

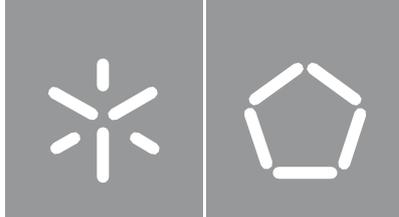


Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Inês Domingues Sousa Braga

**Desenvolvimento e aplicação de revestimentos impermeáveis em componentes alimentares com baixa atividade de água e a sua incorporação em matrizes alimentares hidrofílicas**





**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Inês Domingues Sousa Braga

**Desenvolvimento e aplicação de  
revestimentos edíveis em componentes  
alimentares com baixa atividade de água  
e a sua incorporação em matrizes  
alimentares hidrofílicas**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado Integrado em Engenharia Biológica  
Tecnologia Química e Alimentar

Trabalho efetuado sob a orientação de  
**Professor Doutor António Vicente**  
**Luís António Abrantes Paulico**

## 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, o presente trabalho pode ser utilizado 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  
CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Agradecimentos

Gostaria de deixar um sincero agradecimento a todas as pessoas que, de alguma forma, me prestaram apoio e incentivo e que contribuíram para o sucesso da realização desta dissertação de mestrado.

À Frulact, particularmente, à Eng.<sup>a</sup> Cândida Miranda, por me dar a oportunidade de desenvolver o meu estágio curricular num ambiente empresarial, na minha área de estudo e pelo tema que me propôs, sem dúvida desafiante.

Ao meu orientador na Frulact, Luís Paulico, por todo o apoio, paciência, motivação, partilha de conhecimentos e disponibilidade demonstrados ao longo de todo o estágio.

A todos os colaboradores do Departamento de Investigação, Desenvolvimento e Inovação da Frulact, mais concretamente, Vítor Alves, Stephane Cantais, Cristina Rodrigues e Rita Fulgêncio pela simpatia e ajuda prestada.

Ao meu orientador na Universidade do Minho, Professor Doutor António Vicente, pelo seu total apoio e disponibilidade sempre que foi preciso, pela paciência, simpatia, incentivo e pelo conhecimento que me transmitiu.

Aos meus colegas de estágio, em especial, agradeço à Márcia e ao Pedro pela partilha de experiência, pela ajuda prestada e pelo companheirismo.

À minha família, aos meus pais e à minha irmã por toda a paciência nos momentos de maior stress, compreensão e apoio ao longo deste percurso e de toda a minha vida.

Ao meu namorado por todo o carinho, compreensão e dedicação para que eu nunca desista dos meus sonhos.

Às minhas colegas da universidade, particularmente à Catarina, pela amizade, apoio e companheirismo.

Foi uma experiência sem dúvida enriquecedora e que me permitiu ter uma melhor noção do que é estar num ambiente empresarial, onde pude aprofundar o meu conhecimento e pela qual agradeço a todas as pessoas que estiveram lá para me ajudar.

*“ Ter sucesso é falhar repetidamente, mas sem perder o entusiasmo.”*

Winston Churchill

## 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.

## Resumo

A utilização de revestimentos edíveis vem dar resposta a inúmeros problemas existentes na indústria alimentar, como à manutenção da qualidade dos alimentos ao longo do tempo, por meio do isolamento ou separação de diferentes componentes de um mesmo produto. Assim, recorrendo a esta solução, deverá ser possível realizar a incorporação de componentes alimentares de baixa atividade de água, como bolachas e cereais de pequeno-almoço, em matrizes hidrofílicas, como preparados de fruta e matrizes lácteas, sem ser necessária a utilização de embalagens de dois compartimentos, que são atualmente utilizadas, pois permitem separar os componentes da matriz até ao momento de consumo, de forma a minimizar a perda de textura por amolecimento indesejado.

Assim, foram testados cereais de diferentes tamanhos, uma vez que um dos objetivos iniciais deste projeto passa por se poder utilizar componentes de reduzida dimensão, de forma a se conseguir aplicar, numa certa percentagem, o maior número possível de cereais uniformemente revestidos numa matriz como o iogurte.

Avaliaram-se diversos tipos de revestimentos, principalmente, à base de manteiga de cacau, chocolate, ceras de abelha e carnaúba, para aplicação em componentes alimentares como cereais de pequeno-almoço ou pedaços de fruta. No final do projeto, obtiveram-se algumas formulações que efetivamente funcionaram e que revestiram uniformemente os componentes, impedindo a entrada de água nos mesmos, mantendo a sua crocância e textura características e demonstrando alguma resistência à compressão por parte de um texturómetro, face ao contacto com algumas matrizes hidrofílicas, nomeadamente, preparados Frulact com diferentes °Brix, iogurte e gelado.

