óleo"), apresenta um sabor forte (ao contrário do óleo de girassol) e uma coloração castanha escura (Campestre, 2022c). A sua massa volúmica, a 20 °C, está compreendida entre 0,916 g cm⁻³ a 0,922 g cm⁻³ (relativamente semelhante ao óleo de girassol), enquanto que a sua viscosidade, a 30 °C, apresenta um valor de 0,0405 Pa s (Campestre, 2022c; Diamante & Lan, 2014).

O óleo de soja, tal como o proveniente de sementes de girassol, tem aplicações em produtos de barrar, como a margarina e semelhantes utilizados na confeção de bolos, bem como em crostas ou coberturas. Uma das soberbas vantagens deste óleo, comparado aos demais, é que os bolos ficam com uma textura leve, fofa e húmida e a crosta obtém um aspeto crocante e dourado. Porém, tal como o óleo de girassol, necessita de um processo de hidrogenação (Soy, 2022).

Óleo de Colza ou Canola: Por fim, o último óleo vegetal a ser avaliado nesta secção será o óleo proveniente das sementes da planta *Brassica napus*, e é comumente utilizado no Canadá, compreendendo uma produção de cerca de 4,18 Mt/ano; seguindo-se pela China, com 3,1 Mt/ano e, por fim, a Índia, que produz cerca de 2,5 Mt/ano deste óleo alimentar (Campestre, 2022a).

O perfil de ácidos gordos deste óleo é composto por cerca de 55 % a 67 % de ácido linoleico (constituído por omega 6, 3); já o ácido oleico pode surgir até 29 %; o ácido palmítico tem uma representação de até 13 % e, por fim, o ácido esteárico encontra-se presente em quantidades pequenas. O seu estado físico à temperatura ambiente é líquido e a sua utilização está bastante associada apenas a processos de fritura (Campestre, 2022a). A sua massa volúmica, a 20 °C, está compreendida entre 0,914 g cm⁻³ a 0,920 g cm⁻³ (relativamente semelhante ao óleo de girassol), enquanto que a sua viscosidade, a 38 °C, apresenta um valor de 0,0376 Pa s (Campestre, 2022a; Diamante & Lan, 2014).

2.1.3 Sementes Geneticamente Modificadas

Atualmente, segundo Parsons, *et al.* (2020), estão a ser estudadas versões geneticamente modificadas das sementes dos óleos previamente mencionados. Estas alterações, ao nível genético, da semente da planta irão aumentar a produção de ácidos oleico e esteárico, o que faz do óleo de colza e de girassol excelentes alternativas ao óleo de palma, visto não ser necessário recorrer ao processo de

hidrogenação (Parsons *et al.*, 2020). Adicionalmente, o elevado teor em ácido oleico pode contribuir para a estabilidade oxidativa, durante o processo de fritura (Parsons *et al.*, 2020).

Alguns mutantes da planta girassol, que possuem um teor elevado de ácido esteárico, foram isolados e produzidos a partir de métodos de reprodução clássicos e técnicas mutagénicas, numa tentativa de evitar problemas associados à proliferação de organismos geneticamente modificados na agricultura (Anushree *et al.*, 2017). Os resultados obtidos foram ótimos, dado o alto teor que foi possível extrair do referido ácido, mostrando, assim, um perfil semelhante à manteiga de cacau. Em suma, esta investigação demonstra que o óleo de girassol geneticamente modificado poderá ser a resposta para a problemática que a presença do óleo de palma em alimentos representa, visto que mimetizam eficientemente as características deste (Anushree *et al.*, 2017).

2.1.4 Transformação de Óleos Vegetais Líquidos em Gorduras Sólidas

Nicholson, *et al.* (2020) estudou o processo de glicerólise enzimática na transformação de óleos líquidos em gordura sólida, através da conversão dos TAGs, presentes nos óleos, em MAGs e DAGs. O produto final vem substituir o elevado uso de óleos de palma na indústria alimentar, assim como outras opções ricas em gorduras saturadas (Nicholson & Marangoni, 2020).

Esta técnica é possível devido aos MAGs e DAGs cristalizarem a temperaturas superiores aos TAGs que contêm os mesmos ácidos gordos, ou seja, o processo supramencionado irá aumentar a temperatura de cristalização da substância, sem alterar o seu perfil de ácidos gordos, conferindo a capacidade, outrora praticamente inexistente, da aplicação dos óleos vegetais comuns (como os referidos em tópicos anteriores), numa maior gama de produtos alimentares (Nicholson & Marangoni, 2020).

No que respeita à saúde do consumidor, destacam-se alguns efeitos positivos que o método estudado apresentou, como a diminuição do colesterol LDL, assim como do colesterol total, ao mesmo tempo que aumenta o colesterol HDL (Nicholson & Marangoni, 2020).

2.1.5 Organogelação; Hidrogelação e Oleogelação

Nos últimos tempos, têm sido feitos inúmeros esforços para o rápido desenvolvimento de alimentos com propriedades funcionais novas, ou mesmo melhoradas, recorrendo à aplicação de princípios de design estrutural. Com efeito, verificou-se um forte uso destas técnicas com vista à obtenção de produtos com um teor reduzido em gorduras saturadas, ao mesmo tempo que possuem atributos sensoriais e tempo de prateleira suficientemente semelhantes (Calligaris *et al.*, 2013).

Por conseguinte, os **organogéis** surgem desta investigação, e, genericamente, são moléculas com uma capacidade extraordinária de automontagem, tanto em ambientes hidrofóbicos, como hidrofílicos. Os organogéis, caracterizados por serem termorreversíveis, anidros e viscoelásticos, quando em contacto com óleos, conseguem transformar-se em bicamadas inversas, levando à formação de uma rede contínua que impede o óleo de fluir. Deste modo, os organogéis são referidos como “gorduras do futuro” (Calligaris *et al.*, 2013).

Calligaris, *et al.* (2013) estudou a substituição do óleo de palma na formulação do pão doce por **organogéis** e **hidrogéis** de monoglicéridos, contendo óleo de girassol. Os resultados mostraram que esta técnica estrutural afeta substancialmente as características finais do pão doce. A troca do óleo de palma por hidrogéis de óleo de girassol produziu um pão com parâmetros de qualidade suficientemente semelhantes ao pão produzido com óleo de palma. No entanto, contrariamente ao esperado, o pão constituído pelos organogéis não satisfaz os requisitos necessários, pois apresentou uma distribuição lipídica heterogénea, não cresceu e não ficou firme. Isto pode dever-se ao facto dos monoglicéridos interagirem com a rede de óleos do organogel, o que fez com que não estivessem disponíveis para cumprirem a sua função na matriz de ingredientes do pão doce (Calligaris *et al.*, 2013).

Recentemente, os **oleogéis** têm sido estudados com vista a substituir, parcialmente, as gorduras de palma em recheios de avelã utilizados na pastelaria, visto deterem uma elevada constituição em óleo no estado líquido, que se apresenta preso numa estrutura tridimensional, exibindo características e propriedades reológicas semelhantes a gorduras sólidas (Doan *et al.*, 2016).

Um dos materiais que se encontra, atualmente, em estudo é a cera de abelha. Esta gordura evidenciou resultados positivos com recheios de avelã com 17 % de oleogel da referida cera. Esta combinação apresentou características semelhantes ao recheio produzido por métodos tradicionais, envolvendo óleo de palma. Contudo, serão necessárias mais investigações, de modo a aferir o comportamento e viabilidade da utilização de diferentes ceras neste processo (Doan *et al.*, 2016).

Demirci, *et al.* (2020) analisaram várias combinações e potenciais oleogéis, para posterior permuta em diferentes alimentos. Esta lista encontra-se presente na tabela 1 deste documento (Demirci *et al.*, 2020).

Em suma, a substituição das gorduras de palma por estruturas monoglicéridas, como sejam os organogéis, hidrogéis e oleogéis, representa um enorme avanço na área em questão (Calligaris *et al.*, 2013).

Tabela 1: Diferentes utilizações dos oleogéis estudadas ⁵

Possíveis Utilizações		
Produto	Oleogel	Gordura
Margarina	Cera de abelha e de girassol	Azeite
<i>Spreadable</i>	Cera de abelha	Óleo de peixe
Creme de chocolate	Monoglicerídeo; Cera de abelha e de propolis	Óleo da semente da romã
Iogurtes	Fitoesterol e γ -oryzanol	Óleo de girassol
Recheios de confeitaria	Cera de abelha	Óleo de farelo de arroz; palma e avelã

2.1.6 Algas e Microrganismos como fonte de Lípidos

O uso de substâncias lipídicas provenientes de algas e microrganismos tem vindo a revelar-se uma potencial solução na reformulação de produtos alimentares sem óleo de palma, devido ao facto de ser possível a sua aplicação em larga escala (Askew, 2022)

Com efeito, o óleo proveniente de algas heterotróficas tem origem nas algas *Chlorella*, que são caracterizadas por serem densas e necessitarem de pouco espaço para a sua produção. Porém, este método apresenta um elevado custo, e, ao mesmo tempo, não é sustentável, devido ao alimento da *Chlorella* – requer grandes quantidades de sacarose, sendo que apenas 4 % da produção mundial de açúcar é considerada sustentável (Krososky, 2022).

Alternativamente, a microalga, também heterotrófica, *Cryptocodinium cohnii* também poderá ser utilizada na produção de óleos alternativos às gorduras de palma. Esta microalga é capaz de produzir a substância (DHA), um tipo de ácido gordo denominado de ómega-3, essencialmente relacionado com óleos de peixe. Devido a esta característica, a *C. cohnii* é comercialmente viável na produção de alternativas lipídicas ao óleo de palma (Parsons *et al.*, 2020).

No que diz respeito ao potencial uso industrial deste método, é de extrema importância referir que já

⁵Adaptado de Demirci, M., Lee, C.-C., Çavuş, M., & Çağlar, M. Y. (2020). Oleogels for food applications. In *Biopolymer-based formulations* (pp. 781–811). Elsevier.

foram produzidos uma manteiga e um óleo, derivados de algas heterotróficas (Parsons *et al.*, 2020).

Relativamente a fungos tem-se *Yarrowia lipolytica*, *Cryptococcus curvatus*, *Cryptococcus albidus*, *Rhodotorula glutinis*, *Rhodospiridium toruloides* e o *Trichosporon pullulans*. Estes microrganismos já foram profundamente estudados e documentados acerca do seu potencial em produzir óleos capazes de serem aplicados na área alimentar (Parsons *et al.*, 2020).

Concluindo, os microrganismos supramencionados demonstram um elevado interesse comercial, devido à capacidade de crescerem em diferentes substratos (incluindo resíduos de outras indústrias), o que os faz possíveis substitutos das gorduras de palma, apresentado melhores resultados, quando comparados aos óleos tradicionais (colza, girassol, entre outros). No que concerne às propriedades físicas, é importante notar que, com os microrganismos corretos, é possível atingir as características do óleo de palma, o que os torna substitutos excelente e diretos para o óleo de palma bruto, estearina de palma e a oleína de palma (Parsons *et al.*, 2020).

2.1.7 Misturas de Óleos e Gorduras

As misturas de óleos e gorduras revelam ser interessantes, nomeadamente no que respeita aos efeitos que possuem nas características dos alimentos. Assim, a mistura óleo com gordura impacta o sabor e cor do alimento e aumenta a estabilidade oxidativa (Hashempour-Baltork *et al.*, 2016). Um exemplo poderá ser a mistura de óleo de palma com manteiga de cacau ou de abacate (Yantya *et al.*, 2012). Do ponto de vista prático, estas misturas têm capacidade para serem incorporadas nos diversos alimentos, ou mesmo utilizadas em processos de fritura (Choi *et al.*, 2014).

2.2 Alternativas às Gorduras Hidrogenadas

O processo de hidrogenação de óleos consiste, essencialmente, na adição de átomos de hidrogénio a gorduras insaturadas, com vista a torná-las parcialmente saturadas, de modo a adquirirem uma utilização mais facilitada. Com efeito, a hidrogenação irá endurecer os óleos e convertê-los em gorduras sólidas ou semi-sólidas, de forma a serem mais rentáveis e aumentarem o seu leque de possíveis aplicações (Dhaka *et al.*, 2011; Klonoff, 2007).

Este processo detém inúmeras vantagens, tais como o aumento da estabilidade do produto, como também da sua resistência à oxidação, o tempo de prateleira e o ponto de fusão dos óleos vegetais insaturados (que são líquidos à temperatura ambiente). No entanto, as desvantagens associadas à hidrogenação de gorduras vegetais são, todavia, perigosas, uma vez que as gorduras *trans* são

conhecidas por aumentarem o colesterol LDL, ao mesmo tempo que diminuem o HDL - isto proporciona a que o risco para diversas doenças cardiovasculares, e mesmo ataque cardíaco, aumentem significativamente (Dhaka *et al.*, 2011; Klonoff, 2007).

A introdução de alternativas à utilização de gorduras hidrogenadas em produtos alimentares está limitada por um vasto conjunto de fatores, sendo eles: performance; disponibilidade; economia; e segurança. Com efeito, a substituição das gorduras *trans* por gorduras diferentes não deve interferir com as características funcionais do alimento em questão. Além disto, é essencial aferir a segurança dos óleos alternativos, de forma a garantir que a troca apresenta vantagens para a saúde do consumidor, e não correr o risco de substituir a gordura hidrogenada por uma igualmente prejudicial para a saúde (Klonoff, 2007).

Nas secções subsequentes serão apresentadas algumas alternativas investigadas, no âmbito desta dissertação.

2.2.1 Modificação do Processo de Hidrogenação

A modificação do processo de hidrogenação consiste na alteração das condições do processo normal, como a pressão, temperatura, os catalisadores utilizados, ou a duração da reação (Dhaka *et al.*, 2011; Klonoff, 2007). Com efeito, estas alterações irão afetar a composição em ácidos gordos da substância resultante, nomeadamente na quantidade de ácidos gordos *trans* que se formam, assim como irão causar um impacto substancial nas propriedades do óleo, tais como a ponto de fusão e o conteúdo de gordura sólida (Dhaka *et al.*, 2011).

Apesar de ser exequível a produção de gorduras baixas em ácidos gordos *trans*, através do aumento do grau de hidrogenação, este método revelou não ser viável, uma vez que o conteúdo de ácidos gordos saturados no produto final sofre um aumento. Assim, o processo de hidrogenação modificada surge como uma solução para este problema, uma vez que é passível de produzir gorduras para aplicações em pastelaria com a mínima presença das gorduras *trans*. Estas novas gorduras apresentam, igualmente, um nível superior de ácido esteárico, proveniente da hidrogenação dos ácidos α -linoleico, linoleico e oleico (Dhaka *et al.*, 2011).

Nos Estados Unidos da América, uma empresa (Bunge Oils, Inc) desenvolveu um método com vista a hidrogenar quimicamente óleos edíveis, com a produção de apenas 10 % de isómeros *trans*. Este novo processo envolve o uso de um catalisador de níquel, que seletivamente previne a formação deste tipo de isómeros de ácidos gordos (Tarrago-Trani *et al.*, 2006).

Já no Canadá, investigadores elaboraram um método para a hidrogenação do óleo de canola, que

faz uso de catalisadores metálicos, compostos pelos elementos níquel e paládio, e é realizada a baixas temperaturas, o que resulta numa elevada produção de isómeros *cis*, em oposição aos ácidos gordos *trans* (sendo que o produto final apresentou cerca de 11 % deste tipo de ácidos gordos). Adicionalmente, utilizando os mesmos catalisadores, foi desenvolvido um método de hidrogenação eletroquímica, que poderá ser aplicado a gorduras edíveis, reduzindo o seu conteúdo em isómeros *trans* para cerca de 10 % (Tarrago-Trani *et al.*, 2006).

Por fim, também foi reportado um método de hidrogenação que recorre ao uso de fluidos supercríticos, em particular o CO_2 e H_2 , em junção com um catalisador de níquel, que apresenta, igualmente, uma formação mínima de produtos *trans* (Tarrago-Trani *et al.*, 2006).

2.2.2 Interesterificação

A interesterificação de óleos vegetais é uma técnica amplamente utilizada, com vista ao endurecimento de triglicéridos de óleos insaturados. Com efeito, este processo trata-se de uma reação química que redistribui ácidos gordos na molécula de glicerol de um triglicérido, através da mistura de AG provenientes de óleos vegetais saturados e insaturados. É importante notar que este rearranjo não altera a composição química de nenhum dos AG iniciais e, conseqüentemente, como não há processos de hidrogenação envolvidos, não se verifica a formação de gorduras hidrogenadas (Klonoff, 2007).

A técnica mencionada tem por vista a alteração do ponto de fusão e o comportamento durante a cristalização da gordura, resultando num produto com as características desejáveis, semelhantes às obtidas com a produção de gorduras hidrogenadas, porém sem a presença dos ácidos gordos *trans* (Dhaka *et al.*, 2011).

Os resultados de estudos realizados revelam que margarinas com gorduras interesterificadas apresentam um decréscimo nos níveis de colesterol LDL e colesterol total, quando comparadas com as margarinas constituídas por gorduras hidrogenadas. Igualmente, foi testado o efeito de três tipos de gorduras (saturada; hidrogenada e interesterificada), verificando-se que ambas as gorduras modificadas impactavam, negativamente, o colesterol e aumentavam a presença de glucose no plasma sanguíneo (Klonoff, 2007).

Alguns exemplos práticos do referido procedimento são, enumerando:

1. A empresa Danisco (dinamarquesa) oferece um produto denominado Benefat SALATRIM que é produzido a partir da interesterificação de óleos vegetais totalmente hidrogenados, tais como colza e soja, com a junção de triglicéridos provenientes dos ácidos acético, propiónico e butírico (Tarrago-Trani *et al.*, 2006);

2. Já a empresa japonesa Kao Corporation, em parceria com a estadunidense ADM, desenvolveram o produto Enova – trata-se, portanto, de um óleo edível composto, crucialmente, por diglicéridos, manufaturados pela interesterificação de ácidos gordos insaturados provenientes da colza e da soja, mediada pela 1,3-lipase (Tarrago-Trani *et al.*, 2006);
3. Também dos Estados Unidos da América surge a Stepan Company com o produto Neobee Neobee, composto por triglicéridos de cadeia média, provenientes dos ácidos caprílico e hexanóico (Tarrago-Trani *et al.*, 2006);
4. O último exemplo é de uma empresa sediada no Canadá, a Med-Tech Inc, que produz um óleo edível, apelidado de Vivola Oil, que, atualmente, é classificado como um óleo funcional ou nutracêutico. O Vivola Oil é composto por triglicéridos de cadeia média, fortalecido com ácidos gordos e fitoesteróis (Tarrago-Trani *et al.*, 2006).

2.2.3 Sementes Oleaginosas Geneticamente Modificadas

Uma outra alternativa às gorduras hidrogenadas consiste em recorrer ao uso de sementes oleaginosas geneticamente modificadas, quer por técnicas de reprodução clássicas ou mesmo decorrentes da engenharia genética (Tarrago-Trani *et al.*, 2006; Klonoff, 2007). Um exemplo da utilização desta técnica trata-se da eliminação do ácido erúico, um ácido gordo que pode causar um desequilíbrio na saúde. Com efeito, as sementes de canola modificadas são utilizadas na produção de um óleo edível, já previamente mencionado (Tarrago-Trani *et al.*, 2006).

Por conseguinte, recorrendo às técnicas de manipulação genética das sementes, é possível baixar, ou mesmo eliminar, a concentração de gorduras polinsaturadas, fortemente responsáveis pela decomposição dos produtos (Klonoff, 2007).

Através da reprodução seletiva já foi possível a produção de sementes de soja e de girassol, com um nível baixo de gorduras insaturadas, tornando estas alternativas uma melhor escolha, comparado aos óleos naturais provenientes de sementes normais, dado estes últimos apresentarem um maior nível de instabilidade (Klonoff, 2007).

2.2.4 Fracionamento e Mistura

Por fracionamento entende-se a separação dos óleos nos seus diferentes componentes, tendo em conta diversas propriedades físicas distintas (Klonoff, 2007). Após este processo, surge a mistura das várias frações, em diferentes combinações, estas que podem ser aprimoradas e pensadas, tendo em

perspetiva a utilização final do óleo. No entanto, o fracionamento é um processo caro e moroso (Klonoff, 2007).

Em alternativa, um método para a mistura de óleo, água e monoglicéridos encontra-se em estudo, com o objetivo de formar uma substância cristalina multilamelar em gel, que, presumivelmente, apresenta propriedades estruturais e funcionais semelhantes às gorduras hidrogenadas (Klonoff, 2007).

2.2.5 Óleos Naturais

O uso de frações ricas em sólidos, provenientes de óleos naturais, tais como o óleo de coco, não é, propriamente, uma novidade na indústria alimentar, visto serem utilizadas como ingredientes funcionais há vários anos (Dhaka *et al.*, 2011).

O processo de obtenção das frações supra-mencionadas é de relativamente fácil compreensão: essencialmente consiste na fusão seguida de arrefecimento de um dado óleo, o que fará com que os triglicéridos com um ponto de fusão superiores, eventualmente, cristalizem. Seguidamente, retira-se o material sólido, recorrendo a processos de separação (como a centrifugação ou filtração) (Dhaka *et al.*, 2011).

Uma das alternativas mais saudáveis assenta no uso de óleos vegetais insaturados, tais como o azeite, canola, milho ou soja. No entanto, estes óleos apresentam alguns pontos negativos, nomeadamente no que respeita ao tempo de vida do produto: causam uma maior predisposição para a decomposição e rancidez, o que faz com que alimentos embalados não possam apresentar um extenso tempo de prateleira (Klonoff, 2007).

2.2.6 Óleos Enriquecidos

Os óleos enriquecidos pertencem aos grupos: **(1)** óleos ricos em ácido oleico – como girassol e colza; **(2)** óleos com uma quantidade intermédia de ácido oleico – como a soja; e **(3)** óleos baixos em ácido oleico. Estas substâncias lipídicas têm origem em métodos biotecnológicos (Dhaka *et al.*, 2011).