Além disto, foi possível tirar conclusões relativamente a outros fatores, como a carga microbiológica presente em vários componentes revestidos e a variação da porosidade interior e exterior dos mesmos. Este último parâmetro foi medido com recurso a um microscópio eletrónico de varrimento, onde foi possível obter imagens da superfície de alguns tipos de cereais, conseguindo-se analisá-la em termos de rugosidade e porosidade. Já a porosidade interior dos referidos componentes foi avaliada de forma visual.

**Palavras-chave:** Revestimentos edíveis, cereais, preparados Frulact, iogurte, gelado, resistência.



## **Abstract**

The utilization of edible coatings responds to numerous problems existing in the food industry, such as maintaining the quality of food over time, through the isolation or separation of different components of the same product. Thus, using this solution, it is possible to incorporate food components, such as cookies and breakfast cereals, in hydrophilic matrices, for example fruit preparations and dairy matrices, without the need to use two-compartment packaging, which is currently used because they allow the separation of the components of the matrix until the moment of consumption, in order to minimize the loss of texture due to unwanted softening.

Thus, cereals of different sizes were tested, since one of the initial purposes of this project was to be able to use small components, in order to incorporate, in a certain percentage, the largest possible number of uniformly coated cereals in a matrix-like yogurt.

Several types of edible coatings were evaluated, mainly based on cocoa butter, chocolate, beeswax, and carnauba wax, for application in food components such as breakfast cereals or fruit sticks. At the end of this project, some formulations effectively worked and uniformly coated the components, preventing water from entering in those, maintaining their characteristic crunchiness and texture and revealing some resistance to compression by a texture analyser, when they are in contact with hydrophilic matrices, namely, Frulact's preparations with different °Brix, yogurt, and ice cream.

Besides, it was possible to draw conclusions regarding other factors, such as the microbiological load present in several coated components and the variation of their internal and external porosity. This last parameter was measured using a scanning electron microscope, where it was possible to obtain images of the surface of some types of cereals, thus being able to analyse it in terms of roughness and porosity. However, the internal porosity of these components was evaluated visually.

**Keywords:** Edible coatings, cereals, Frulact's preparations, yogurt, ice cream, resistance.



## Índice

Índice.....	ix
Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Tabelas.....	xxiii
Índice de abreviaturas.....	xxviii
Índice de símbolos .....	xxix
1. Introdução.....	1
1.1. Motivação, Âmbitos e Objetivos.....	1
1.1.1. Motivação.....	1
1.2. Âmbito e objetivos .....	2
1.3. Organização da dissertação.....	3
1.4. Apresentação da empresa.....	4
2. Enquadramento Teórico.....	6
2.1. Revestimentos edíveis .....	6
2.2. Revestimentos edíveis à base de lípidos.....	7
2.2.1. Ceras.....	7
2.2.1.1. Cera de abelha .....	8
2.2.1.2. Cera de carnaúba.....	8
2.2.2. Triglicerídeos.....	9
2.2.2.1. Manteiga de cacau .....	9
2.2.2.2. Chocolate .....	10
2.2.3. Resinas .....	11
2.2.3.1. Goma laca .....	12
2.3. Revestimentos edíveis à base de proteínas .....	12
2.3.1. Zeína .....	13
2.4. Métodos de aplicação do revestimento.....	13

2.4.1.	Imersão .....	13
2.4.2.	Aspersão .....	14
2.4.3.	Aplicação sob a forma de cortina .....	14
2.4.4.	<i>Casting</i> .....	14
2.5.	Avaliação das propriedades dos revestimentos .....	14
2.5.1.	Propriedades físico-químicas do revestimento .....	14
2.5.1.1.	Espessura do revestimento.....	14
2.5.1.2.	Atividade da água .....	15
2.5.1.3.	Análise de textura .....	16
2.5.1.4.	Porosidade .....	17
2.5.2.	Análises microbiológicas do revestimento.....	19
2.6.	Aumento de escala.....	20
3.	Materiais e métodos.....	22
3.1.	Matérias-primas .....	22
3.2.	Método de aplicação .....	23
3.2.1.	Bombo de gragear.....	23
3.3.	Formulações .....	23
3.3.1.	Formulação 1 .....	25
3.3.2.	Formulação 2 .....	25
3.3.3.	Formulação 3.....	26
3.3.4.	Formulação 4.....	26
3.3.5.	Formulação 5.....	27
3.3.6.	Formulação 6.....	27
3.3.7.	Formulação 7 .....	28
3.3.8.	Formulação 8.....	29
3.3.9.	Formulação 9.....	29