Todos os óleos acima referidos apresentam uma excelente estabilidade oxidativa, o que faz deles uma boa opção para processos de fritura ou embalagens em spray, e, também, em pastelaria (Dhaka *et al.*, 2011).

2.2.7 Gorduras Exóticas

Alguns óleos tropicais com pontos de fusão altos possuem uma elevada percentagem em ácidos gordos saturados e, por conseguinte, são candidatos a substitutos das gorduras parcialmente hidrogenadas, sobretudo em produtos de pastelaria. O fracionamento destes óleos, recorrendo a processos físicos, permite que as diferentes frações do óleo sejam isoladas, tendo em conta os vários pontos de fusão (Tarrago-Trani *et al.*, 2006).

2.2.8 Substitutos de Gorduras

A última alternativa às gorduras hidrogenadas que será abordada no presente capítulo prende-se com o uso de alternativas que substituem a gordura e que mimetizam os lípidos (Klonoff, 2007).

Algumas empresas já oferecem, no seu leque de produtos, alternativas sem gordura, onde esta foi permutada por outros ingredientes que fornecem aspetos estruturais, tais como fibra vegetal ou aveia integral, uma vez que, nos alimentos em questão, estas substâncias parecem e apresentam um sabor bastante semelhante à gordura (Klonoff, 2007).

Outra tecnologia livre de gorduras hidrogenadas tem em conta o uso de agentes emulsificantes em óleos insaturados (que não passaram pelo processo de hidrogenação), de forma a imitar as gorduras *trans* (Klonoff, 2007).

As opções miméticas de gorduras contam, também, com polímeros construídos por etilcelulose; emulsões de proteínas com polissacáridos; redes fibrilares coloidais ou auto-montadas de cristais lipídicos polares; e emulsões óleo/água (Patel *et al.*, 2020).

Patel, *et al.* (2020) constatou que, embora a maior parte dos estudos sobre estas substâncias se centrem, sobretudo, nas suas propriedades físicas e características reológicas, tem-se notado, nos recentes anos, um crescente estudo da aplicação de miméticos de gordura em produtos alimentares.

Com efeito, estes estudos apontam para o potencial destes substitutos como alternativas às gorduras hidrogenadas, uma vez que apresentam, na maior parte dos casos, propriedades semelhantes, e até mesmo melhores do que os lípidos (Patel *et al.*, 2020).

Por fim, o processo de micro-saturação combina óleos insaturados com triglicéridos saturados de cadeia média, recorrendo a aquecimento, realizado num misturador bem agitado. Este método tem como objetivo final a produção de uma mistura de gorduras densa, que se dobra em si mesma, e poderá servir como substituto de óleos vegetais hidrogenados (Klonoff, 2007).

2.3 Chocolates e Cremes para Barrar

Com a finalidade de uma percepção mais realista dos vários potenciais candidatos à troca das gorduras de palma e hidrogenadas, resta entender e aprender sobre uma das substâncias em que esta dissertação de mestrado se focou: chocolate e produtos achocolatados.

Nas secções abaixo estão retratadas a produção de chocolate, de cremes para barrar e, por fim, será discutida uma alternativa ao chocolate, denominada de sucedâneo.

2.3.1 Chocolate

O chocolate é uma substância proveniente da fruta das árvores do cacau, cujo nome científico se entende por *Theobroma cacao* (Linnaeus). Esta planta cresce restritamente a latitudes de 20 ° e requer uma temperatura constante, precipitação durante a maior parte do ano e mosquitos para procederem à sua polinização. Ora, a questão prende-se com o facto de que, se esta planta é nativa de países pertencentes à América Central, como é que os maiores produtores de chocolate do mundo são europeus? Com a expansão e descobrimentos, os espanhóis trouxeram o cacau para o seu continente, no entanto adicionaram especiarias e açúcar, de modo a ser de melhor agrado aos locais. Atualmente, devido ao ponto de fusão baixo do chocolate, é de relativamente maior facilidade e mais baixo custo que a produção dele seja realizada em climas frios / nórdicos (Cidell & Alberts, 2006; Beckett *et al.*, 2017).

No que concerne à avaliação da qualidade do chocolate, nos dias de hoje, esta está intrinsecamente relacionada com a sua percentagem de cacau. Muitos definem quanto mais cacau contém, melhor é o chocolate, pois leva menos açúcar e leite, e acaba por ter um sabor mais forte e menos doce. Com efeito, na Bélgica, foi criada uma associação (de seu nome, Ambao), representada por fabricantes de chocolate, que acordaram num standard para a produção deste alimento: sem CBE; 59 % de cacau para chocolate negro e 32,5 % para chocolate de leite (Cidell & Alberts, 2006; Beckett *et al.*, 2017).

Ingredientes básicos para a produção de chocolate: O chocolate tem como ingredientes os seguidamente listados:

1. **Açúcar:** O açúcar pode ser refinado ou de cana; branco; entre outros, sendo que o granulado é considerado o melhor (Beckett *et al.*, 2017);
2. **Leite:** O leite traduz-se num ingrediente de extrema importância aquando da produção do chocolate, pois o chocolate de leite é o mais popular no mundo. Na produção deste alimento é utilizado leite em pó gordo ou magro, que poderá ser seco por pulverização ou rolado - é

importante notar que a aplicação de leite em pó gordo pulverizado irá produzir um chocolate de leite mais consistente, ideal para a fabricação de tabletes ou confeitaria. Por outro lado, a utilização do leite magro pulverizado resulta num produto final mais suave, com ótima empregabilidade em pastelaria ou gelados (Beckett *et al.*, 2017);

3. Grãos de cacau e massa de cacau (Beckett *et al.*, 2017);

Por fim, também existem chocolates sem adição de açúcares, onde este poderá, eventualmente, ser substituído por adoçantes, sendo os três principais o sorbitol, maltitol e, finalmente, a frutose (Beckett *et al.*, 2017).

Produção de Chocolate: A produção de chocolate pode resumir-se a um conjunto de passos e técnicas, com vista à obtenção do produto final, suave e crocante, saboreado por um elevado público (Beckett *et al.*, 2017).

Com efeito, os grãos de cacau são, numa primeira etapa, fermentados e, após este processo, são submetidos a uma secagem, seguida de uma limpeza. Por fim são, então, torrados (Beckett *et al.*, 2017).

De seguida, são abertos / partidos e as cascas são removidas. O interior dos grãos é, finalmente, moído, obtendo uma massa, denominada massa de cacau. Esta massa pode ser (Beckett *et al.*, 2017; Afoakwa, 2016):

1. Pensada, dando origem à manteiga de cacau - que será utilizada em vários processos ao longo desta cadeia;
2. Misturada com açúcar em pó e gordura (com, ou sem, leite em pó - dependendo do tipo de chocolate que se queira obter);
3. Combinada com uma solução de leite e açúcar, que será posteriormente desidratada, obtendo "migalhas", que serão misturadas com a gordura de cacau.

Finalmente, esta pasta é moída / refinada, adicionando-se a manteiga de cacau (ou lecitina) e segue para o processo de conchagem. A conchagem é um processo que recorre a um equipamento (denominado de concha) que mistura, raspa e "corta" - *shearing* - a mistura de modo à obtenção de um produto uniforme. Há vários tipos de máquinas para esta operação, que diferenciam pela maneira de como as pás estão dispostas; e algumas podem mesmo ter elementos adicionais (Afoakwa, 2016; Beckett *et al.*, 2017).

Nas seguintes figuras estão representados várias conchas, de diferentes dimensões; e o interior de um equipamento de conchagem (Afoakwa, 2016; Beckett *et al.*, 2017).



Figura 5: Várias conchas, de diversas dimensões. ⁶

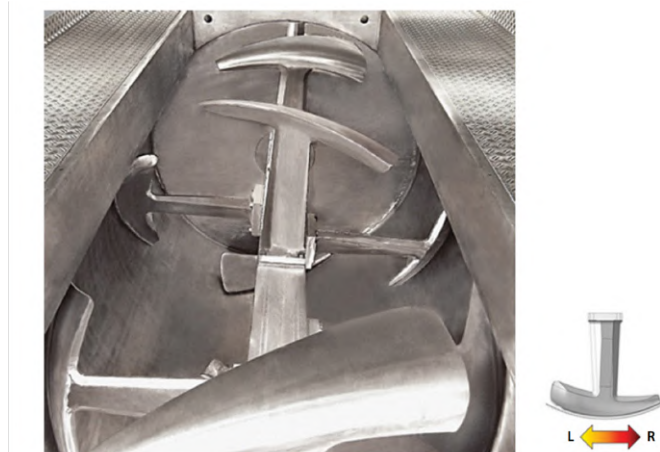


Figura 6: Interior de um equipamento de conchagem. ⁶

Atualmente, os maiores produtores de chocolate são (Beckett *et al.*, 2017):

1. **Mondelez**, que detém marcas como a Cadbury; Milka ou a Toblerone;
2. **Mars**, que é dona da Snickers; Mars; Twix, ou ainda da Milky Way;
3. **Nestlé**;
4. **Ferrero**, que também produz a Nutella;
5. **Hershey**.

2.3.2 Cremes para Barrar

Os cremes para barrar são produtos à base de chocolate, onde a percentagem gordurosa (a manteiga de cacau) é substituída por um equivalente líquido ou cremoso, de modo a ser obtida uma textura flexível e suave, que seja possível espalhar. Existem cremes à base de água e outros de gordura (sogood, 2022).

Os ingredientes principais na produção destas substâncias são (sogood, 2022).:

1. **Cacau em pó**: sabor e cor e % sólidos; Geralmente é utilizado em 8 % a 12 % (em cremes de chocolate negro podemos utilizar até 30 %);

⁶Adaptado de Beckett, S. T., Fowler, M. S., & Ziegler, G. R. (2017). Beckett's industrial chocolate manufacture and use. John Wiley & Sons.

2. **Gorduras:** aplicadas em 3 tipos - líquidas (óleo dentro dos frutos secos; girassol; manteiga); cremosas (servem para regular a textura; industrialmente são utilizadas coco ou palma); e sólidas (também servem para regular a textura do produto; podem ser utilizadas manteiga de cacau ou pasta de cacau);
3. **Açúcar:** refinado ou de cana; Atua como agente de texturização;
4. **Frutos Secos:** O fruto seco mais usado nestes cremes é a avelã (tome-se como exemplo a Nutella). Este fruto é utilizado na forma de pasta e nos produtos de elevada qualidade pode atingir 50 %;
5. **Estabilizantes / Emulsionantes:** Cera de abelha ou lecitina para elasticidade e para espalhar melhor. Também pode ser adicionado um antioxidante para atrasar a oxidação do produto.

Receitas para a produção de recheios de chocolate: Basicamente, os recheios de chocolate podem ser produzidos recorrendo ao uso de açúcar; leite em pó magro; gordura do leite; cacau em pó magro; gordura de coco suave e lecitina. Já as concentrações dos vários ingredientes dependem do tipo de recheio que se deseja produzir (leite; branco; escuro). Na seguinte tabela é possível analisar as percentagens de cada ingrediente, dependendo do tipo de recheio (Beckett *et al.*, 2017).

Tabela 2: Receitas para recheios típicos de chocolate ⁷

Ingrediente	Tipo de Recheio		
	Leite (%)	Branco (%)	Escuro (%)
Açúcar	35	35	48
Leite em pó magro	15	20	
Gordura do leite		2	
Cacau em pó magro	5		15
Gordura de cacau suave	44,5	42,5	36,5
Lecitina	0,5	0,5	0,5

Receitas para a produção de coberturas de chocolate: Já no que concerne às coberturas de chocolate, estas podem ter a seguinte composição presente na tabela 3 (representada em percentagem de cada ingrediente) (Beckett *et al.*, 2017):

⁷Adaptado de Beckett, S. T., Fowler, M. S., & Ziegler, G. R. (2017). Beckett's industrial chocolate manufacture and use. John Wiley & Sons.

Tabela 3: Receitas para coberturas típicos de chocolate ⁸

Ingrediente	Tipo de Recheio		
	Leite (%)	Branco (%)	Escuro (%)
Açúcar	45	50	53
Leite em pó magro	15	15	
Cacau em pó magro	5		11,5
Gordura láurica	34,6	34,6	35,1
Lecitina	0,4	0,4	0,4

Por fim, a cobertura de chocolate de leite pode também ser utilizada como base para ganache e pasta de trufas, através da adição de leite condensado e glucose. E, no que concerne à cobertura branca, esta é geralmente colorida e aromatizada com aditivos lipossolúveis (Beckett *et al.*, 2017).

Processo de fabrico de cremes de chocolate: De uma forma geral, o fabrico de cremes ou recheios à base de chocolate são produzidos, primeiramente, com a preparação das fases aquosa e oleosa: (a) **Fase Aquosa:** nesta fase são misturados alguns ingredientes como leite em pó magro, proteína do leite (*whey*), um emulsionante, cacau em pó e, claro, água. De seguida, é tudo bem misturado e aquecido durante quinze minutos, a uma temperatura de 63 °C e, finalmente, a fase é arrefecida; (b) **Fase Oleosa:** Já a fase oleosa centra-se na adição de gordura vegetal à manteiga de cacau; esta mistura é aquecida a 55 °C, batida e arrefecida. De seguida, juntam-se as duas fases e dá-se o processo de emulsificação a 40 °C. Por fim é pasteurizada e armazenada (Beckett *et al.*, 2017).

De uma forma mais detalhada, a produção destes cremes apresenta o seguinte esquema (Beckett *et al.*, 2017):

1. Inicialmente é necessário separar a parte gordurosa da parte "seca" (o cacau em pó) da massa de cacau - para isto utiliza-se uma prensa, com vista à obtenção de discos grandes de cacau - chamados *cocoa press cakes*; Este processo pode ser realizado com uma prensa hidráulica horizontal;
2. Após o processo de produção dos discos de cacau em pó, é necessário recorrer à sua pulverização, e para isso são empregues moinhos de martelo;

⁸Adaptado de Beckett, S. T., Fowler, M. S., & Ziegler, G. R. (2017). Beckett's industrial chocolate manufacture and use. John Wiley & Sons.

3. Geralmente após este processo (*milling*), o pó passa por um processo de têmpera de modo a cristalizar, corretamente, a manteiga de cacau (o cacau em pó ainda retém algum conteúdo lipídico no final do processo de prensagem); Se a etapa de têmpera, ou arrefecimento, for mal realizada, pode-se acabar com um produto final cheio grumos ou acontecer "*fat bloom*";
4. Em processos que necessitem de cacau em pó com menos 10 % de gordura, é possível realizar extrações com CO_2 e / ou com outros solventes;
5. Finalmente o cacau em pó está pronto para ser misturado com os restantes ingredientes: leite em pó; açúcar; gorduras; e, se for o caso, frutos secos dependendo do sabor que se pretenda obter, num processo chamado *conchagem*, que usualmente se realiza no fabrico de chocolate;
6. Nesta etapa também é adicionado o emulsionante, a lecitina;
7. Depois da etapa de *conchagem* resta encher os frascos - que devem estar quentes de modo a evitar a condensação, selar e vender.

2.3.3 Sucedâneo de Chocolate

Um sucedâneo é uma substância que pode substituir outra, ou seja, o sucedâneo de chocolate não é chocolate, mas sim uma substância que se faz passar por este. É, por conseguinte, um produto mais barato e de qualidade inferior feito à base do extrato seco da pasta de cacau, açúcar e gordura vegetal (total ou parcialmente a substituir a manteiga de cacau) (Baste, 2022; Rita, 2022).

O modo de fabrico e ingredientes das pastilhas de sucedâneo irão depender bastante do fabricante, porém de seguida serão listados dois exemplos de ingredientes frequentemente utilizados neste produto (Baste, 2022; Rita, 2022):

1. 20 % cacau; 41 % gordura vegetal; corantes; aromatizantes; soro de leite; conservantes, entre outras substâncias presentes em menor quantidade;
2. Aroma, sabor a cacau doce, percentagem mínima de cacau de 18 % e uma percentagem de gordura entre 38 e 42 %.

Algumas aplicações do sucedâneo centram-se, principalmente, em bolachas de chocolate; decoração em pastelaria; recheio de bolos e, ainda, para moldar ou mergulhar outros produtos. Uma das grandes vantagens do uso de sucedâneo em alternativa ao chocolate clássico é o seu custo inferior ao do chocolate e, ainda, apresentar uma utilização e produção mais simplificada - pois não necessita de passar pelo

processo de têmpera, ao contrário dos produtos de chocolate e à base de chocolate (Baste, 2022; Rita, 2022).

3 Abordagem Metodológica

Com vista à concretização dos objetivos delineados anteriormente acerca do projeto em questão, foram estudados vários substitutos das gorduras de palma e hidrogenadas, com vista à posterior permuta destas mesmas substâncias em produtos da empresa.

Numa primeira fase foi crucial estudar em laboratório as gorduras de palma disponíveis (óleo de palma e gordura de palmiste), tendo em conta fatores como o seu ponto de fusão, cor, aroma, sabor, fluidez ou o seu estado físico a diferentes temperaturas - ambiente e frio, fundamentalmente.

De seguida, foi discutida a possibilidade da troca destas substâncias utilizadas em cremes de chocolate para barrar por oleogéis ou gordura de côco. Com efeito, inicialmente ocorreu a preparação de vários oleogéis, feitos a partir da mistura de gordura com um emulsionante, seguindo um procedimento detalhado em breve. Foram, então, preparados oleogéis de óleo de girassol e de azeite, em diferentes percentagens.

Com os vários oleogéis desenvolvidos, foi crucial, assim como feito à gordura de palma, o estudo de algumas das suas características físico-químicas, com vista à seleção do melhor oleogel para aplicação nos cremes de chocolate.

Por conseguinte, a fase da substituição da gordura de palma e gorduras hidrogenadas em produtos alimentares viu o seu início, com a aplicação dos oleogéis desenvolvidos num creme à base de chocolate. De forma a ter um produto que se assemelhasse a um controlo, nesta etapa também se decidiu produzir o creme de chocolate com óleo de palma.

Finalmente foram estudadas as características do produto final, um creme de chocolate para barrar, à semelhança da Nutella. Com efeito, analisou-se a textura, aroma, cor, sabor, fluidez e estabilidade.

3.1 Estudo da Gordura de Palma

Em alinhamento com o que foi afirmado anteriormente, a abordagem experimental deste projeto iniciou-se com o estudo das duas gorduras de palma que tinha à disposição - óleo de palma e gordura de palmiste. Ambas as gorduras foram fornecidas pela empresa Vandemoortele.

Com efeito, foi traçado um protocolo experimental, que incidiu, fundamentalmente, sobre a estimação da fluidez de ambas as gorduras e a medição do seu ponto de fusão.

A fluidez foi determinada medindo a distância (em) que o líquido percorreu num intervalo de tempo pré-definido (neste projeto foram considerados 30), com um instrumento adequado.

Já no que toca à medição do ponto de fusão, este foi conseguido simplesmente através do aquecimento das gorduras, recorrendo ao uso de uma panela comum de cozinha e uma placa de aquecimento. É importante referir que o óleo de palma, como se encontra líquido à temperatura ambiente, necessitou de um passo extra, que consistiu na congelação da gordura, de modo a ser possível medir a temperatura exata a que esta se fundia.

Por fim, foram anotadas as características visuais de ambas gorduras, como a cor, aroma ou o seu estado físico, à temperatura ambiente.

3.2 Produção de Oleogéis

Os oleogéis, como foi elucidado no capítulo precedente, são substâncias distintas e interessantes, caracterizadas por serem organogéis onde o solvente é um óleo. Com efeito, são redes tri-dimensionais de moléculas auto-montadas, com uma solubilização bastante limitada num solvente orgânico. São formadas a partir do arrefecimento dos materiais utilizados, que irão dar origem a uma estrutura viscoelástica e termorreversível (Palla *et al.*, 2017).

Atualmente, o desenvolvimento de oleogéis é possível a partir de várias substâncias lipídicas, tais como monoglicéridos; diglicéridos; esteróides, como o fitoesterol e o orizanol; ou ainda algumas ceras e etilcelulose (Palla *et al.*, 2017).

É importante notar que as condições de produção das substâncias supramencionadas apresentam um impacto substancial nas características do produto final. Esta particularidade, porém, não se traduz num problema, pois, através da modificação do processo é possível obter moléculas ideais e com as especificações necessárias, dependendo da aplicação final do oleogel (Palla *et al.*, 2017).

Nesta dissertação serão abordadas as produções de dois tipos de oleogéis - com óleo de girassol e azeite, realizados a partir da mistura, sob condições específicas, da gordura com emulsionante de monoglicéridos. Os protocolos para a produção dos oleogéis no âmbito deste projeto de investigação, que serão de seguida descritos detalhadamente, foram desenvolvidos com base em alguns artigos científicos, de entre os quais *"Multi-objective optimization of high oleic sunflower oil and monoglycerides oleogels: Searching for rheological and textural properties similar to margarine"*, de Palla, *et al.*, (2017); *"Oleogels for development of health-promoting food products"*, da autoria de Martins, *et al.*, (2019); *"Storage Stability of Oleogels Made from Monoglycerides and High Oleic Sunflower Oil"*, de Giacomozzi, *et al.*, (2020).

3.2.1 Oleogéis de Óleo de Girassol

Os oleogéis produzidos a partir de óleo de girassol têm apresentado, cada vez mais, uma excelente alternativa ao uso de gorduras hidrogenadas e gorduras de palma (Okuro *et al.*, 2020). Com efeito, foi elaborado um protocolo experimental para a produção em laboratório desta substância, de seguida enunciado.

Os materiais para a produção do oleogel em questão foram, resumidamente, o óleo de girassol comum; emulsionante de monoglicéridos (E471) em várias percentagens; placa de aquecimento; panela de cozinha / recipiente adequado para aquecer a gordura; um instrumento de vórtex (neste caso, foi utilizada uma varinha mágica); termómetro; recipientes para armazenar o oleogel.

Foram produzidos quatro lotes do oleogel, contendo várias percentagens de emulsionante, e um de controlo, que consistia somente em óleo de girassol. Na tabela 4 encontram-se explicitadas as várias pesagens necessárias aos diferentes ensaios.

Tabela 4: Diferentes massas pesadas de emulsionante e óleo de girassol, para os 5 ensaios realizados

% Emulsionante	Emulsionante (g)	Óleo de Girassol (kg)
0	0	2
2	40	1,96
5	100	1,90
10	200	1,80
15	300	1,70

De seguida, para todos os ensaios, realizaram-se os passos subsequentes:

1. Aquecer a gordura a 80 °C;
2. Juntar o emulsionante;
3. Misturar durante 5 minutos, ou até homogeneizar;
4. Retirar uma amostra para análise a quente;
5. Armazenar em copos de 200 mL (cerca de 10 copos);
6. Arrefecer até cristalizar à temperatura ambiente;

7. Armazenar metade das amostras no frio e a outra metade à temperatura ambiente, durante 24 h; Não esquecer de identificar cada copo.

3.2.2 Oleogéis de Azeite

Os materiais para a produção do oleogel com azeite foram, semelhante ao ponto anterior, azeite da marca Pingo Doce; emulsionante de monoglicéridos (E471) em várias percentagens; placa de aquecimento; panela de cozinha / recipiente adequado para aquecer a gordura; um instrumento de vórtex (neste caso, foi utilizada uma varinha mágica); termómetro; recipientes para armazenar o oleogel.

Foram produzidos quatro lotes do oleogel de azeite, contendo várias percentagens de emulsionante, e um de controlo, que consistia, também como anteriormente, em azeite. Na tabela 5 encontram-se explicitadas as várias pesagens necessárias aos diferentes ensaios.

Tabela 5: Diferentes massas pesadas de emulsionante e azeite, para os 5 ensaios realizados

% Emulsionante	Emulsionante (g)	Azeite (kg)
0	0	2
2	40	1,96
5	100	1,90
10	200	1,80
15	300	1,70

Com efeito, e tal como no protocolo do oleogel de óleo de girassol, para todos os ensaios, realizaram-se os seguintes passos:

1. Aquecer a gordura a 80 °C;
2. Juntar o emulsionante;
3. Misturar durante 5 minutos, ou até homogeneizar;
4. Retirar uma amostra para análise a quente;
5. Armazenar em copos de 200 mL (cerca de 10 copos);
6. Arrefecer até cristalizar à temperatura ambiente;

7. Armazenar metade das amostras no frio e a outra metade à temperatura ambiente, durante 24 h; Não esquecer de identificar cada copo.

Por fim, os oleogéis de ambas as gorduras vegetais foram analisados a frio, após um dia de repouso, com base no protocolo de seguida exposto.

3.2.3 Análise dos Oleogéis

Com os oleogéis preparados, é necessário proceder à análise das suas características, tais como a textura; cor; reversibilidade; estabilidade e, por fim, a possível reprodutibilidade do método avaliado.

Com efeito, no que concerne ao estudo da textura dos produtos obtidos, foi analisada a fluidez, tendo em conta o método análogo ao descrito previamente, a quente (imediatamente após o fabrico); a frio (após 24 h de repouso), sendo que uma das amostras se encontrava à temperatura ambiente (cerca de 25 °C) e a outra armazenada no frigorífico (5 °C). Os resultados analíticos que serão apresentados consistem na média aritmética de três valores de fluidez medidos.

Nesta etapa, a separação de fases também foi tida em conta para os diferentes ensaios, tal como o tempo de cristalização *versus* quantidade de emulsionante presente na composição. Por fim, foi avaliada a hipótese da temperatura de armazenamento apresentar um fator decisivo nas características do oleogel.

De seguida, a cor e opacidade dos produtos foram examinados, igualmente a quente; à temperatura ambiente (24 h) e a frio (24 h).

Já no que respeita ao estudo da reversibilidade, esta foi determinada a partir do reaquecimento de uma amostra do oleogel produzido. Este processo realizou-se a duas temperaturas distintas: a 80 °C (correspondendo à temperatura do processo inicial) e aquecido à temperatura de fusão. Em seguida, analisou-se, mais uma vez, as propriedades supramencionadas (cor e textura, a quente e frio), e, também, a influência que a temperatura de reaquecimento apresentou sobre o produto final.

A estabilidade foi avaliada ao longo de, aproximadamente, dois meses e consistia, somente, na análise do aspeto visual das amostras (que foram armazenadas à parte das restantes, de modo a não ter influências externas), tal como a verificação da separação de fases, alterações de cor, cheiro, entre outros.

Por fim, a reprodutibilidade do processo baseou-se, essencialmente, na repetição dos ensaios originais, seguindo exatamente o mesmo protocolo. O objetivo seria, assim, avaliar se o processo de produção de oleogéis descrito é passível de reprodução e, futuramente, aplicação em larga escala. Tal como realizado aos ensaios originais, estas novas amostras também foram submetidas aos mesmos

testes laboratoriais, descritos anteriormente. Todavia, como o projeto se encontrava inserido num intervalo de tempo curto e, igualmente, com vista à redução dos custos totais da parte experimental realizada, foi decidido ajustar alguns passos em alguns procedimentos originais, com o propósito de verificar se determinada alteração realizada contribuía positivamente para o resultado final do ensaio.

3.3 Seleção do Oleogel para Aplicação em Cremes de Chocolate

Com vista à continuação do projeto, o próximo passo consistiu, resumidamente, na escolha do oleogel que aparentou ser o mais promissor para uma futura aplicação. Esta etapa centrou-se, fundamentalmente, na análise dos resultados obtidos, que serão prontamente divulgados no capítulo subsequente.

Sendo assim, os critérios de escolha do oleogel foram, sobretudo, a sua estabilidade; a separação de fases; cor / aspeto; consistência e relação preço / qualidade. Uma vez que é necessário reduzir custos de produção, a escolha do oleogel tem de ser o que apresentou as melhores características, porém sem uma grande quantidade de emulsionante. Com efeito, foi selecionado o produto que apresentou uma consistência agradável, semelhante a produtos de barrar, e ao mesmo tempo com quase nenhuma separação de fases. Infelizmente, devido à cronologia do projeto, não foi possível avaliar a estabilidade do oleogel *a priori* da sua escolha, uma vez que não havia tempo suficiente para este teste.

3.4 Produção de Cremes de Chocolate com o Oleogel de Óleo de Girassol

Finalmente, o último passo dos testes laboratoriais consistiu na produção de um creme de chocolate para barrar, contendo o oleogel selecionado, como alternativa às gorduras de palma e gorduras hidrogenadas.

Este procedimento consistiu na mistura de uma base de cremes de chocolate com o oleogel selecionado (óleo de girassol com emulsionante a 10 % - consultar explicação desta escolha no capítulo 4), em várias percentagens diferentes.

Os materiais necessários para esta etapa foram 2,5 kg do oleogel; 17 kg da base de creme de chocolate; 1 kg de gordura de palma; misturadora; copos para armazenamento. Foram produzidos 2 kg

de produto, para cada ensaio, pois a misturadora utilizada requeria essa quantidade mínima para o seu correto funcionamento.

O seguinte protocolo experimental foi baseado no artigo científico da autoria de Bascuas, *et al.*, com o título "*Structural and sensory studies on chocolate spreads with hydrocolloid-based oleogels as a fat alternative*".

Nas seguintes tabelas, encontram-se as massas para cada componente utilizado:

Tabela 6: Diferentes massas pesadas de oleogel e da base de creme de chocolate, para os 5 ensaios realizados

% Oleogel	Oleogel (g)	Base de Creme de Chocolate (kg)
0	0	2
5	100	1,90
10	200	1,80
15	300	1,70
20	400	1,60

Tabela 7: Diferentes massas pesadas de óleo de palma e da base de creme de chocolate, para os 5 ensaios realizados

% Óleo de Palma	Óleo de Palma (g)	Base de Creme de Chocolate (kg)
0	0	2
5	100	1,90
10	200	1,80
15	300	1,70
20	400	1,60

O produto utilizado como controlo foi apenas a base do creme de chocolate, que foi submetido ao mesmo processo, que a seguir será descrito:

1. Preparar / etiquetar copos de armazenamento;

2. Em constante agitação, misturar a base de chocolate / base de chocolate + oleogel / base de chocolate + óleo de palma, à temperatura ambiente, da seguinte forma: 3 min à velocidade mínima; 2 min à velocidade intermédia; 1 min à velocidade máxima;
3. Retirar uma amostra para análise a quente;
4. Armazenar algumas amostras à temperatura ambiente e as restantes no frio (5 °C);
5. Analisar após 24 h de repouso.

Análise dos Cremes de Chocolates Produzidos: Analogamente aos testes realizados para os oleogéis, nesta análise também foram estudadas as mesmas características, tais como a textura; cor; aroma; sabor; fluidez e estabilidade.

4 Apresentação e Discussão dos Resultados

No capítulo subsequente serão discriminados e, posteriormente, discutidos os resultados obtidos, no decorrer do projeto realizado.

Os dados apresentados de seguida foram devidamente tratados, com vista ao acompanhamento do projeto e à percepção das alterações, em decorrência dos ajustes e experiências que foram realizados.

4.1 Estudo das Gorduras de Palma

Com efeito, como mencionado no capítulo precedente, a parte experimental do projeto foi iniciada com o estudo das gorduras de palma, fornecidas pela empresa Vandemoortele.

Os testes realizados consistiram na caracterização visual da gordura, nomeadamente a sua cor; aspeto; estado físico à temperatura ambiente e cheiro. De seguida, foi medida a fluidez do óleo de palma, com o recurso a um instrumento apropriado para o efeito. Nesta etapa não se mediu a fluidez da gordura de palma, uma vez que, como se encontra no estado sólido à temperatura a que o teste foi realizado (temperatura ambiente), não há necessidade de a submeter ao teste. Por fim, foi determinado o ponto de fusão de ambas as substâncias. Os resultados encontram-se, de seguida, exibidos.

As seguintes figuras ilustram as duas gorduras utilizadas no projeto. A imagem 7 é a gordura de palma e a imagem 8 retrata o óleo de palma. As fotografias foram ambas obtidas com recurso ao uso da *internet*, pois não houve possibilidade de fotografar as substâncias utilizadas.



Figura 7: Gordura de palma.⁹

⁹Retirado de: Essential Wholesale and Labs (2023). *Moving Away From Palm Oil*. Retrieved 21/03/2023, from <https://blog.essentialwholesale.com/moving-away-from-palm-oil/>.



Figura 8: Óleo de palma.¹⁰

Como é possível observar na figura 7, a gordura de palma (fração sólida) é esbranquiçada e encontra-se no estado sólido à temperatura ambiente. Esta substância é, também, suave ao toque e inodora.

Já o óleo de palma, exemplificado pela figura 8 é alaranjado / âmbar e possui ligeiras substâncias esbranquiçadas (que correspondem a partes da gordura de palma que estão a solidificar), no entanto, quando é congelado, torna-se amarelado. É líquido à temperatura ambiente e, tal como a gordura anterior, não possui qualquer aroma.

Na seguinte tabela, encontram-se os resultados obtidos da fluidez e da temperatura de fusão que foram obtidos.

Tabela 8: Resultados obtidos da fluidez e temperatura de fusão, para o óleo e gordura de palma. Os valores são fruto de apenas uma medição efetuada

	Fluidez (s)	Temperatura de Fusão (°C)
Óleo de Palma	3	23
Gordura de Palma	-	70

Os resultados presentes na tabela 8 evidenciam o enunciado anteriormente, tanto recorrendo ao valor obtido para a fluidez do óleo de palma - 3 s que demorou a percorrer os 30 cm do instrumento de medição, o que mostra, claramente, que se encontra no estado líquido à temperatura de manuseio. Este dado é, mais uma vez, comprovado, também, pelo valor do ponto de fusão, que rondou cerca de 23 °C, ou seja, líquido à temperatura ambiente.

¹⁰Retirado de: Shreeves (2023). *What You Need to Know About Palm Oil*. Retrieved 21/03/2023, from <https://www.treehugger.com/palm-oil-facts-4868300>.

Já a gordura de palma está claramente no estado sólido, uma vez que, observando a tabela, nota-se que a sua temperatura de fusão é substancialmente mais elevada do que o óleo de palma.

4.2 Produção dos Oleogéis

Em seguida, deu-se início ao estudo dos oleogéis e, conseqüentemente, à sua produção. Como referido no capítulo precedente, foram realizados dois oleogéis distintos, sendo um de óleo de girassol e outro de azeite.

Os oleogéis foram estudados com o intuito de serem uma alternativa à utilização de gorduras de palma, para aplicação em cremes para barrar.

Nas seções subsequentes serão apresentados e discutidos os resultados obtidos nesta etapa do projeto em análise.

4.2.1 Oleogel de Óleo de Girassol

Os oleogéis de girassol foram preparados seguindo o protocolo explícito no capítulo terceiro. Foram produzidos quatro lotes, contendo diferentes percentagens do emulsionante escolhido, com vista ao estudo do efeito que este último poderia apresentar nas características físico-químicas do produto final.

4.2.1.1 Resultados Analíticos

De seguida, os resultados obtidos da preparação e estudo dos oleogéis produzidos com óleo de girassol serão divulgados, iniciando-se com o estudo da fluidez dos produtos desenvolvidos.

Os resultados da fluidez de todos os ensaios que foram realizados nesta etapa podem ser observados na seguinte representação gráfica, que, posteriormente, será detalhada e analisada individualmente.

A figura 9 detalha a variação de fluidez, conforme a percentagem de emulsionante avaliada. Esta representação gráfica, ao juntar todos os ensaios e repetições realizadas, torna-se útil na medida em que potencia a rápida visualização do efeito do emulsionante na característica em análise de momento, bem como a reprodutibilidade do método. Como é possível observar na imagem, todas as curvas apresentam um comportamento semelhante, o que poderá significar que o método foi corretamente realizado e tem a capacidade de ser produzido mais vezes.

Na tabela 13 encontram-se as medições da fluidez para a primeira produção do oleogel de óleo girassol, tendo em conta as diferentes percentagens de emulsionante avaliadas, bem como para os testes de reaquecimento posteriormente efetuados.

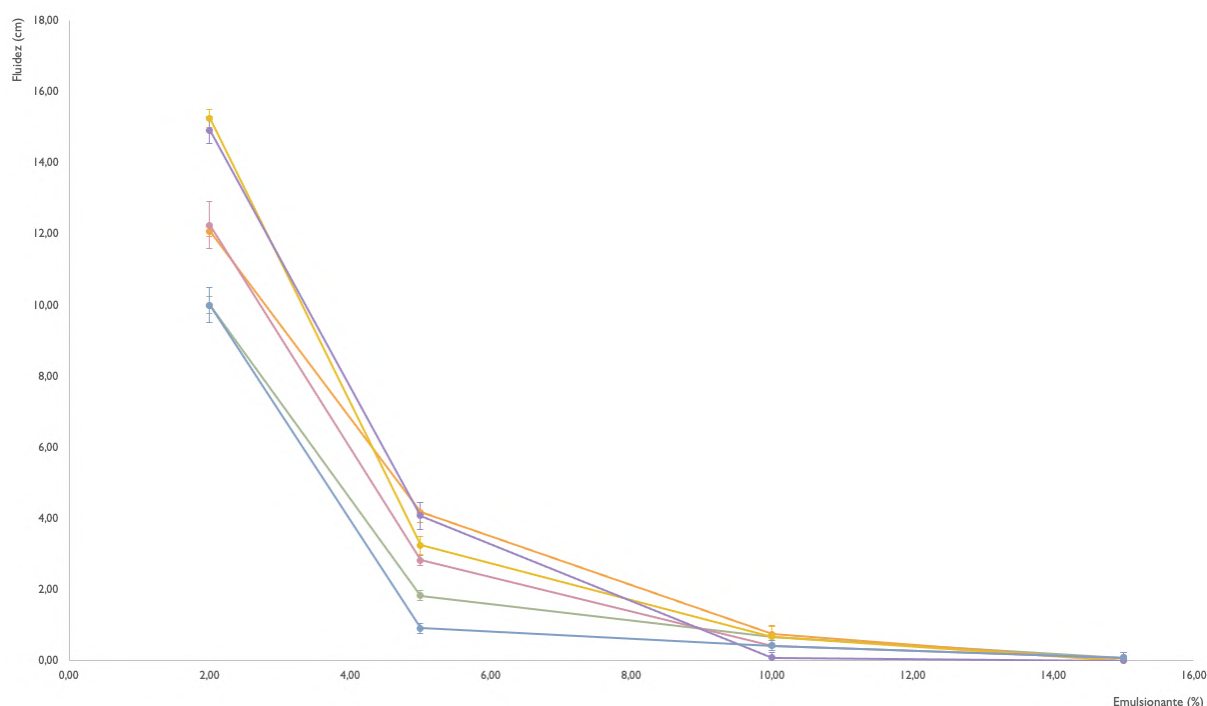


Figura 9: Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para as duas produções do oleogel de óleo de girassol. **Legenda:** Verde - 1ª Versão (T. Amb); Laranja - 1ª Versão (Frio); Amarelo - 1ª Versão (Reaquecimento); Cor-de-rosa - 2ª Versão (T. Amb); Roxo - 2ª Versão (Frio); Azul - 2ª Versão (Reaquecimento).

Tabela 9: Resultados obtidos da fluidez para a primeira produção do oleogel de óleo de girassol. Notas: As percentagens são referentes à quantidade de emulsionante presente e a letra "R" representa o oleogel reaquecido. Os valores foram determinados através da média aritmética simples de 3 medições obtidas

Fluidez (cm)								
	2 %	2 % R.	5 %	5 % R.	10 %	10 % R.	15 %	15 % R.
Quente (s)	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	3,67 ± 0,58	2,00 ± 0,00
Temp. Ambiente (24 h)	10,00 ± 0,25	15,25 ± 0,66	1,83 ± 0,14	3,25 ± 0,25	0,67 ± 0,29	0,67 ± 0,29	0,08 ± 0,14	0
Frio (24 h)	12,08 ± 0,14	11,92 ± 0,38	4,17 ± 0,29	4,50 ± 0,25	0,75 ± 0,25	0	0	0

De forma a facilitar a compreensão dos dados analíticos previamente expostos sob a forma tabelar, de seguida encontra-se o gráfico correspondente aos resultados de fluidez do primeiro ensaio da produção do oleogel de óleo de girassol.

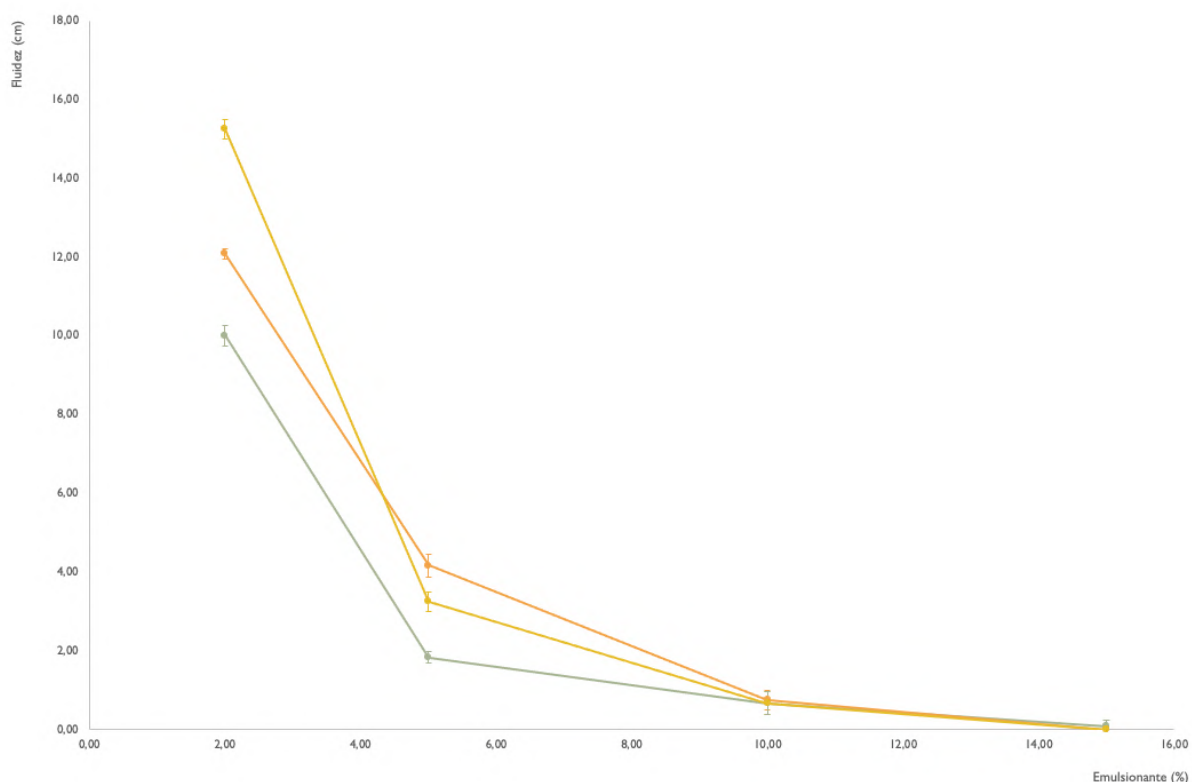


Figura 10: Variação da fluidez em função da emulsificante avaliada, para a primeira produção do oleogel de óleo de girassol. Legenda: Verde - 1ª Versão (T. Amb); Laranja - 1ª Versão (Frio); Amarelo - 1ª Versão (Reaquecimento);

No que concerne à fluidez dos produtos obtidos, esta apresenta algumas nuances e variações, que serão de seguida mencionadas. Globalmente, nota-se diferença entre as várias formas de armazenamento e, também, aquando do reaquecimento dos produtos. Todas as amostras, como seria evidente, após um dia de cura apuram uma textura mais gelatinosa, uma característica dos oleogéis, útil para aplicações futuras.

Atentando aos oleogéis com 2 % e 5 % de emulsificante, estes não revelaram um comportamento adequado, dado que a sua consistência alterou-se nas amostras armazenadas no frio. Contrariando o que seria esperado - que estes endurecesse no frio, uma vez que a gordura de girassol tem tendência a ficar mais consistente a temperaturas mais baixas -, o oleogel a 2 % e a 5 %, aquando da análise da fluidez, 24 horas após o procedimento, apresentaram-se mais fluidos. Isto poderá dever-se, talvez, a más práticas de produção, como o tempo inadequado de vórtex que acabou por não misturar completamente os dois ingredientes.

Já no que respeita ao oleogel de 10 % de emulsificante armazenado à temperatura ambiente (que oscilava entre os 22 °C e os 23 °C), este não ficou tão cremoso como os restantes, chegando mesmo a

apresentar uma textura granulada e inconsistente, pois não chegou a solidificar completamente (continha pedaços). A amostra armazenada no frigorífico revelou uma perda elevada de cremosidade, quando comparada aos restantes ensaios. Os erros relativos à textura e consistência podem dever-se a uma má prática do procedimento - talvez ainda não tivesse atingido a temperatura necessária para vórtex ou o tempo de agitação, para esta percentagem de emulsionante, não tenha sido o suficiente para uma correta mistura.

No que consta ao reaquecimento deste ensaio, este foi realizado até à temperatura de produção destas amostras (a 80 °C). Com efeito, notou-se uma diferença grande entre o oleogel de 2 % e 5 % de emulsionante, sendo que o primeiro apresentou-se extremamente mais fluido em comparação com o segundo.

Já o oleogel com 10 % de emulsionante melhorou significativamente a sua textura, desaparecendo alguns dos grânulos previamente existentes - nesta amostra, o reaquecimento ajudou no melhoramento do produto, o que poderá indicar que houve algum erro no primeiro procedimento deste ensaio, provavelmente no que toca à temperatura de fabrico utilizada.

Por fim, o oleogel de 15 % de girassol ficou completamente arruinado aquando do seu reaquecimento. Ficou bastante duro, seco e aos pedaços.

Reprodutibilidade do método: Na seguinte tabela encontram-se as medições da fluidez para a segunda produção do oleogel de óleo de girassol, tendo em conta as diferentes percentagens de emulsionante avaliadas, bem como para os testes de reaquecimento posteriormente efetuados.

Tabela 10: Resultados obtidos da fluidez para a segunda produção do oleogel de óleo de girassol. Notas: As percentagens são referentes à quantidade de emulsionante presente e a letra "R" representa o oleogel reaquecido. Os valores foram determinados através da média aritmética simples de 3 medições obtidas

Fluidez (cm)								
	2 %	2 % R.	5 %	5 % R.	10 %	10 % R.	15 %	15 % R.
Quente (s)	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00
Temp. Ambiente (24 h)	12,25 ± 0,66	10,00 ± 0,50	2,83 ± 0,14	0,92 ± 0,14	0,42 ± 0,14	0,42 ± 0,14	0,08 ± 0,14	0,08 ± 0,14
Frio (24 h)	14,92 ± 0,38	11,50 ± 0,43	4,08 ± 0,29	1,42 ± 0,14	0,08 ± 0,14	0	0	0

De forma a facilitar a compreensão dos dados analíticos previamente expostos sob a forma tabelar, de seguida encontra-se o gráfico correspondente aos resultados de fluidez do segundo ensaio da produção do oleogel de óleo de girassol.

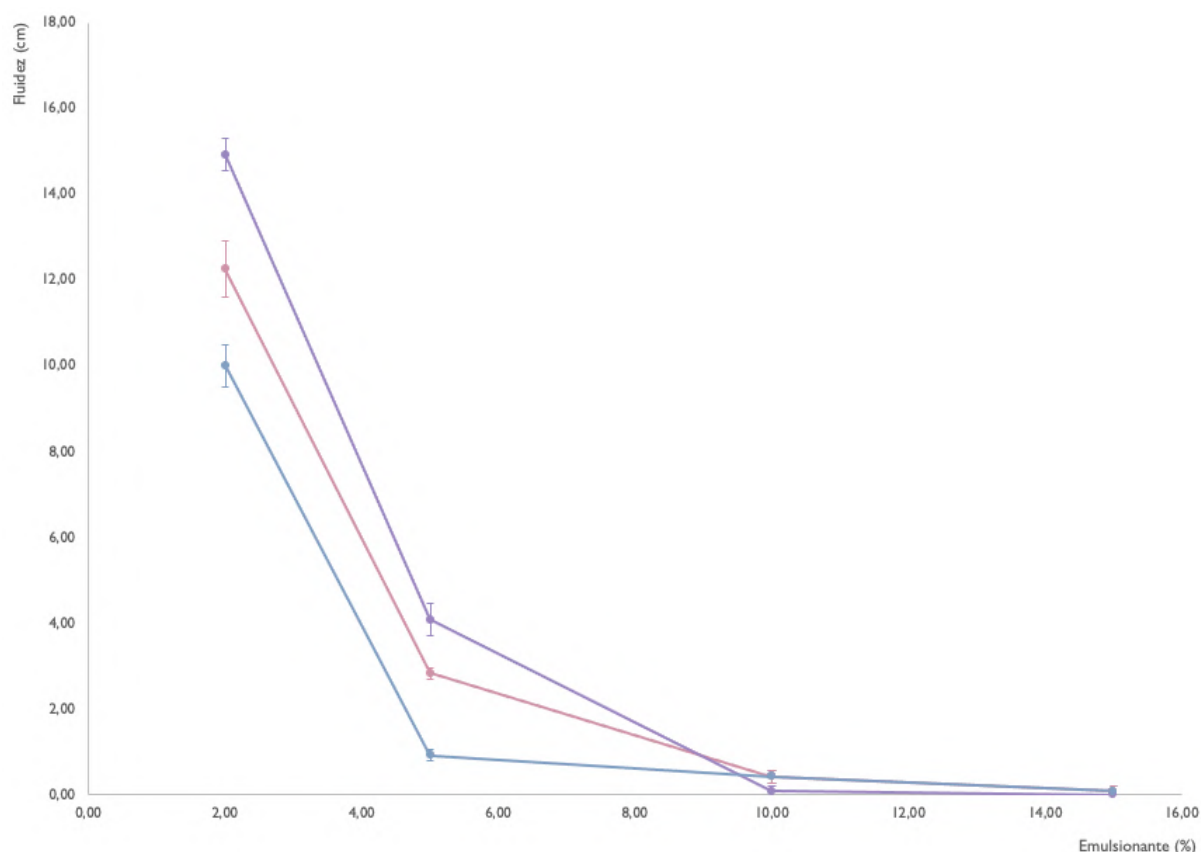


Figura 11: Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para a segunda produção do oleogel de óleo de girassol. **Legenda:** Cor-de-rosa - 2ª Versão (T. Amb); Roxo - 2ª Versão (Frio); Azul - 2ª Versão (Reaquecimento).

Tal como no primeiro ensaio, globalmente, as amostras tornam-se mais sólidas e consistentes, conforme o aumento da quantidade de emulsionante adicionada, e também se nota diferença entre as várias formas de armazenamento assim como do reaquecimento dos produtos. As amostras, igualmente ao primeiro ensaio, evidenciam a sua textura em gel conforme o tempo de repouso.

Atentando ao oleogel com 5 % de emulsionante, este apresentou uma textura granulada, tal e qual o 1º ensaio de 10 %. Igualmente, poderá dever-se, talvez, a más práticas de produção, como o tempo inadequado de vórtex que acabou por não misturar completamente os dois ingredientes.

Já no que respeita ao oleogel de 10 % de emulsionante onde foram detetados problemas na textura do primeiro ensaio, esta repetição foi feita de uma maneira ligeiramente diferente. Numa tentativa de evitar a textura granulada, foi decidido aumentar o tempo de vórtex do procedimento - mesmo que, numa primeira avaliação, a temperatura fosse o fator mais preponderante na determinação deste mau resultado inicial, decidiu-se que seria melhor e mais confiável manter a temperatura de produção igual (no entanto controlar muito bem para não deixar escapar o ideal) e aumentar o tempo de mistura. Esta alteração

foi fruto de resultados bastante positivos, uma vez que este produto apresentou uma textura bem mais cremosa e sem grumos.

Por fim, o oleogel de 15 % não ficou tão agradável ao toque como a primeira produção.

No que consta ao reaquecimento deste ensaio, este foi realizado apenas até à temperatura de fusão destas amostras, uma vez que, na primeira produção, houve alterações significativas na qualidade dos produtos reaquecidos. Com efeito, não se notaram diferenças visíveis entre as amostras iniciais do 2º ensaio e as amostras reaquecidas - apenas ficaram ligeiramente mais duros. Não foram desenvolvidos grumos ou grânulos detetáveis em nenhuma das amostras avaliadas, o que revela ser um aspeto extremamente positivo e favorecedor desta forma de reaquecimento.

Nas figuras 12 e 13 estão representados, comparativamente, a primeira e a segunda versão do oleogel em questão, tendo em conta a variação da fluidez conforme a percentagem de emulsionante aplicada, para os produtos armazenados à temperatura ambiente e para os produtos reaquecidos, respetivamente.

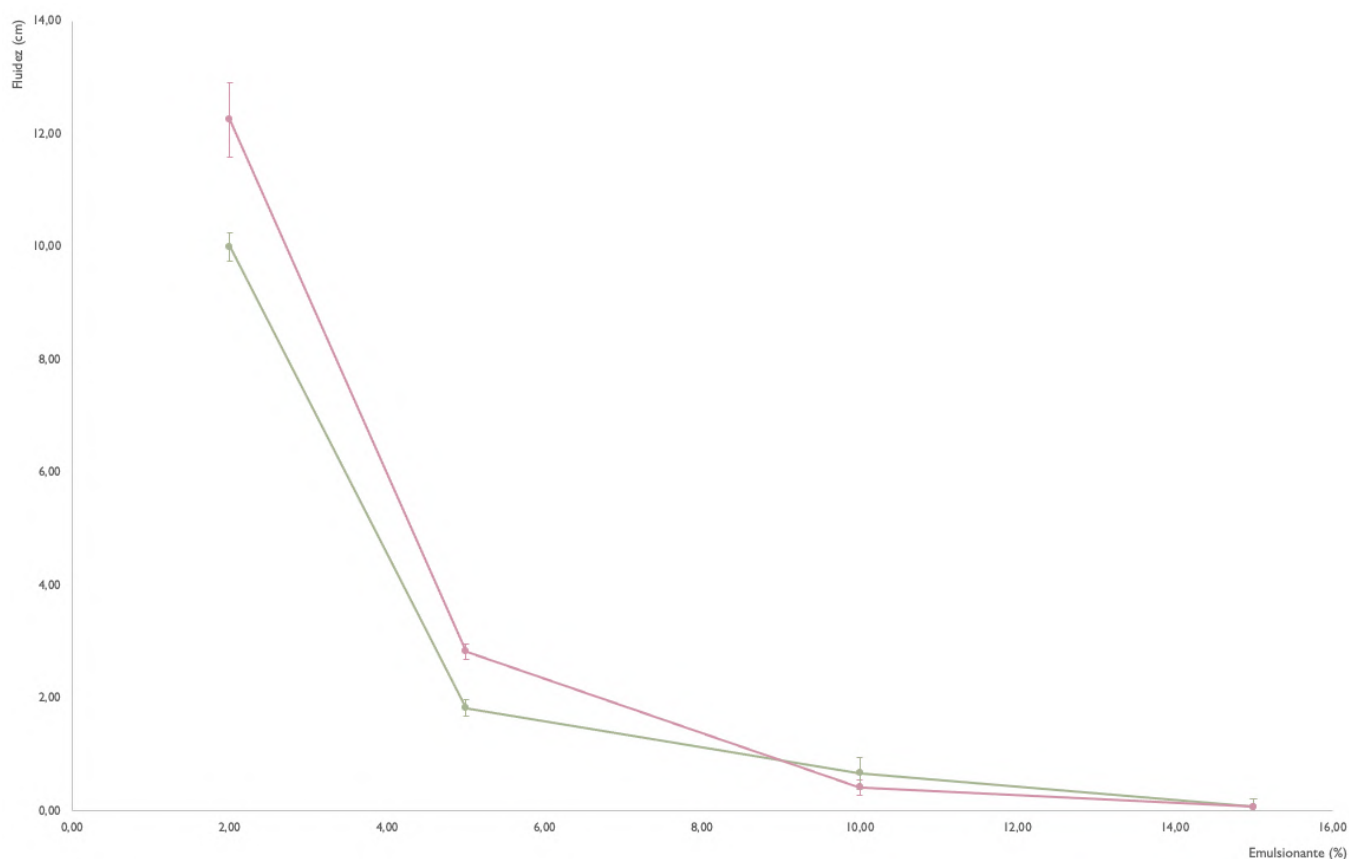


Figura 12: Variação da fluidez em função da emulsionante avaliada, para ambas as produções do oleogel de óleo de girassol, armazenado à temperatura ambiente. **Legenda:** Verde - 1ª Versão (T. Amb); Cor-de-rosa - 2ª Versão (T. Amb).

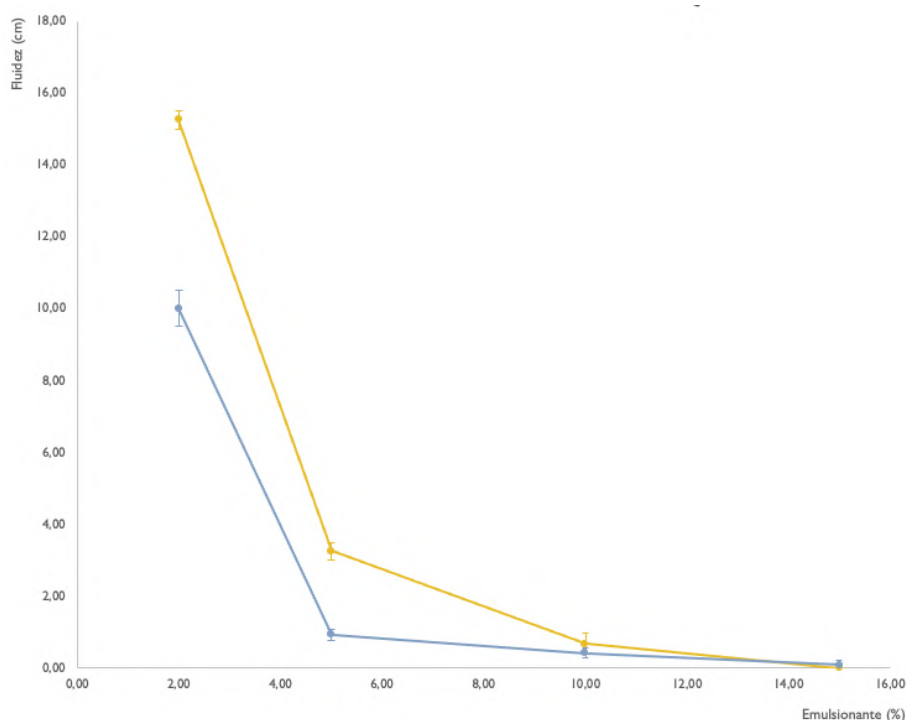


Figura 13: Variação da fluidez em função da porcentagem de emulsionante avaliada, para ambas as produções do oleogel de óleo de girassol, submetidos ao processo de reaquecimento. **Legenda:** Amarelo - 1ª Versão (Reaquecimento); Azul - 2ª Versão (Reaquecimento).

Analisando as figuras 12 e 13, percebe-se claramente que, apesar dos erros técnicos descritos nos comentários dos resultados anteriores, no geral as amostras seguiram um padrão idêntico - ficam mais consistentes conforme o aumento de emulsionante adicionado, bem como com a diminuição da temperatura de armazenamento. É importante notar que, apesar de não ter sido explicitado, as amostras também endureceram mais um pouco conforme o passar do tempo (de aproximadamente dois meses de estudo).

Por fim, na tabela 11, estão explícitos os vários pontos de fusão determinados para as duas produções do oleogel em questão, tendo em conta a porcentagem de emulsionante estudado.

Tabela 11: Resultados obtidos do ponto de fusão, para o oleogel de óleo de girassol. No estudo do ponto de fusão apenas foi medido uma vez

Ponto de Fusão (°C)				
	2 %	5 %	10 %	15 %
1ª Produção	50	62	63	78
2ª Produção	64	69	72,5	87

De forma a facilitar a compreensão dos dados analíticos previamente expostos sob a forma tabelar, de seguida encontra-se o gráfico correspondente aos resultados do ponto de fusão de ambos os ensaios da produção do oleogel de óleo de girassol.

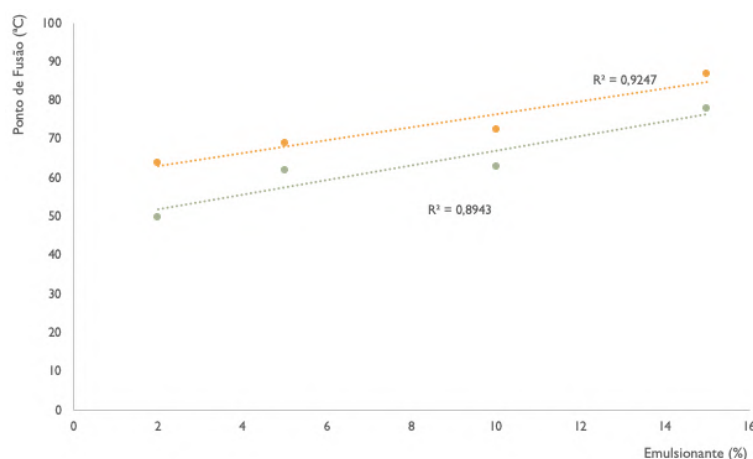


Figura 14: Variação do ponto de fusão em função da percentagem de emulsionante avaliada, para ambas as produções do oleogel de óleo de girassol. **Legenda:** Verde - 1ª Versão; Amarelo - 2ª Versão.

Como seria esperado, o ponto de fusão acompanhou o aumento da quantidade adicionada de emulsionante. No entanto é possível notar algumas variações, o que poderá indicar que ocorreu algum erro de produção - *i. e.* um controlo errado da temperatura de fabrico ou mesmo má realização da mistura pretendida ; ou mesmo o ponto de fusão do produto em questão não aparenta ter uma relação linear com a concentração de emulsionante - um estudo detalhado sobre esta característica deveria ser realizado, de modo a serem obtidas respostas concisas e diretas.

4.2.1.2 Produção dos Oleogéis de Óleo de Girassol

1. Primeira Produção

De forma a dar início à apresentação dos resultados, o primeiro conjunto de imagens são os oleogéis, um dia após a sua produção, para análise a "frio". Com efeito, de seguida encontram-se as fotografias dos respetivos oleogéis, após o repouso recomendado.



Figura 15: Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 2 %, 24 h após produção.

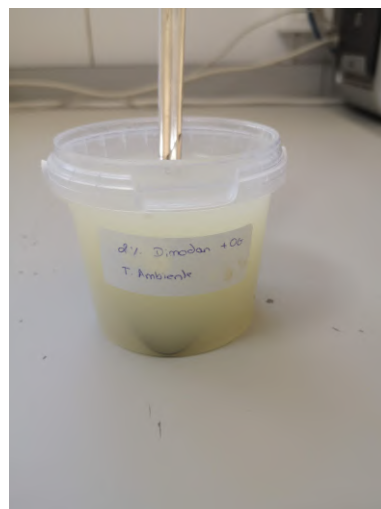


Figura 16: Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 2 %, 24 h após produção.



Figura 17: Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 5 %, 24 h após produção.

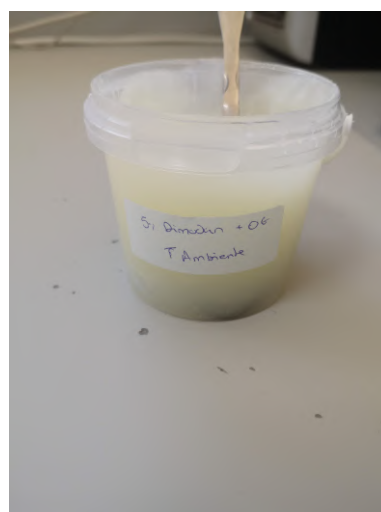


Figura 18: Oleogel de óleo de girassol com emulsionante a 5 %, 24 h após produção.

Atentando aos oleogéis com 2 % e 5 % de emulsionante, como foi evidenciado com resultados analíticos, estes não revelaram um comportamento adequado, dado que a sua consistência alterou-se na amostra armazenada no frio. Isto poderá ser visualizado nas figuras precedentes.



Figura 19: Oleogel de óleo de girassol com emulsificante a 10 %, 24 h após produção.



Figura 20: Oleogel de óleo de girassol com emulsificante a 10 %, 24 h após produção.

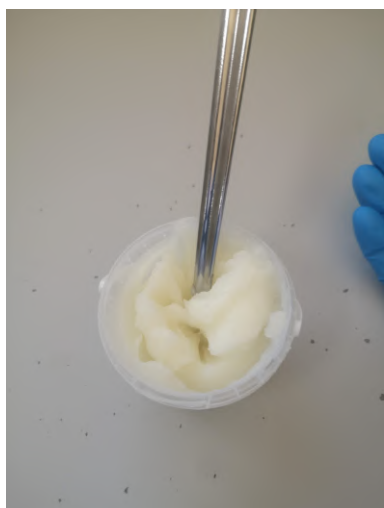


Figura 21: Oleogel de óleo de girassol com emulsificante a 15 %, 24 h após produção.

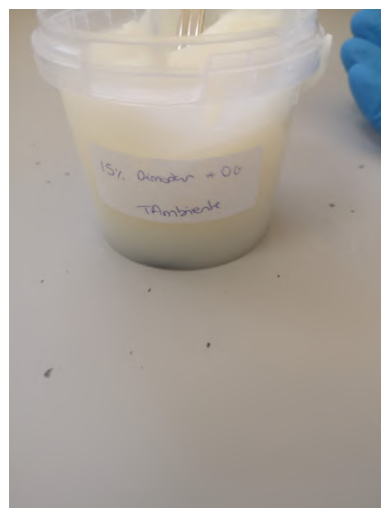


Figura 22: Oleogel de óleo de girassol com emulsificante a 15 %, 24 h após produção.

Como foi dito na discussão dos resultados analíticos, no que respeita ao oleogel de 10 % de emulsificante armazenado à temperatura ambiente (que oscilava entre os 22 °C e os 23 °C), este não ficou tão cremoso como os restantes, chegando mesmo a apresentar uma textura granulada e inconsistente, pois não chegou a solidificar completamente (continha pedaços). Como é possível ver nas figuras 19 e 20, este contém uma textura inadequada para uso posterior.

Comparação: De modo a que se obtenha uma percepção mais simples e exata de todos os oleogéis de óleo de girassol produzidos, num primeiro ensaio / teste, de seguida encontra-se uma fotografia de

todos os produtos realizados espalhados num prato branco.



Figura 23: Comparação entre os vários oleogéis espalhados num prato.

Na figura 23 é possível, ainda, visualizar uma comparação entre as amostras armazenadas à temperatura ambiente com os produtos guardados no frio. Com efeito, nota-se que os mais frescos aparentam ter uma textura mais consistente e rija, mesmo não sendo isso que se verificou analiticamente. É, igualmente, de importância notar que o oleogel com 10 % de emulsionante é o que detém um pior aspeto, parecendo granulado e aos pedaços.

Por fim, é fácil constatar que a cor do oleogel de óleo de girassol é esbranquiçada, tornando-se mais opaca com a adição do emulsionante.

Reaquecimento: A seguinte etapa na produção e estudo dos oleogéis em questão foi avaliar a sua capacidade de reaquecimento. As fotografias seguintes ilustram esta fase.



Figura 24: Reaquecimento do oleogel de óleo de girassol com 2 % de emulsionante (baixo) *versus* oleogel inicial (cima).



Figura 25: Reaquecimento do oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsionante (baixo) *versus* oleogel inicial (cima).



Figura 26: Reaquecimento do oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante (baixo) *versus* oleogel inicial (cima).



Figura 27: Reaquecimento do oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante (baixo) *versus* oleogel inicial (cima).



Figura 28: Comparação do reaquecimento dos quatro oleogéis de óleo de girassol produzidos. Da esquerda para a direita: 2 %; 5 %; 10 % e 15 % de emulsionante. Fila de baixo: Reaquecimento; Fila de cima: Oleogel inicial.

No que consta ao reaquecimento deste ensaio, este foi realizado até à temperatura de produção destas amostras. Com efeito, para concluir os resultados analíticos, é possível verificar que o oleogel de 2 % de emulsionante apresenta-se bem mais fluido em comparação com o seguinte, de 5 % de emulsionante.

No que concerne ao oleogel com 10 % de emulsionante melhorou significativamente a sua textura, desaparecendo alguns dos grânulos previamente existentes.

Por fim, o oleogel de 15 % de girassol ficou completamente duro, seco e aos pedaços, como é possível verificar pelas fotografias obtida.

Comparação: De modo a que se obtenha uma perceção mais simples e exata de todos os oleogéis de óleo de girassol produzidos, num primeiro ensaio / teste, de seguida encontra-se uma fotografia de todos os produtos realizados espalhados num prato branco.



Figura 29: Comparação entre o reaquecimento dos vários oleogéis, com a versão inicial, espalhados num prato.

Analisando esta figura, é evidente que houve bastantes alterações a nível textural, após o reaquecimento até à temperatura de produção dos oleogéis. Posto isto, não é recomendável que se proceda ao seu aquecimento até temperaturas tão elevadas, sujeitando-se ao risco de perda das características vitais do que torna este produto útil e potencial substituto das gorduras de palma e hidrogenadas em produtos gordurosos ou cremes à base de chocolate.

2. Segunda Produção - Estudo da Reprodutibilidade do Método Utilizado

Em seguida, foi analisada a reprodutibilidade do método de produção que, em suma, consistiu na reprodução e repetição do protocolo experimental utilizado para a produção do primeiro lote de oleogéis. As fotografias que se encontram de seguida ilustram o resultado deste processo.

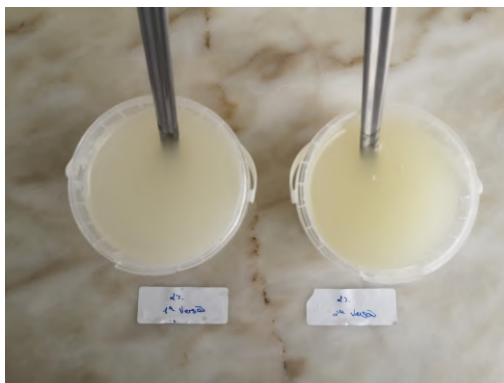


Figura 30: Segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 2 % de emulsionante



Figura 31: Comparação entre a primeira e segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 2 % de emulsionante.

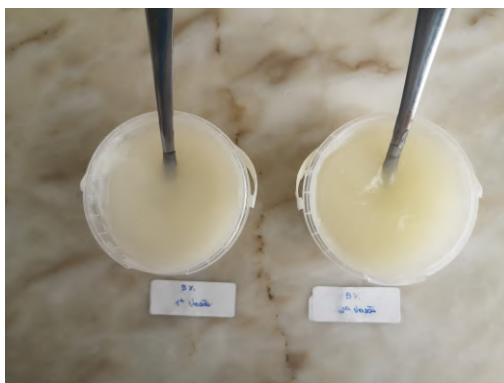


Figura 32: Segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsionante.

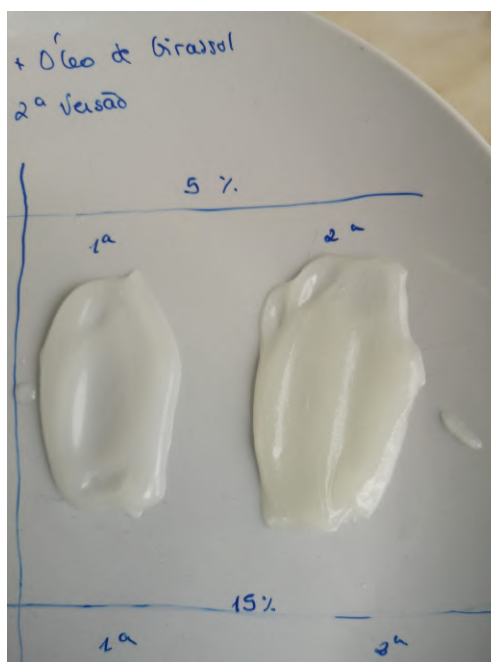


Figura 33: Comparação entre a primeira e segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsionante.

Atentando ao oleogel com 5 % de emulsionante, este apresentou uma textura granulada.

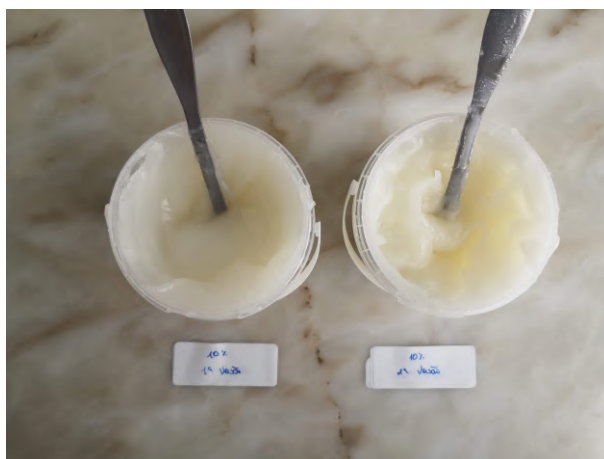


Figura 34: Segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante.



Figura 35: Comparação entre a primeira e segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante.

Já no que respeita ao oleogel de 10 % de emulsionante onde foram detetados problemas na textura do primeiro ensaio, esta repetição foi feita de uma maneira ligeiramente diferente - aumentando o tempo de vórtex da produção. Esta alteração foi fruto de resultados bastante positivos, uma vez que este produto apresentou uma textura bem mais cremosa e sem grumos - como se pode verificar.



Figura 36: Segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante.

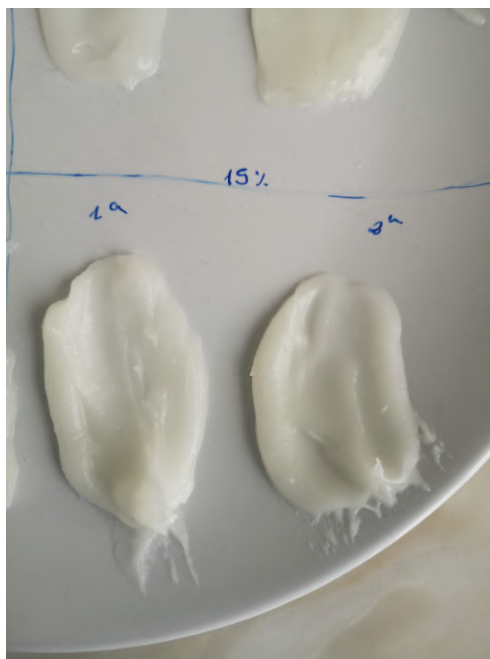


Figura 37: Comparação entre a primeira e segunda produção do oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante.

O oleogel de 15 % de emulsionante revelou-se mais duro e seco do que a primeira produção.

Comparação: De modo a que se obtenha uma perceção mais simples e exata de todos os oleogéis de óleo de girassol produzidos, num primeiro ensaio / teste, de seguida encontra-se uma fotografia de todos os produtos realizados espalhados num prato branco.



Figura 38: Comparação entre as duas versões dos vários oleogéis, espalhados num prato.

No que concerne à figura precedente, é possível notar que a textura melhorou significativamente em quase todos os oleogéis, particularmente nos que apresentavam 10 % e 15 % de emulsificante - tornaram-se mais cremosos e consistentes, ideais para usos posteriores no trabalho em questão.

Estudo da separação de fases: Por fim, seguem-se as fotografias da análise da capacidade de separação de fases dos oleogéis. Para esta etapa apenas foram estudados os primeiros oleogéis produzidos, um dia após a produção; uma semana e, finalmente, dois meses. De forma a obter resultados o mais corretos possível, as amostras foram mantidas em repouso, sem interações externas, durante todo o tempo de estudo.



Figura 39: Amostras para análise da separação de fases, um dia após a produção.

Na figura 39 estão presentes todas as amostras do primeiro lote de oleogéis produzido, tanto de azeite como de óleo de girassol, um dia após produção (armazenadas à temperatura ambiente). Para o estudo da separação de fases apenas foram consideradas amostras do primeiro ensaio de cada tipo de oleogel, avaliadas durante cerca de dois meses. Para que nada alterasse os resultados desta parte do processo, os recipientes foram armazenados à parte e apenas eram mexidos aquando da análise desta característica.



Figura 40: Oleogel de óleo de girassol com 2 % de emulsionante, uma semana após a produção.

O oleogel que contém 2 % de emulsionante apresentou uma ligeira separação de fases após uma semana, porém revertível quando agitado.



Figura 41: Oleogel de óleo de girassol com 2 % de emulsionante, dois meses após a produção.

No final da experiência é possível notar que as amostras apresentam uma quantidade bastante superior de gordura de girassol separada, o que significa que a estrutura do oleogel, pelo menos para baixas concentrações de emulsionante, não é capaz de aguentar a sua textura gelatinosa, não o tornando ideal para aplicações em cremes à base de chocolate.



Figura 42: Oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsificante, uma semana após a produção.

Após uma semana de produção do oleogel com 5 % de emulsificante verificou-se uma ligeira separação de fases, porém resolvia-se mexendo o produto.

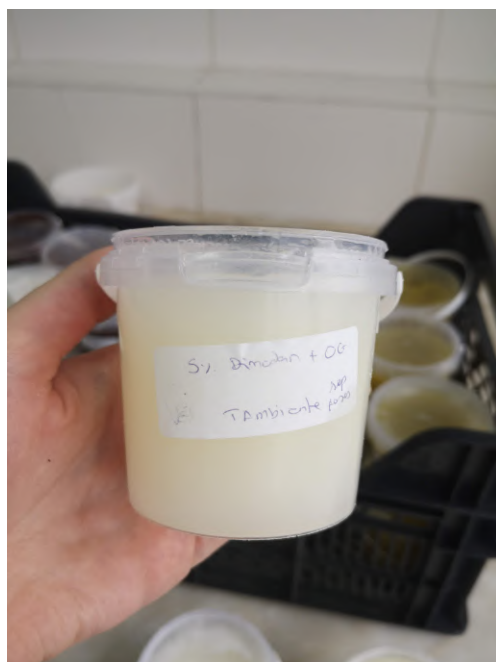


Figura 43: Oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsificante, dois meses após a produção.



Figura 44: Oleogel de óleo de girassol com 5 % de emulsificante, dois meses após a produção.

Embora haja claramente separação de fases após dois meses de repouso, nota-se que é relativamente inferior ao oleogel precedente (2 % de emulsificante).



Figura 45: Oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsificante, uma semana após a produção.

Igualmente ao produto anterior, após uma semana de produção do oleogel com 10 % de emulsificante verificou-se uma ligeira separação de fases, porém resolvia-se mexendo a amostra.



Figura 46: Oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsificante, dois meses após a produção.



Figura 47: Oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsificante, dois meses após a produção.

Já no que concerne aos resultados do oleogel com 10 % de emulsificante após dois meses, este ficou rachado, com uma considerável separação das fases (no entanto é de notar que este oleogel já acarretava problemas anteriores, por isso estes resultados poderão não corresponder à realidade).



Figura 48: Oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante, uma semana após a produção.

Este oleogel (15 % de emulsionante) não apresentou separação de fases, uma semana após produção.



Figura 49: Oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante, dois meses após a produção.



Figura 50: Oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante, dois meses após a produção.

Por fim, o oleogel com 15 % de emulsionante foi o que deteve uma menor separação da fase gordurosa, o que seria esperado visto conter mais emulsionante, fazendo com que a estrutura do oleogel se consiga manter estável por um período de tempo superior.

4.2.2 Oleogel de Azeite

Os oleogéis produzidos recorrendo ao azeite foram preparados seguindo o protocolo explícito no capítulo terceiro. Foram produzidos quatro lotes, contendo diferentes percentagens do emulsionante escolhido, com vista ao estudo do efeito que este último poderia apresentar nas características físico-químicas do produto final. Com efeito, de seguida encontram-se um conjunto de fotografias dos oleogéis produzidos.

4.2.2.1 Resultados Analíticos

Os resultados da fluidez de todos os ensaios realizados na produção do oleogel de azeite podem ser observados na seguinte representação gráfica, que, posteriormente, será detalhada e analisada individualmente.

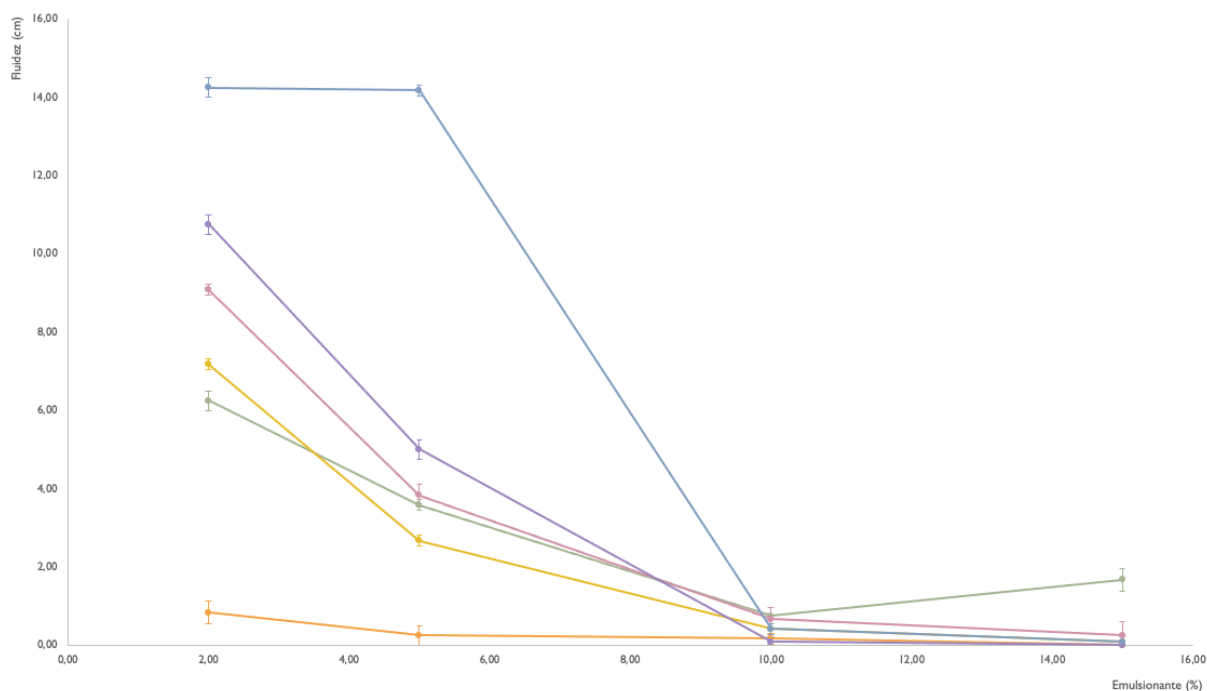


Figura 51: Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para as duas produções do oleogel de azeite. **Legenda:** Verde - 1ª Versão (T. Amb); Laranja - 1ª Versão (Frio); Amarelo - 1ª Versão (Reaquecimento); Cor-de-rosa - 2ª Versão (T. Amb); Roxo - 2ª Versão (Frio); Azul - 2ª Versão (Reaquecimento).

A figura 51, tal como a figura 9, traduz a variação de fluidez, conforme a percentagem de emulsionante avaliada. Como é possível observar na imagem, todas as curvas, à exceção do gráfico do reaquecimento da 2ª versão, apresentam um comportamento semelhante, o que poderá significar que o método foi

corretamente realizado e tem a capacidade de ser produzido mais vezes. No entanto, o reaquecimento deste oleogel não, numa primeira análise, não apresenta resultados positivos, porém este fator irá ser detalhado posteriormente.

Na seguinte tabela encontram-se as medições da fluidez para a primeira produção do oleogel de azeite, tendo em conta as diferentes percentagens de emulsionante avaliadas, bem como para os testes de reaquecimento posteriormente efetuados. A fluidez dos produtos foi medida recorrendo a um instrumento apropriado.

Tabela 12: Resultados obtidos da fluidez para a primeira produção do oleogel de azeite. Notas: As percentagens são referentes à quantidade de emulsionante presente e a letra "R" representa o oleogel reaquecido. Os valores foram determinados através da média aritmética simples de 3 medições obtidas

Fluidez (cm)								
	2 %	2 % R.	5 %	5 % R.	10 %	10 % R.	15 %	15 % R.
Quente (s)	2,67 ± 0,58	3,00 ± 0,00	2,33 ± 0,58	2,67 ± 0,58	3,00 ± 0,00	3,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	3,67 ± 0,58
Temp. Ambiente (24 h)	6,25 ± 0,25	7,17 ± 0,14	3,58 ± 0,14	2,67 ± 0,14	0,75 ± 0,00	0,42 ± 0,14	1,67 ± 0,29	0,08 ± 0,14
Frio (24 h)	0,83 ± 0,29	0,33 ± 0,29	0,25 ± 0,25	5,08 ± 0,14	0,17 ± 0,14	0,08 ± 0,14	0	0

De forma a facilitar a compreensão dos dados analíticos previamente expostos sob a forma tabelar, de seguida encontra-se o gráfico correspondente aos resultados de fluidez do primeiro ensaio da produção do oleogel de azeite.

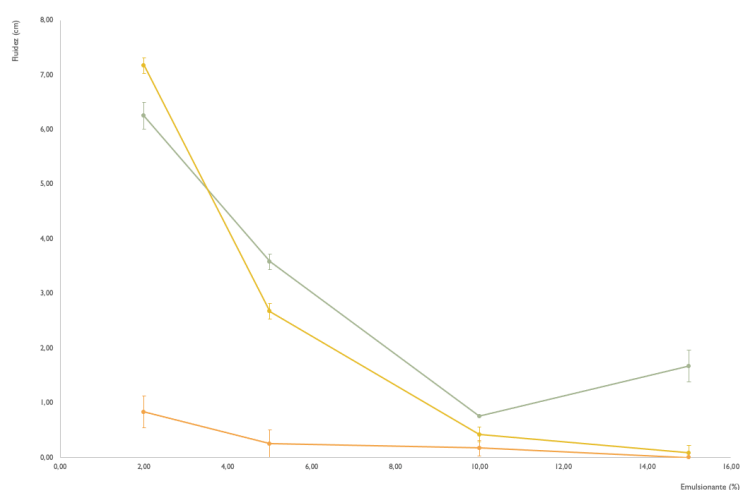


Figura 52: Variação da fluidez em função da emulsão avaliada, para a primeira produção do oleogel de azeite. Legenda: Verde - 1ª Versão (T. Amb); Laranja - 1ª Versão (Frio); Amarelo - 1ª Versão (Reaquecimento);

Com efeito, como é possível analisar pela tabela e através da figura anterior, é claro que a fluidez, no

caso dos oleogéis produzidos com azeite, apresenta variações mais agrestes do que os oleogéis de óleo de girassol. Isto poderá ser devido à composição diferente da gordura que, talvez, exigisse ligeiras adaptações ao método de produção utilizado, de modo a que melhor se adequasse à gordura em análise. Em suma, praticamente todos os testes seguiram o mesmo padrão característico: diminuição da fluidez com o aumento da concentração de emulsionante e, também, acompanhando a diminuição da temperatura.

Atentando ao oleogel com 5 % de emulsionante, esta amostra não solidificou completamente quando armazenado à temperatura ambiente (como será possível analisar nas fotografias disponíveis na próxima subsecção). O interior apresentou-se completamente líquido, e apenas o topo continha uma crosta sólida de oleogel.

Já no que respeita ao oleogel com o dobro do emulsionante, 10 %, este foi caracterizado por possuir uma textura aos grumos, estes que, todavia, desapareciam assim que o produto foi misturado com uma colher. No entanto também se obteve, porém de uma forma menos acentuada, o mesmo resultado do que o oleogel precedente - continha pedaços sólidos e alguma gordura no estado líquido ainda (referente à amostra analisada à temperatura ambiente).

Por fim, o oleogel que se destacou pela positiva neste ensaio foi, sem dúvida, o produto com 15 % de emulsionante, uma vez que apresentou uma textura cremosa e agradável, sem grumos ou grãos, totalmente solidificado à temperatura ambiente, e com uma cor bastante agradável.

No que concerne ao teste de reaquecimento do produto, apesar dos resultados seguirem o mesmo padrão descrito previamente (diminuição da fluidez com o aumento do emulsionante), todos os produtos reaquecidos neste ensaio perderam as suas características vitais. A título de exemplo, o oleogel com 5 % de emulsionante ficou extremamente duro e aos pedaços, e os seguintes (10 % e 15%) não apresentaram uma textura cremosa, como os seus originais.

Na seguinte tabela encontram-se as medições da fluidez para a segunda produção do oleogel de azeite, tendo em conta as diferentes percentagens de emulsionante avaliadas, bem como para os testes de reaquecimento posteriormente efetuados.

De forma a facilitar a compreensão dos dados analíticos previamente expostos sob a forma tabelar, de seguida encontra-se o gráfico correspondente aos resultados de fluidez do segundo ensaio da produção do oleogel de azeite.

Tabela 13: Resultados obtidos da fluidez para a segunda produção do oleogel de azeite. Notas: As percentagens são referentes à quantidade de emulsionante presente e a letra "R" representa o oleogel reaquecido. Os valores foram determinados através da média aritmética simples de 3 medições obtidas

Fluidez (cm)								
	2 %	2 % R.	5 %	5 % R.	10 %	10 % R.	15 %	15 % R.
Quente (s)	3,00 ± 0,00	2,67 ± 0,58	2,33 ± 0,58	2,33 ± 0,58	2,67 ± 0,58	3,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	3,00 ± 0,00
Temp. Ambiente (24 h)	9,08 ± 0,14	14,25 ± 0,25	3,83 ± 0,29	14,17 ± 0,14	0,67 ± 0,29	0,42 ± 0,14	0,25 ± 0,35	0,08 ± 0,14
Frio (24 h)	10,75 ± 0,25	9,33 ± 0,29	5,00 ± 0,25	4,58 ± 0,14	0,08 ± 0,14	0	0	0

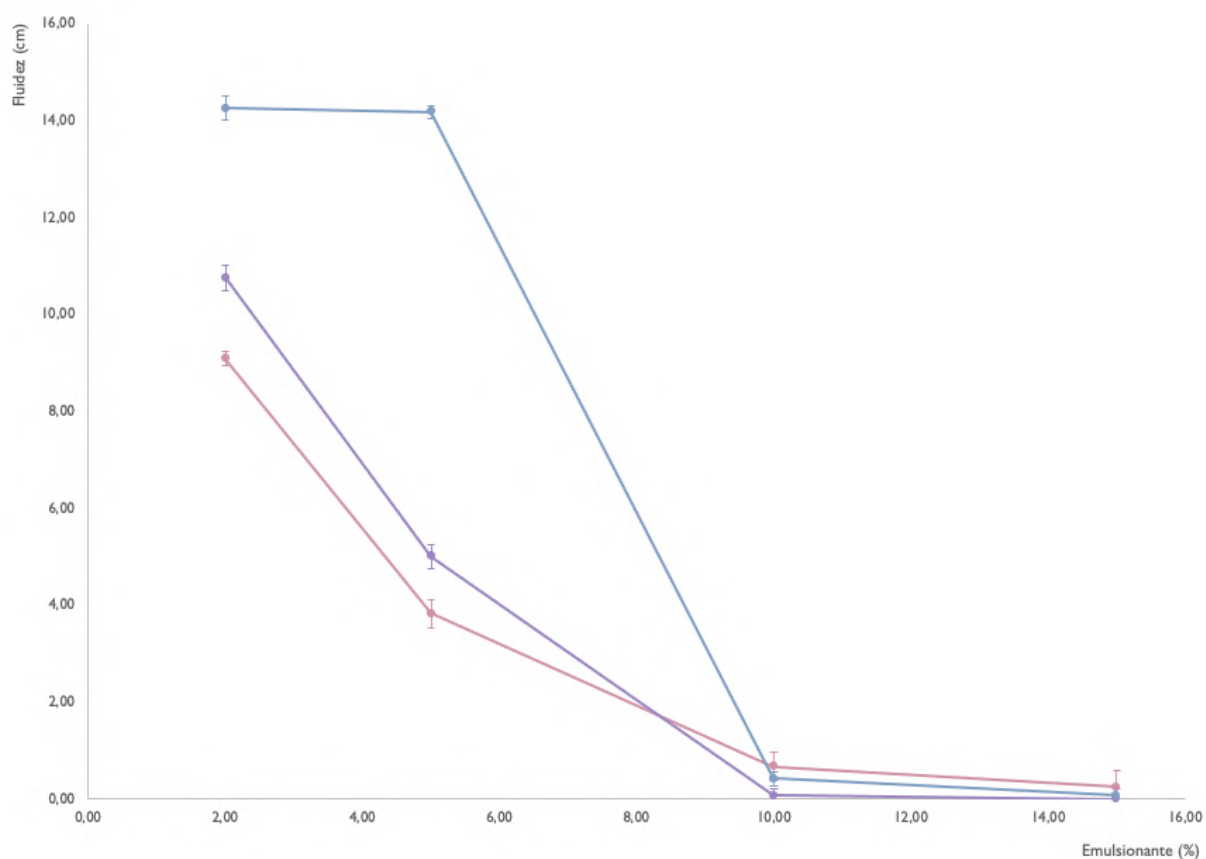


Figura 53: Variação da fluidez em função da percentagem de emulsionante avaliada, para a segunda produção do oleogel de azeite. **Legenda:** Cor-de-rosa - 2ª Versão (T. Amb); Roxo - 2ª Versão (Frio); Azul - 2ª Versão (Reaquecimento).

Nas figuras 54 e 55 estão representados comparativamente a primeira e a segunda versão do oleogel em questão, tendo em conta a variação da fluidez conforme a percentagem de emulsionante aplicada, para os produtos armazenados à temperatura ambiente e para os produtos reaquecidos, respetivamente.

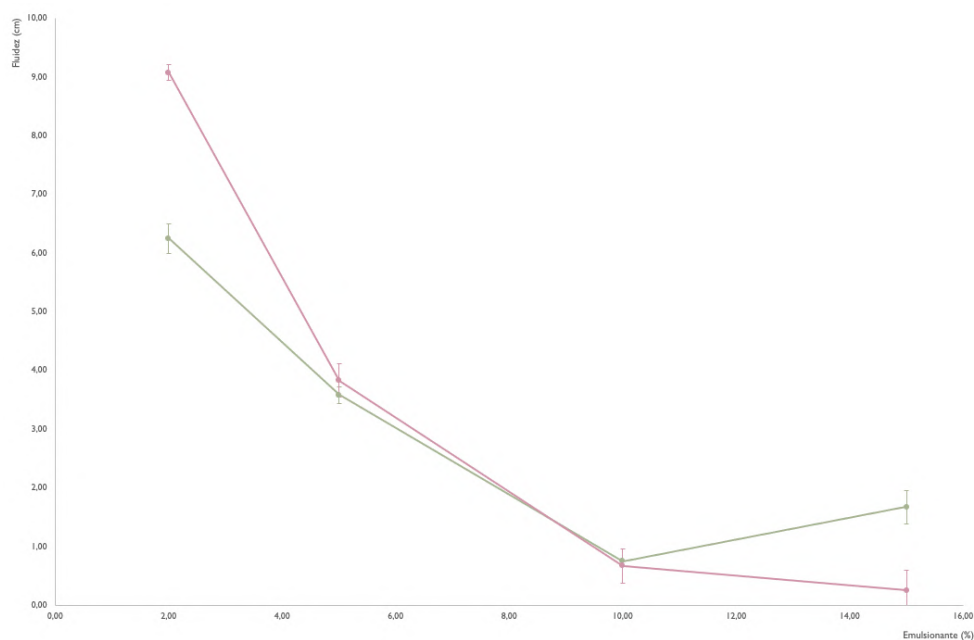


Figura 54: Variação da fluidez em função da emulsificante avaliada, para ambas as produções do oleogel de azeite, armazenado à temperatura ambiente. **Legenda:** Verde - 1ª Versão (T. Amb); Cor-de-rosa - 2ª Versão (T. Amb).

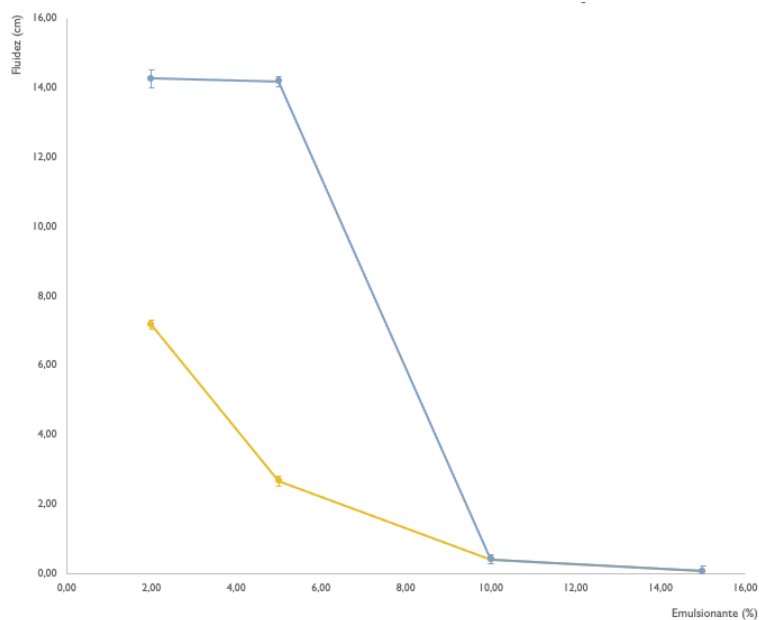


Figura 55: Variação da fluidez em função da percentagem de emulsificante avaliada, para ambas as produções do oleogel de azeite, submetidos ao processo de reaquecimento. **Legenda:** Amarelo - 1ª Versão (Reaquecimento); Azul - 2ª Versão (Reaquecimento).

Através da observação analítica do conjunto de dados anterior, é possível notar que, na segunda

produção do oleogel com azeite foi possível obter algumas diferenças, estas que nos podem dar indícios acerca da fiabilidade deste método, aquando da sua aplicação em gorduras distintas.

Por conseguinte, o oleogel com a concentração mais baixa de emulsionante ficou aos pedaços e assim permaneceu, mesmo após agitação. Já a respetiva amostra armazenada no frio ficou mais fluida do que a sua equivalente e, também, comparativamente ao primeiro ensaio.

Já no que se refere à amostra contendo 5 % de emulsionante, esta tornou-se cremosa e homogênea após a realização de uma mistura com uma colher. No entanto, a amostra armazenada a 4 °C apresentou uma textura granulosa e não solidificou completamente, - provavelmente o abatimento da temperatura foi rápido demais ao ponto de apenas solidificar a parte de cima, formando uma crosta, o que tornou difícil a solidificação do interior do produto. Este fenómeno ocorreu igualmente no oleogel com 10 % de emulsionante.

Por fim, com o reaquecimento realizado neste ensaio, os resultados alteraram-se positivamente, com o melhoramento dos aspetos anteriormente discutidos.

Finalmente, na tabela 14, estão explícitos os vários pontos de fusão determinados para as duas produções do oleogel em questão, tendo em conta a percentagem de emulsionante estudado.

Tabela 14: Resultados obtidos do ponto de fusão, para o oleogel de azeite. Os resultados obtidos consistem apenas numa medição realizada

Ponto de Fusão (°C)				
	2 %	5 %	10 %	15 %
1ª Produção	52	57	76	76,2
2ª Produção	51,7	58	61	66,7

De forma a facilitar a compreensão dos dados analíticos previamente expostos sob a forma tabelar, de seguida encontra-se o gráfico correspondente aos resultados do ponto de fusão de ambos os ensaios da produção do oleogel de azeite.

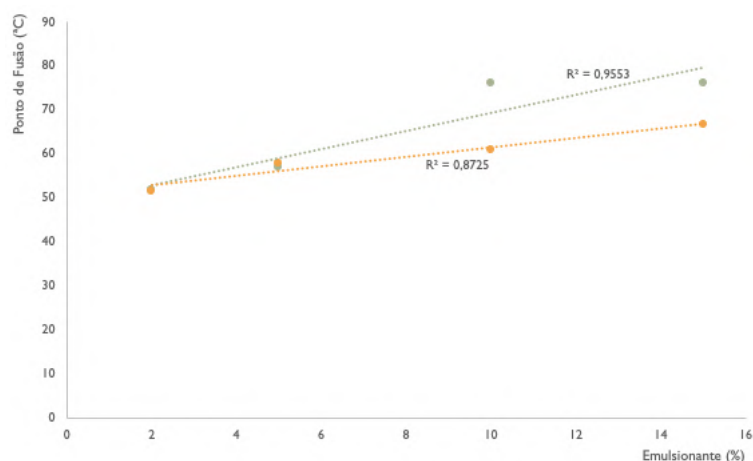


Figura 56: Variação do ponto de fusão em função da percentagem de emulsionante avaliada, para ambas as produções do oleogel de azeite.

Igualmente ao óleo de girassol, como seria esperado, o ponto de fusão acompanhou o aumento da quantidade adicionada de emulsionante. No entanto é possível notar algumas variações, principalmente na primeira versão do produto, o que poderá indicar que, no oleogel de 10 % (1ª produção), ocorreu algum erro - i. e. um controlo errado da temperatura de fabrico ou mesmo má realização da mistura pretendida.

4.2.2.2 Produção dos Oleogéis de Azeite

1. Primeira Produção

De forma a dar início à apresentação dos resultados, o primeiro conjunto de imagens são os oleogéis um dia após a sua produção, para análise a "frio".



Figura 57: Oleogéis de azeite. Esquerda para a direita - 10 %; 5 %; 2 %; e 15 % de emulsionante.



Figura 58: Oleogéis de azeite. Esquerda para a direita - 10 %; 5 %; 2 %; e 15 % de emulsionante.

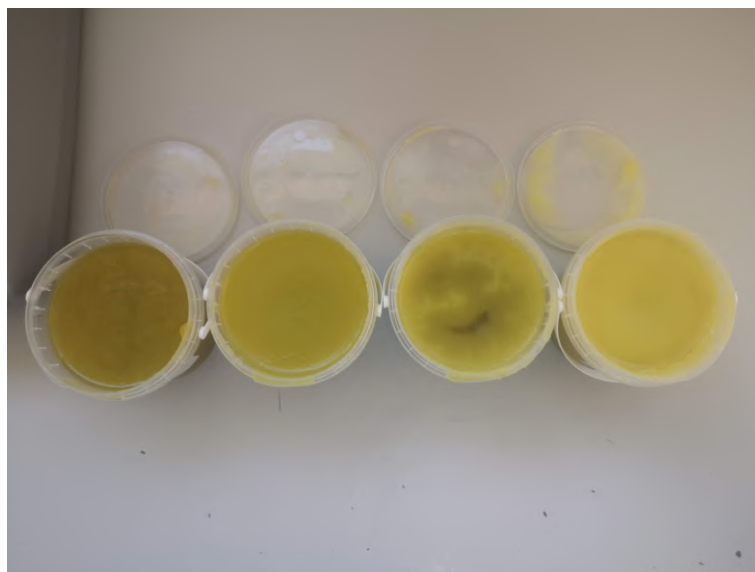


Figura 59: Oleogéis de azeite. Esquerda para a direita - 2 %; 5 %; 10 %; e 15 % de emulsionante.

Comparação: De modo a que se obtenha uma percepção mais simples e exata de todos os oleogéis de azeite produzidos, num primeiro ensaio / teste, de seguida encontra-se uma fotografia de todos os produtos realizados espalhados num prato branco.



Figura 60: Comparação entre os vários oleogéis de azeite espalhados num prato.

Atentando às figuras antecedentes, é possível confirmar tudo o que foi discutido nos resultados analíticos pertencentes à primeira produção do oleogel de azeite.

Sendo assim, o oleogel de azeite possui uma cor amarelada, que se torna mais opaca e clara conforme o aumento da concentração de emulsionante no produto.

De seguida, é plausível notar que o oleogel de 10 % apresentou uma textura extremamente granulosa, enquanto que o produto com 15 % de emulsionante tem um aspeto desejável, consistente e cremoso (como foi descrito anteriormente, foi o melhor oleogel desta produção, e isso confirma-se nestas fotografias).

Reaquecimento: A seguinte etapa na produção e estudo dos oleogéis em questão foi avaliar a sua capacidade de reaquecimento. As fotografias seguintes ilustram esta fase.



Figura 61: Comparação entre os oleogéis de azeite reaquecidos, com a versão inicial. Da esquerda para a direita em percentagem de emulsionante: 2 %, 5%, 10 % e 15 %.

Comparação: De modo a que se obtenha uma perceção mais simples e exata de todos os oleogéis de azeite produzidos, num primeiro ensaio / teste, de seguida encontra-se uma fotografia de todos os produtos realizados espalhados num prato branco.



Figura 62: Comparação entre os oleogéis de azeite reaquecidos com a versão inicial, espalhados num prato.

Já no que concerne ao reaquecimento, visualmente notam-se algumas diferenças nas amostras,

fulcralmente nas de 10 % e 15 % de emulsionante. Enquanto que esta primeira melhorou ligeiramente a sua textura granulada, o oleogel com 15 % de emulsionante na sua composição tornou-se bastante texturizado, quando foi espalhado num prato - tal característica não tinha sido descrita nos resultados analíticos.

2. Segunda Produção - Estudo da Reprodutibilidade do Método Utilizado

Em seguida, foi analisada a reprodutibilidade do método de produção que, em suma, consistiu na reprodução e repetição do protocolo experimental utilizado para a produção do primeiro lote de oleogéis. As fotografias que se encontram de seguida ilustram o resultado deste processo.



Figura 63: Segunda produção dos oleogéis de azeite. Esquerda para a direita - 2 %; 5 %; 10 %; e 15 % de emulsionante.

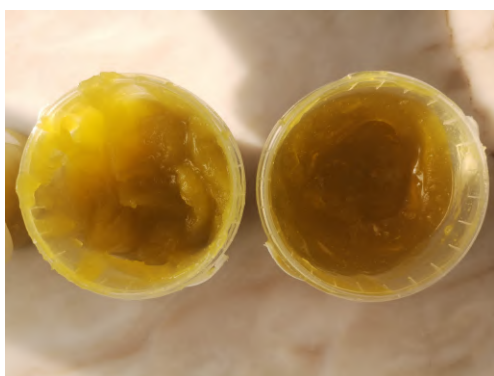


Figura 64: Segundo lote dos oleogéis de azeite, um dia após a sua produção. Da esquerda para a direita: 2 % e 5 % de emulsionante.



Figura 65: Segundo lote dos oleogéis de azeite, um dia após a sua produção. Da esquerda para a direita: 10 % e 15 % de emulsionante.

As fotos seguintes ilustram cada uma das percentagens avaliadas, comparando a primeira com a segunda produção.



Figura 66: Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 2 % de emulsionante.

Na amostra de 2 % de emulsionante, notou-se uma ligeira alteração da consistência e da cor do produto final.



Figura 68: Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 5 % de emulsionante.



Figura 67: Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 2 % de emulsionante.



Figura 69: Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 5 % de emulsionante.

Já na amostra contendo 5 % de emulsionante, é possível reparar que a primeira versão tem um aspeto mais brilhante e uniforme.



Figura 70: Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 10 % de emulsionante.



Figura 71: Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 10 % de emulsionante.



Figura 72: Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 15 % de emulsionante.



Figura 73: Comparação entre a primeira e a segunda produção do oleogel de azeite com 15 % de emulsionante.

No que diz respeito ao oleogel de azeite com 10 % de emulsionante, a segunda produção deste aparenta mais grânulos e uma cremosidade inferior.

Por fim, a segunda versão do oleogel com 15 % de emulsionante apresenta a mesma textura característica do primeiro ensaio, brilhante e cremosa, no entanto aparenta ser mais consistente (semelhante a um creme mais espesso), que se poderia tornar bastante útil para aplicações futuras.

Comparação: De modo a que se obtenha uma perceção mais simples e exata de todos os oleogéis de azeite produzidos, num segundo ensaio / teste, de seguida encontra-se uma fotografia de todos os produtos realizados espalhados num prato branco.

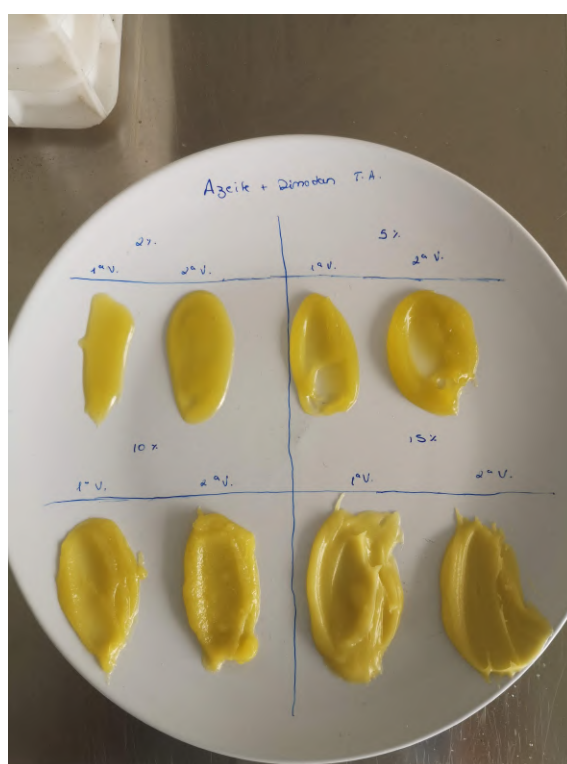


Figura 74: Comparação entre a primeira e a segunda produção dos oleogéis de azeite, espalhados num prato.

Reaquecimento: Ao contrário dos oleogéis produzidos a partir de óleo de girassol, no caso em estudo, os oleogéis de azeite da segunda produção foram, também, submetidos ao teste do reaquecimento até à temperatura de fusão, de forma a avaliar se se comportariam de igual forma aos oleogéis originais. De seguida, encontram-se as fotos desta etapa.



Figura 75: Reaquecimento da segunda versão do oleogel de azeite com 2 % de emulsionante.



Figura 76: Reaquecimento da segunda versão do oleogel de azeite com 5 % de emulsionante.



Figura 77: Reaquecimento da segunda versão do oleogel de azeite com 10 % de emulsionante.



Figura 78: Reaquecimento da segunda versão do oleogel de azeite com 15 % de emulsionante.

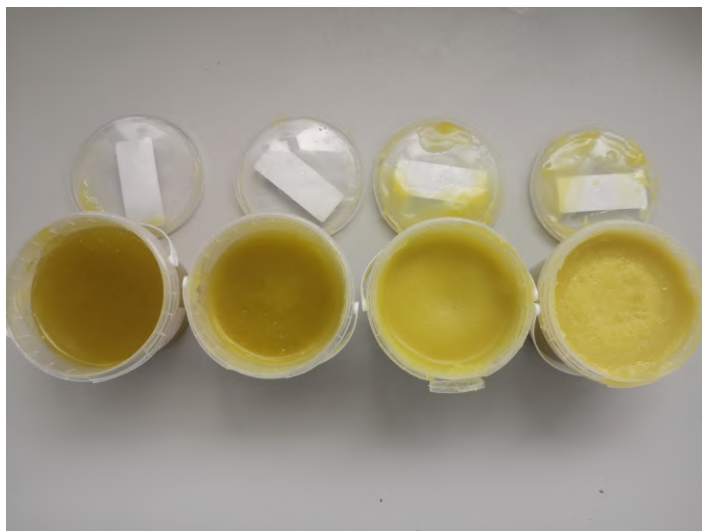


Figura 79: Reaquecimento da segunda versão do oleogel de azeite.

Neste conjunto de imagens é, igualmente, notório o que foi explicitado anteriormente - praticamente todas as características negativas melhoraram ligeiramente com o reaquecimento destas amostras.

Separação de Fases: Por fim, seguem-se as fotografias da análise da capacidade de separação de fases dos oleogéis. Para esta etapa apenas foram estudados os primeiros oleogéis produzidos, um dia após a produção; uma semana e, finalmente, dois meses. De forma a obter resultados o mais corretos possível, as amostras foram mantidas em repouso, sem interações externas, durante todo o tempo de estudo.



Figura 80: Amostras para análise da separação de fases, um dia após a produção.

Na figura 80 estão presentes todas as amostras do primeiro lote de oleogéis produzido, tanto de azeite como de óleo de girassol, um dia após produção (armazenadas à temperatura ambiente). Para o estudo da separação de fases apenas foram consideradas amostras do primeiro ensaio de cada tipo de oleogel, avaliadas durante cerca de dois meses. Para que nada alterasse os resultados desta parte do processo, os recipientes foram armazenados à parte e apenas eram mexidos aquando da análise desta característica.



Figura 81: Oleogel de azeite com 2 % de emulsionante, uma semana após a produção.



Figura 82: Oleogel de azeite com 2 % de emulsionante, uma semana após a produção.



Figura 83: Oleogel de azeite com 2 % de emulsionante, dois meses após a produção.

Os oleogéis de azeite apresentaram uma separação de fases bem mais intensa do que os oleogéis produzidos com óleo de girassol. Este facto é evidenciável nas imagens anteriores, onde, apenas após uma semana, o oleogel demonstrou uma alta separação do azeite dentro do recipiente.

Já no final do projeto, como seria esperado, a separação da gordura acentuou-se ainda mais.



Figura 84: Oleogel de azeite com 5 % de emulsionante, uma semana após a produção.



Figura 85: Oleogel de azeite com 5 % de emulsionante, dois meses após a produção.



Figura 86: Oleogel de azeite com 5 % de emulsionante, dois meses após a produção.

Ao final de uma semana de estudo, concluiu-se que este oleogel não apresentou um grau de separação tão alto como o oleogel com 2 % de emulsificante, o que seria esperado, uma vez que o aumento da utilização de emulsificante proporciona a melhor coesão da estrutura gelatinosa do produto.

Após dois meses de produção, o oleogel apresenta um pouco mais de separação, no entanto não é nada que colocasse em risco a sua correta utilização.



Figura 87: Oleogel de azeite com 10 % de emulsificante, uma semana após a produção.



Figura 88: Oleogel de azeite com 10 % de emulsificante, dois meses após a produção.



Figura 89: Oleogel de azeite com 10 % de emulsificante, dois meses após a produção.

Seguindo a tendência anteriormente mencionada, com o aumento da concentração do emulsionante no produto, este fica mais coeso, o que é possível verificar nas fotografias anteriores com o baixo grau de separação, após uma semana de repouso.

Analizando as duas figuras prévias, apesar de terem passado dois meses desde a sua produção, o oleogel manteve-se relativamente sólido e coeso, no entanto já apresenta algum grau de separação da gordura.



Figura 90: Oleogel de azeite com 15 % de emulsionante, uma semana após a produção.



Figura 91: Oleogel de óleo de girassol com 15 % de emulsionante, dois meses após a produção.



Figura 92: Oleogel de azedite com 15 % de emulsionante, dois meses após a produção.

Por fim, o oleogel com 15 % de emulsionante não apresentou separação de fases, tanto na análise após uma semana, como no final do estudo de dois meses. Isto vai de encontro ao que foi afirmado anteriormente, de que a coesão do produto aumenta com a concentração de emulsionante presente no produto - esta característica é uma das mais importantes do oleogel e deste produto em particular, uma vez que a utilização deste componente (emulsionante) é vital na produção e é, resumidamente, o que vai transformar a gordura vegetal num gel em utilizações práticas como alternativas às gorduras de palma e hidrogenadas.

4.2.3 Escolha do Oleogel para Aplicação Posterior

A etapa subsequente do projeto consistiu na seleção do oleogel que apresentou características mais favoráveis para aplicação posterior, através da sua introdução numa formulação de um creme à base de chocolate, como forma de substituição das gorduras de palma ou óleos vegetais hidrogenados.

Com efeito, diversas características foram tidas em conta, nomeadamente a cor, cheiro, textura, cremosidade ou mesmo o sabor.

Inicialmente, optou-se pela escolha do oleogel de óleo de girassol face ao produzido com azeite, uma vez que este último apresenta um odor e sabor fortes, que poderão implicar alterações sensoriais (sabor, cor, aspeto e cheiro) no produto final - aspetos que não são desejáveis em cremes de chocolate.

De seguida, restou analisar as quatro formulações produzidas e decidir qual iria ser aplicada futuramente.

Por conseguinte, as formulações com menor teor de emulsionante, sendo as de 2 % e 5 % foram descartadas rapidamente, uma vez que demonstraram uma textura demasiadamente líquida para o objetivo final, assim como um elevado grau de separação de fases no produto.

Finalmente, entre a versão com 10 % de emulsionante e o oleogel com a percentagem mais elevada de emulsionante, foi decidido que seria aplicado o produto com 10 %, uma vez que apresenta várias características a seu favor, de entre as quais:

1. Apesar de ser mais granuloso (na sua primeira versão) do que o oleogel com 15 %, este defeito é facilmente controlado, ao adaptarmos o tempo de mistura do processo;
2. O oleogel com 15 % apresenta-se mais cremoso, no entanto esta textura rapidamente é alterada no reaquecimento - aqui o controlo da temperatura pode ser difícil pois a substância aquece rapidamente, ultrapassando bastante o ponto de fusão, o que faz o oleogel ficar arruinado;

3. O oleogel a 10 % de emulsionante não apresenta uma textura tão densa que possa interferir com a base do creme de chocolate;
4. Apesar deste oleogel apresentar alguns pequenos defeitos texturais, estes são facilmente combatidos com aquecimento (apenas até à temperatura de fusão);

Por fim, o oleogel selecionado para aplicação na etapa seguinte foi, então, o **oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante**. Este ingrediente será aplicado em diferentes concentrações na base de chocolate - o processo de produção foi explicado no capítulo precedente e, de seguida, é possível a visualização e análise dos resultados experimentais obtidos.

4.3 Produção de Cremes de Chocolate

Com a escolha do oleogel realizada, o passo seguinte consistiu na sua aplicação em bases de cremes de chocolate. Para o efeito, foram produzidos dois tipos de creme de chocolate: um com adição de gordura de palma, de modo a representar os produtos atualmente existentes no mercado; e o segundo com a mistura do oleogel a 10 % de emulsionante, como substituto das gorduras de palma.

É importante notar que, em ambos os dois cremes, foram realizados quatro ensaios distintos, com a adição das seguintes percentagens do ingrediente desejado à base de chocolate: 5 %; 10 %; 15 % e 20 %. Todos os ensaios foram produzidos de acordo com o protocolo definido no capítulo terceiro desta dissertação.

Por fim, foi também produzido um lote de controlo, em que apenas consistia na base do creme de chocolate, que sofreu o mesmo processo de produção e armazenamento que os seus semelhantes, com o objetivo de avaliar se os ingredientes estudados apresentariam, efetivamente, uma diferença significativa no produto final.

Os resultados serão, de seguida, explicitados, iniciando-se com os cremes de chocolate com gordura de palma.

4.3.1 Creme com Adição de Gordura de Palma

Os resultados obtidos referentes ao estudo da produção de cremes de chocolate, recorrendo à adição de gordura de palma serão, de seguida, apresentados.

4.3.1.1 Resultados Analíticos

Na seguinte tabela encontram-se os resultados da fluidez de cada ensaio realizado.

Tabela 15: Resultados obtidos da fluidez para a produção do creme de chocolate com adição de gordura de palma. Nota: Os valores foram determinados através da média aritmética simples de 3 medições obtidas

Fluidez (cm)					
	0 %	5 %	10 %	15 %	20 %
0 h (s)	6,67 ± 0,14	9,33 ± 0,29	10,58 ± 0,14	13,33 ± 0,38	16,42 ± 0,63
Temp. Ambiente (24 h)	6,75 ± 0,00	9,08 ± 0,14	11,25 ± 0,25	14,08 ± 0,14	18,33 ± 0,38
Frio (24 h)	4,42 ± 0,38	7,25 ± 0,25	8,75 ± 0,25	0,50 ± 0,43	0,08 ± 0,14

Atentando à tabela 15 é possível notar que, com a adição da gordura de palma, a base do creme de chocolate ficou mais fluida (sendo que os valores de fluidez obtida para o creme de chocolate sem adição de gordura podem ser confirmados na coluna correspondente à percentagem de 0).

É, também, claro que não notam se diferenças significativas nas amostras com 5 % e 10 % de adição de gordura de palma nas amostras que foram analisadas após um dia de repouso, armazenadas à temperatura ambiente, deduzindo-se que a gordura de palma não apresenta um alto efeito na estrutura do creme. No entanto, assim que é adicionada mais gordura, esta amostra desenvolve uma textura bem mais fluida.

De seguida, analisando a linha dos resultados dos testes às amostras armazenadas a 4 °C (no frio), estes revelam que a partir de uma adição de 15 % de gordura de palma, a consistência do produto ficou praticamente sólida, o que poderá ser um indicador da excessiva percentagem de gordura acrescentada - este ponto irá ser objeto de clarificação quando forem apresentados, na seguinte subsecção, os resultados da textura e do sabor do produto.

Por outro lado, as amostras de 5 % e 10 % de gordura de palma, armazenadas no frigorífico durante um dia, apresentaram uma consistência e fluidez bem mais aceitável, no entanto neste projeto era desejável conseguir obter uma textura semelhante sem ser necessário o seu armazenamento no frio.

4.3.1.2 Produção do Creme de Chocolate com Gordura de Palma

De seguida, serão apresentadas as fotografias dos vários cremes de chocolate com adição de gordura de palma, que foram produzidos no âmbito do projeto em questão.

Comparação: De modo a que se obtenha uma percepção mais simples e exata de todos cremes de chocolate produzidos com a adição do óleo de palma, de seguida encontra-se algumas fotografias de todos os produtos realizados espalhados num prato branco.



Figura 93: Comparação de todos os ensaios da produção do creme de chocolate com adição de gordura de palma.



Figura 94: Comparação dos ensaios da produção do creme de chocolate com adição de gordura de palma, em 5 % e 10 %.

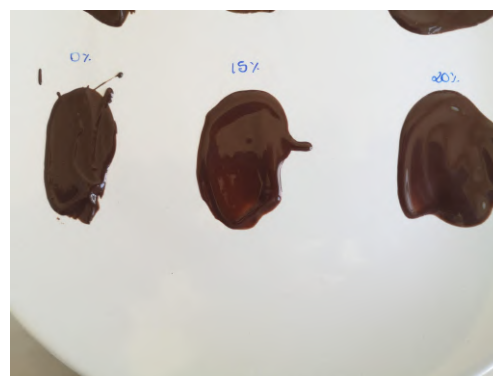


Figura 95: Comparação dos ensaios da produção do creme de chocolate com adição de gordura de palma, em 15 % e 20 %.



Figura 96: Fotografia do creme de chocolate com 5 % de gordura de palma.

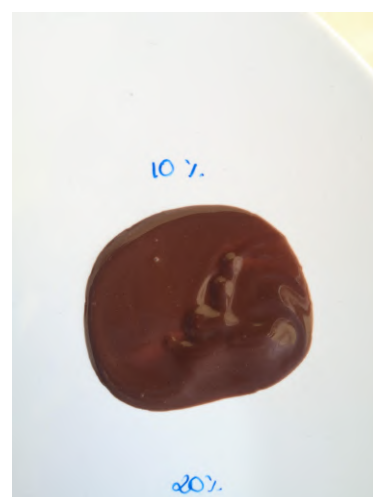


Figura 97: Fotografia do creme de chocolate com 10 % de gordura de palma.



Figura 98: Fotografia do creme de chocolate com 15 % de gordura de palma.

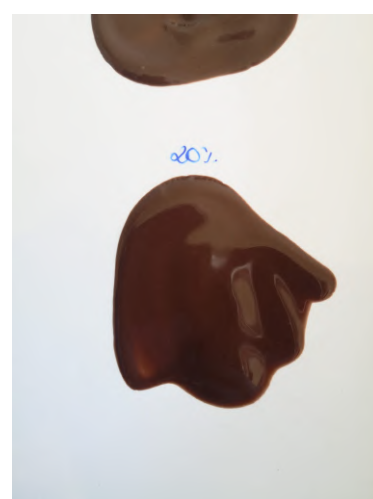


Figura 99: Fotografia do creme de chocolate com 20 % de gordura de palma.

Analisando o conjunto de imagens precedente, é possível notar que todas as amostras apresentam uma textura brilhante e cremosa, consideravelmente semelhante à base do creme de chocolate utilizada (na imagem corresponde ao 0 %).

No entanto, o sabor das várias amostras produzidas difere bastante entre as várias percentagens de gordura adicionada.

Enquanto que o sabor das amostras com 5 % e 10 % de óleo de palma é ligeiramente semelhante ao creme de chocolate, nas amostras seguintes (15 % e 20 %), o sabor torna-se intensamente dominado pela gordura adicionada, ultra-estimulando as papilas gustativas, o que não é, de facto, uma característica que

este projeto procuraria atingir.

É, também, fulcral adicionar que, neste procedimento experimental, o teste de 20 % de adição de gordura de palma servia apenas para analisar os efeitos negativos que um acréscimo irrealista dum componente gorduroso poderia surtir na base do creme de chocolate.

Com efeito, é possível deduzir que as percentagens ideais para a adição de gordura de palma encontram-se entre 5 % e 10 %, com vista a manter as características típicas de um recheio de chocolate.

Por fim, as amostras armazenadas no frio adquiriram uma textura granulosa, o que poderá significar que uma parte da gordura de palma tenha solidificado rapidamente - no entanto este problema parece estender-se para além da adição de gordura de palma, por isso mais estudos seriam necessários, de forma a averiguar a verdadeira causa desta textura.

4.3.2 Creme com Adição do Oleogel de Óleo de Girassol + Emulsionante a 10 %

Os resultados obtidos referentes ao estudo da produção de cremes de chocolate, recorrendo à adição do oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante serão, de seguida, apresentados.

4.3.2.1 Resultados Analíticos

Na seguinte tabela encontram-se os resultados da fluidez de cada ensaio realizado.

Tabela 16: Resultados obtidos da fluidez para a produção do creme de chocolate com adição do oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante. Nota: Os valores foram determinados através da média aritmética simples de 3 medições obtidas

Fluidez (cm)					
	0 %	5 %	10 %	15 %	20 %
0 h (s)	6,67 ± 0,14	7,50 ± 0,43	7,58 ± 0,14	7,42 ± 0,14	7,50 ± 0,00
Temp. Ambiente (24 h)	6,75 ± 0,00	7,50 ± 0,00	8,17 ± 0,14	7,08 ± 0,14	7,17 ± 0,14
Frio (24 h)	4,42 ± 0,38	5,75 ± 0,75	6,58 ± 0,14	5,83 ± 0,14	6,42 ± 0,63

Já no que concerne aos cremes de chocolate produzidos com adição do oleogel (constituído por óleo de girassol com 10 % de emulsionante), os resultados apurados para a fluidez foram bastante mais

apelativos, na medida em que praticamente todos os valores se mantiveram constantes, dentro de um intervalo pequeno.

Não foram registadas alterações significativas nos dados medidos, para as várias percentagens de adição do oleogel estudadas, bem como para o armazenamento a temperaturas distintas.

Por conseguinte, apesar dos dados apresentados terem sido mais positivos do que os pertencentes à gordura de palma, era desejável conseguir baixar ainda mais a fluidez do produto, através do desenvolvimento de um creme de chocolate bem mais viscoso, com uma excelente capacidade de ser corretamente espalhado / barrado noutros produtos alimentares.

4.3.2.2 Produção do Creme de Chocolate com Oleogel de Óleo de Girassol

De seguida, serão apresentadas as fotografias dos vários cremes de chocolate com adição de gordura de palma, que foram produzidos no âmbito do projeto em questão.

Comparação: De modo a que se obtenha uma perceção mais simples e exata de todos cremes de chocolate produzidos com o oleogel de girassol selecionado, de seguida encontra-se algumas fotografias de todos os produtos realizados espalhados num prato branco.



Figura 100: Comparação de todos os ensaios da produção do creme de chocolate com adição do oleogel de óleo de girassol com 10 % de emulsionante.

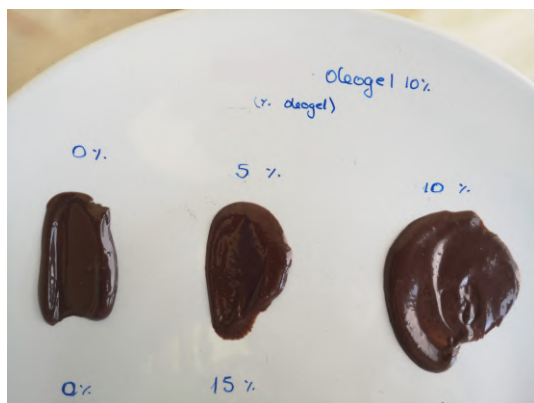


Figura 101: Comparação dos ensaios da produção do creme de chocolate com adição do oleogel escolhido, em 5 % e 10 %.

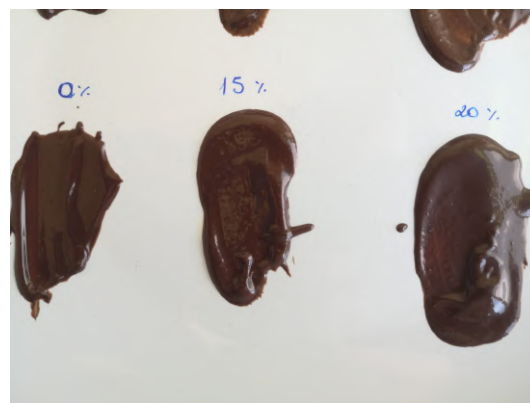


Figura 102: Comparação dos ensaios da produção do creme de chocolate com adição do oleogel escolhido, em 15 % e 20 %.



Figura 103: Fotografia do creme de chocolate com 5 % do oleogel selecionado.



Figura 104: Fotografia do creme de chocolate com 10 % do oleogel selecionado.



Figura 105: Fotografia do creme de chocolate com 15 % do oleogel selecionado.



Figura 106: Fotografia do creme de chocolate com 20 % do oleogel selecionado.

No que diz respeito ao aspeto visual, textura e sabor dos cremes de chocolate produzidos recorrendo à adição do oleogel produzido a partir de óleo de girassol com 10 % de emulsionante, esta difere ligeiramente dos resultados obtidos no ensaio prévio.

Com efeito, é possível afirmar que todas as amostras desenvolveram uma textura granulosa, podendo dever-se a vários fatores. Como a produção do oleogel com 10 % de emulsionante já apresentava problemas neste âmbito, é possível que no caso desta produção tenha acontecido o mesmo erro, ou seja, o emulsionante utilizado não se tenha dissolvido por completo, no entanto este problema verificou-se de fácil resolução, através do aumento do tempo de vórtex da mistura, aquando da produção deste ingrediente (outro aspeto à qual foi sugerida a sua avaliação foi o aumento da temperatura de produção deste oleogel, numa tentativa de diminuir a textura granulosa que acaba por desenvolver; ou mesmo recorrer à utilização de uma percentagem inferior de emulsionante, como 8 %, que poderá permitir a textura cremosa ideal, sem perder muitas das qualidades que o produto com 10 % oferece).

Já no que concerne ao sabor das amostras, os produtos com 5 % e 10 % foram os que apresentaram um melhor e mais interessante sabor. A partir dos 15 % de adição, este sabor já se transforma fortemente num paladar gorduroso e desagradável.

4.3.3 Estudo da Separação de Fases dos Cremes de Chocolate Produzidos

A última etapa deste projeto consistiu no estudo da separação de fases dos cremes de chocolate produzidos, com ambos os ingredientes.

As fotografias foram obtidas 2 meses após a produção e armazenamento dos lotes, em ambiente fresco e seco.

Separação de Fases para uma adição de 5 % de gordura e comparação com lote de controlo: No seguinte conjunto de imagens é possível analisar a separação de fases de cada ensaio produzido, para uma percentagem de 5 % do ingrediente adicionado, seja óleo de palma ou o oleogel previamente preparado. A imagem central corresponde ao controlo produzido, que apenas contém a base do creme de chocolate.

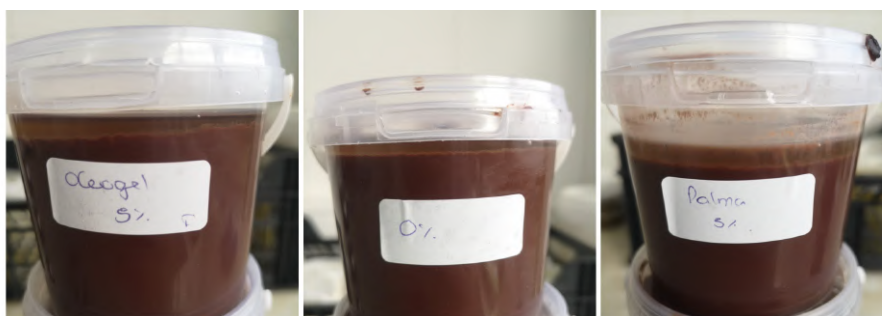


Figura 107: Comparação de todos os resultados da separação de fases do ensaio de 5 % de adição de gordura, com o frasco de controlo. Da esquerda para a direita: 5 % de oleogel de girassol; Controlo; 5 % de gordura de palma.

Como é possível analisar na figura anterior, apesar da base de chocolate (figura do meio) apresentar uma separação de fases, os cremes produzidos (esquerda - oleogel; direita - palma) este grau de separação da gordura é claramente mais evidenciado - como seria de esperar, pois estes dois produtos contêm uma percentagem de gordura mais elevada do que a amostra de controlo.

Separação de Fases para uma adição de 10 % de gordura e comparação com lote de controlo: No seguinte conjunto de imagens é possível analisar a separação de fases de cada ensaio produzido, para uma percentagem de 10 % do ingrediente adicionado, seja óleo de palma ou o oleogel previamente preparado. A imagem central corresponde ao controlo produzido, que apenas contém a base do creme de chocolate.

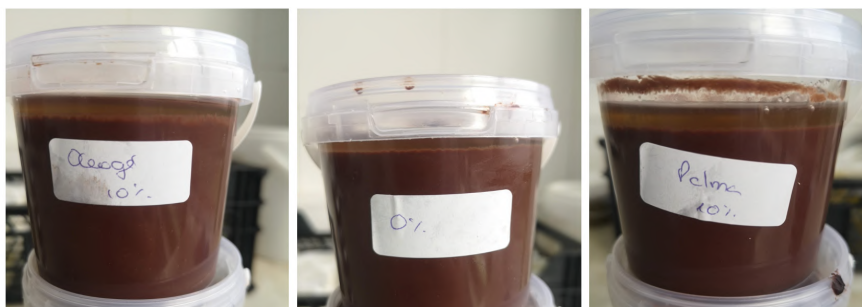


Figura 108: Comparação de todos os resultados da separação de fases do ensaio de 10 % de adição de gordura, com o frasco de controlo. Da esquerda para a direita: 10 % de oleogel de girassol; Controlo; 10 % de gordura de palma.

As mesmas conclusões retiradas para o ensaio anterior podem ser aplicadas para uma adição de 10 %, tanto de oleogel como de óleo de palma, à base de chocolate. Há uma separação de fases bem mais clara nos cremes com adição dos ingredientes.

Separação de Fases para uma adição de 15 % de gordura e comparação com lote de controlo: No seguinte conjunto de imagens é possível analisar a separação de fases de cada ensaio produzido, para uma percentagem de 15 % do ingrediente adicionado, seja óleo de palma ou o oleogel previamente preparado. A imagem central corresponde ao controlo produzido, que apenas contém a base do creme de chocolate.



Figura 109: Comparação de todos os resultados da separação de fases do ensaio de 15 % de adição de gordura, com o frasco de controlo. Da esquerda para a direita: 10 % de oleogel de girassol; Controlo; 10 % de gordura de palma.

Os comentários que podem ser retirados da figura prévia são consistentes com ambas as percentagens inferiores à posta em causa nesta discussão.

Separação de Fases para uma adição de 20 % de gordura e comparação com lote de

controle: No seguinte conjunto de imagens é possível analisar a separação de fases de cada ensaio produzido, para uma percentagem de 20 % do ingrediente adicionado, seja óleo de palma ou o oleogel previamente preparado. A imagem central corresponde ao controle produzido, que apenas contém a base do creme de chocolate.



Figura 110: Comparação de todos os resultados da separação de fases do ensaio de 20 % de adição de gordura, com o frasco de controlo. Da esquerda para a direita: 20 % de oleogel de girassol; Controlo; 20 % de gordura de palma.

Atentando à figura anterior, apesar de ir de encontro a tudo o que foi comentado anteriormente nesta secção, neste caso o grau de separação é bastante elevado, não sendo, de todo, aceitável numa possível alternativa à substituição das gorduras de palma e gorduras hidrogenadas em produtos alimentares.

Líquido da Separação: A separação de fases é claramente caracterizada pelo desenvolvimento de um líquido menos denso, que emerge até à superfície do produto - correspondente à parte gordurosa da amostra. De seguida, é possível a visualização deste elemento em duas imagens distintas.



Figura 111: Líquido proveniente da separação da separação de fases do creme de chocolate com 5 % de oleogel de girassol.



Figura 112: Líquido proveniente da separação da separação de fases do creme de chocolate com 5 % de óleo de palma.

Como é possível analisar nas duas figuras anteriores, o líquido proveniente da separação de fases apresenta uma cor âmbar, em todos os lotes produzidos, quer seja o lote de controlo ou os lotes produzidos com gordura de palma ou com o oleogel.

Conclusões:

Embora tenha sido avaliada experimentalmente uma potencial alternativa ao uso de gorduras de palma ou hidrogenadas, este estudo não produziu os resultados que seriam esperados (embora estes tenham sido, na maioria, bastante positivos).

Não foi possível desenvolver a 100 % uma alternativa viável e pronta a utilizar, no entanto foram feitos grandes avanços no que respeita a este tema.

Apesar do resultado não ter sido o esperado, ótimas conclusões foram retiradas desta análise experimental, que visam a melhoria contínua do estudo de substitutos de gorduras de palma. Com efeito, com os resultados previamente detalhados e discutidos, é possível afirmar que, com mais estudo e alterações aos procedimentos apresentados, os oleogéis poderão apresentar-se alternativas fiáveis na permuta destes ingredientes (palma e gorduras hidrogenadas) em diversos produtos alimentares.

5 Conclusões e Perspetivas Futuras

Em síntese, terminada a presente dissertação focada na investigação de alternativas capazes de solucionar o problema associado ao uso de gorduras provenientes de palma e gorduras hidrogenadas, é possível concluir que, embora o projeto não tenha produzido os resultados ideais e que seriam esperados, foi possível pesquisar e desenvolver alguns potenciais substitutos destas gorduras previamente mencionadas.

Conforme afirmado, as gorduras de palma, bem como as gorduras hidrogenadas acarretam problemas, quer seja no ecossistema e no futuro do planeta, como na saúde humana, respetivamente. Com efeito, tornou-se imperativo descobrir novas substâncias que mimetizassem as funcionalidades e características destas gordura, com vista à sua permuta em diversos alimentos. Por conseguinte, o projeto do qual esta dissertação se focou serviu, fulcralmente, para desenvolver alternativas para o uso no setor da pastelaria / doçaria - uma vez que a empresa de acolhimento do estágio se focava na produção de cremes, coberturas e recheios para a pastelaria.

De seguida, a análise do corrente estado-da-arte indicou que, atualmente, existem bastantes alternativas às gorduras de palma, no entanto algumas surgem com significativamente menos estudos e investigação associada, quando comparadas com outras. Igualmente é possível afirmar o anterior para as gorduras hidrogenadas. Neste caso, como as gorduras hidrogenadas têm um papel estrutural num leque alargado de produtos, esta troca revelou-se difícil e com poucas alternativas viáveis.

Finalmente, após a abordagem de toda a literatura existente, bem como de alguns produtos com alternativas a estas duas gorduras na sua composição já existentes para comercialização, foi decidido apostar na investigação e produção de oleogéis.

Como foi analisado durante toda a dissertação presente, os oleogéis revelam-se substâncias extremamente interessantes para permuta, tanto das gorduras de palma, como para as gorduras hidrogenadas, uma vez que são relativamente de fácil produção, e a sua relação qualidade-preço é bastante atrativa. As substâncias escolhidas para a produção deste ingrediente foram o óleo de girassol e o azeite, utilizando um emulsionante de monoglicéridos.

Prontamente, o protocolo de cada ensaio laboratorial foi discutido e delineado, com início pelo estudo e caracterização das gorduras de palma fornecidas. Em seguida, foram, então, produzidos vários lotes dos oleogéis de óleo de girassol e de azeite. Por fim, restou a elaboração de um creme para barrar à base de chocolate, com este ingrediente novo. O oleogel para aplicação posterior que foi selecionado, com base em todos os resultados analíticos e visuais, foi o de óleo de girassol com uma percentagem de 10

% do emulsionante mencionado.

Os resultados analíticos obtidos revelaram que o projeto não teve o sucesso esperado, na medida em que não foi possível obter um creme à base de chocolate com a consistência e cremosidade que foram idealizados.

Numa perspectiva futura, há diversos aspetos sobre este projeto que merecem a devida atenção.

Em primeiro lugar, deveria ser analisada a produção de um oleogel com uma percentagem de emulsionante de aproximadamente 8 %, bem como de 12 %, uma vez que apenas foram avaliadas percentagens múltiplas de 5 (à exceção de 2 %). Dado o oleogel de 10 % ter sido o selecionado para aplicação posterior, seria fulcral e bastante importante estudar o efeito de uma ligeira diferença inferior e superior nesta composição de emulsionante.

De seguida, sugeria, também, o estudo da produção do oleogel a temperaturas diferentes, com o objetivo da avaliação da sua influência na consistência e aspeto do produto final.

Em terceiro lugar, uma alternativa que poderia ser estudada, no âmbito do resultado obtido da consistência dos cremes de chocolate poderia ser, por exemplo, a aplicação de um oleogel com uma percentagem superior de emulsionante, no entanto esta não poderia potenciar a formação de uma textura granular - provavelmente um oleogel de óleo de girassol com emulsionante entre 12 % a 13 % seria o ideal.

Por fim, é possível deduzir que outras gorduras de origem vegetal (como côco, carité, colza, entre outras) iriam apresentar o mesmo comportamento, no que concerne à produção do oleogel, do que o óleo de girassol ou o azeite. O mesmo se pode afirmar no que consta ao uso de emulsionantes mono- e diglicéridos de outras origens.

Bibliografia

- Afoakwa, E. O. (2016). *Chocolate science and technology*. John Wiley & Sons.
- Agri, A. (2022). *Is palm oil good for you?* Retrieved 07/01/2022, from <https://www.asianagri.com/en/media-en/faqs/is-palm-oil-good-for-you>
- Akhter, S., McDonald, M. A., & Marriott, R. (2016). *Mangifera sylvatica* (wild mango): A new cocoa butter alternative. *Scientific reports*, 6(1), 32050.
- Anushree, S., André, M., Guillaume, D., & Frédéric, F. (2017). Stearic sunflower oil as a sustainable and healthy alternative to palm oil. a review. *Agronomy for sustainable development*, 37, 1–10.
- Askew, K. (2022). *Replacing palm oil? synthetic alternatives 'several years' from development*. Retrieved 07/01/2022, from <https://www.foodnavigator.com/Article/2020/03/11/Replacing-palm-oil-Synthetic-alternatives-several-years-from-development>
- Baste, Q. (2022). *Será que comemos mesmo chocolate?* Retrieved 22/07/2022, from https://www.quantobaste.com/2017/10/sera-que-comemos-mesmo-chocolate_7.html
- Beckett, S. T., Fowler, M. S., & Ziegler, G. R. (2017). *Beckett's industrial chocolate manufacture and use*. John Wiley & Sons.
- Britannica. (2022). *Coconut oil*. Retrieved 19/01/2022, from <https://www.britannica.com/topic/coconut-oil>
- Calligaris, S., Manzocco, L., Valoppi, F., & Nicoli, M. C. (2013). Effect of palm oil replacement with monoglyceride organogel and hydrogel on sweet bread properties. *Food Research International*, 51(2), 596–602.
- Campestre. (2022a). *Óleo de canola - ficha técnica*. Retrieved 22/01/2022, from <https://www.campestre.com.br/oleos-vegetais/oleo-de-canola/oleo-de-canola-ficha-tecnica/>
- Campestre. (2022b). *Óleo de girassol - ficha técnica*. Retrieved 22/01/2022, from <https://www.campestre.com.br/oleos-vegetais/oleo-de-girassol/oleo-de-girassol-ficha-tecnica/>
- Campestre. (2022c). *Óleo de soja refinado - ficha técnica*. Retrieved 22/01/2022, from <https://www.campestre.com.br/oleos-vegetais/oleo-de-soja/oleo-de-soja-ficha-tecnica/>
- Choi, H., Lee, E., & Lee, K.-G. (2014). Quality evaluation of noble mixed oil blended with palm and canola oil. *Journal of oleo science*, 63(7), 653–660.
- Cidell, J. L., & Alberts, H. C. (2006). Constructing quality: The multinational histories of chocolate. *Geoforum*, 37(6), 999–1007.
- Crawley, M. (2022). *Canadian food scientists develop eco-friendly substitutes for palm oil*. Retrieved 07/01/2022, from <https://www.cbc.ca/radio/quirks/nov-21-microbial-mining-in-space-baby-birds-get-the-boot-palm-oil-substitutes-and-more-1.5808499/canadian-food-scientists-develop-eco-friendly-substitutes-for-palm-oil-1.5808506>
- Decorgel. (2022). *Sobre nós*. Retrieved 23/08/2022, from <https://pt.linkedin.com/company/decorgel-s-a>
- Demirci, M., Lee, C.-C., Çavuş, M., & Çağlar, M. Y. (2020). Oleogels for food applications. In *Biopolymer-based formulations* (pp. 781–811). Elsevier.
- Dhaka, V., Gulia, N., Ahlawat, K. S., & Khatkar, B. S. (2011). Trans fats—sources, health risks and alternative approach—a review. *Journal of food science and technology*, 48(5), 534–541.
- Diamante, L. M., & Lan, T. (2014). Absolute viscosities of vegetable oils at different temperatures and shear rate range of 64.5 to 4835 s⁻¹. *Journal of food processing*, 2014.
- Doan, C. D., Patel, A. R., Tavernier, I., De Clercq, N., Van Raemdonck, K., Van de Walle, D., ... Dewettinck, K. (2016). The feasibility of wax-based oleogel as a potential co-structurant with palm oil in low-saturated fat confectionery fillings. *European journal of lipid science and technology*, 118(12), 1903–1914.

- Farr, W. E., Ghazani, S. M., & Marangoni, A. G. (2005). Hydrogenation: processing technologies. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 1–17.
- Ganguly, R., & Pierce, G. N. (2015). The toxicity of dietary trans fats. *Food and Chemical Toxicology*, 78, 170–176.
- Gunstone, F. (2001). *Structured and modified lipids*. Taylor & Francis. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=38zyz9SEvEoC>
- Hamm, W. (2003). Vegetable oils | oil production and processing. In B. Caballero (Ed.), *Encyclopedia of food sciences and nutrition (second edition)* (Second Edition ed., p. 5904-5916). Oxford: Academic Press. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B012227055X012268> doi: <https://doi.org/10.1016/B012-227055-X/01226-8>
- Hashempour-Baltork, F., Torbati, M., Azadmard-Damirchi, S., & Savage, G. P. (2016). Vegetable oil blending: A review of physicochemical, nutritional and health effects. *Trends in Food Science & Technology*, 57, 52–58.
- Hinrichsen, N. (2016). Commercially available alternatives to palm oil. *Lipid technology*, 28(3-4), 65–67.
- Intelligence, E. (2022). *Palm oil alternatives: Sustainable sourcing*. Retrieved 07/01/2022, from <https://www.cbi.eu/news/palm-oil-alternatives-sustainable-sourcing>
- Klonoff, D. C. (2007). Replacements for trans fats—will there be an oil shortage? *Journal of diabetes science and technology*, 1(3), 415–422.
- Krososky, A. (2022). *Palm oil is completely unsustainable, but are there any other alternatives?* Retrieved 07/01/2022, from <https://www.greenmatters.com/p/palm-oil-alternatives>
- Lai, O.-M., Phuah, E.-T., Lee, Y.-Y., & Basiron, Y. (2005). Palm oil. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 1–101.
- List, G., & King, J. (2016). *Hydrogenation of fats and oils: Theory and practice*. Elsevier Science. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=r7F3CgAAQBAJ>
- Lovett, P. N. (2015). Shea butter: Properties and processing for use in food. In *Specialty oils and fats in food and nutrition* (pp. 125–158). Elsevier.
- Nicholson, R. A., & Marangoni, A. G. (2020). Enzymatic glycerolysis converts vegetable oils into structural fats with the potential to replace palm oil in food products. *Nature Food*, 1(11), 684–692.
- Okuro, P. K., Martins, A. J., Vicente, A. A., & Cunha, R. L. (2020). Perspective on oleogelator mixtures, structure design and behaviour towards digestibility of oleogels. *Current Opinion in Food Science*, 35, 27–35.
- Palla, C., Giacomozzi, A., Genovese, D. B., & Carrin, M. E. (2017). Multi-objective optimization of high oleic sunflower oil and monoglycerides oleogels: Searching for rheological and textural properties similar to margarine. *Food Structure*, 12, 1–14.
- Pande, G., Akoh, C. C., & Lai, O.-M. (2012). 19 - food uses of palm oil and its components. In O.-M. Lai, C.-P. Tan, & C. C. Akoh (Eds.), *Palm oil* (p. 561-586). AOCS Press. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-9818936-9-3.50022-8>
- Parsons, S., Raikova, S., & Chuck, C. J. (2020). The viability and desirability of replacing palm oil. *Nature Sustainability*, 3(6), 412–418.
- Patel, A. R., Nicholson, R. A., & Marangoni, A. G. (2020). Applications of fat mimetics for the replacement of saturated and hydrogenated fat in food products. *Current Opinion in Food Science*, 33, 61–68.
- Qualfood. (2019). *Certiificação halal: aspectos técnicos e religiosos*. Retrieved 23/08/2022, from <https://www.qualfood.com/noticias/item/1454-certificacao-halal-aspectos-tecnicos-e-religiosos>
- Rita, L. D. (2022). *Diferentes tipos de chocolate*. Retrieved 22/07/2022, from <https://ladolcerita.net/chocolate/diferentes-tipos-de-chocolate/>
- Sambanthamurthi, R., Sundram, K., Tan, Y., et al. (2000). Chemistry and biochemistry of palm oil. *Progress in lipid research*, 39(6), 507–558.
- Sánchez-Muniz, F., Bastida, S., & Benedi, J. (2016). Sunflower oil.

- sogood. (2022). *Mastering the making of chocolate spreads*. Retrieved 22/07/2022, from <https://www.sogoodmagazine.com/pastry-blog/pastry-chef-articles/mastering-making-chocolate-spreads/>
- Soy, U. (2022). *Soybean oil uses food industry applications*. Retrieved 22/01/2022, from <https://food.ussoy.org/food-industry-solutions/fats-and-oils-ingredient-portfolio>
- Subroto, E., & Nurannisa, R. L. (2020). The recent application of palm stearin in food industry: a review. *International journal of scientific & technology research*, 9, 2593.
- Swain, F. (2022). *How do we go palm oil free?* Retrieved 07/01/2022, from <https://www.bbc.com/future/article/20200109-what-are-the-alternatives-to-palm-oil>
- Tarrago-Trani, M. T., Phillips, K. M., Lemar, L. E., & Holden, J. M. (2006). New and existing oils and fats used in products with reduced trans-fatty acid content. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(6), 867–880.
- TCHO. (2022). *Chocolate bloom*. Retrieved 07/01/2022, from <https://tcho.com/blogs/news/what-are-fat-bloom-and-sugar-bloom-and-do-they-make-chocolate-unsafe>
- WWF. (2022). *8 things to know about palm oil*. Retrieved 07/01/2022, from <https://www.wwf.org.uk/updates/8-things-know-about-palm-oil>
- Yantya, N., Marikkara, J., & Miskandarb, M. (2012). Comparing the thermo-physical characteristics of lard and selected plant fats. *Grasas y aceites*, 63, 3.
- Young, N. W., & Wassell, P. (2019). Margarines and spreads. In *Food emulsifiers and their applications* (pp. 379–405). Springer.