3.3.10.	Condições de operação .....	29
3.4.	Preparados Frulact.....	30
3.5.	Dosificação em iogurte .....	32
3.6.	Dosificação no gelado .....	33
3.7.	Propriedades físico-químicas do revestimento .....	33
3.7.1.	Espessura do revestimento.....	33
3.7.2.	Massa do revestimento.....	33
3.7.3.	Atividade da água .....	33
3.7.4.	Análise de textura .....	34
3.7.5.	Análise de porosidade .....	35
3.8.	Análises microbiológicas dos cereais revestidos .....	35
3.8.1.	Carga mesofílica.....	36
3.8.2.	Fungos filamentosos e leveduras.....	36
3.8.3.	Organismos formadores de esporos .....	37
3.8.3.1.	Mesófilos formadores de esporos aeróbios .....	37
3.8.3.2.	Termófilos formadores de esporos aeróbios .....	37
3.8.3.3.	Mesófilos formadores de esporos anaeróbios.....	37
3.8.3.4.	Termófilos formadores de esporos anaeróbios .....	37
4.	Resultados e discussão .....	38
4.1.	Testes de aplicação da solução de revestimento .....	38
4.1.1.	Aplicação com recurso a uma pipeta.....	38
4.1.2.	Aplicação com recurso a uma pistola com ar comprimido .....	44
4.2.	Demonstração da eficiência dos revestimentos .....	51
4.3.	Atividade da água dos revestimentos.....	52
4.4.	Análises microbiológicas .....	53
4.5.	Análises da porosidade superficial dos cereais.....	54

4.5.1.	Cereais 1.....	55
4.5.2.	Cereais de arroz extrudido.....	56
4.5.3.	Cereais 3.....	58
4.6.	Permeabilidade dos componentes revestidos em água .....	60
4.7.	Permeabilidade dos cereais revestidos em preparados Frulact e em iogurte.....	63
4.7.1.	Ensaio 1 .....	64
4.7.2.	Ensaio 4.....	68
4.7.3.	Ensaio 6.....	71
4.7.4.	Ensaio 7.....	72
4.7.5.	Ensaio 8.....	76
4.7.6.	Ensaio 9.....	81
4.7.7.	Ensaio 11.....	84
4.7.8.	Ensaio 12.....	89
4.7.9.	Ensaio 13.....	93
4.7.10.	Ensaio 14.....	97
4.7.11.	Ensaio 15.....	101
4.7.12.	Ensaio 16.....	104
4.7.13.	Ensaio 17.....	106
4.8.	Permeabilidade dos cereais revestidos em gelado .....	111
4.8.1.	Ensaio 1 .....	111
4.8.2.	Ensaio 8.....	112
4.8.3.	Ensaio 13.....	112
5.	Conclusão .....	115
6.	Referências bibliográficas.....	119
7.	Anexos .....	123

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Centro de IDI Frutech (Frulact).....	4
<b>Figura 2.</b> Velocidade de diferentes reações de deterioração dos alimentos em função da atividade de água (Adaptado de Chen, 2008).....	16
<b>Figura 3.</b> Cereais esféricos 1 (a), de caseinato (b), da receita caseira (c), cereais 2 (d), cereais 3 (e), cereais 4 (f), de arroz extrudido (g), cereais 5 (h) e componentes 6 (i). ....	22
<b>Figura 4.</b> Bombo de gragear utilizado a nível laboratorial.....	23
<b>Figura 5.</b> Cereais da receita caseira após saírem do forno.....	27
<b>Figura 6.</b> Dispersão da cera de carnaúba na manteiga de cacau antes (a) e depois (b) da utilização da varinha mágica. ....	28
<b>Figura 7.</b> Esquema da incorporação de componentes alimentares em preparados Frulact.....	32
<b>Figura 8.</b> Esquema da incorporação de preparado com componentes alimentares em iogurte.....	33
<b>Figura 9.</b> Perfil de compressão de um cereal crocante (a) e de um cereal mole (b).....	34
<b>Figura 10.</b> Preparação dos cereais 1, de arroz extrudido e dos cereais 3 para análise de porosidade superficial. ....	35
<b>Figura 11.</b> Cereais 1 após a aplicação e secagem do revestimento da formulação 1. ....	40
<b>Figura 12.</b> Cereais 1 após a aplicação e secagem do revestimento da formulação 2. ....	40
<b>Figura 13.</b> Ilustrações do desperdício de cereais 2 revestidos apenas com goma laca (a), dos componentes com quebras na sua superfície (b), e dos aglomerados de solução de revestimento formados na superfície dos cereais (c).....	42
<b>Figura 14.</b> Cereais de caseinato desperdiçados após uns minutos no interior do bombo de gragear em funcionamento (a), cereais de caseinato parcialmente revestidos com muito desperdício no interior do bombo de gragear (b) e cereais de caseinato após a aplicação e secagem do revestimento da formulação 4 (c). ....	42
<b>Figura 15.</b> Cereais da receita caseira após a aplicação da solução de revestimento da formulação 4. ....	43
<b>Figura 16.</b> Cereais revestidos correspondentes ao ensaio 7 (a), ensaio 8 (b), ensaio 9 (c), ensaio 11 (d), ensaio 12 (e), ensaio 13 (f), ensaio 14 (g), ensaio 15 (h), ensaio 16 (i), ensaio 17 (j).....	47
<b>Figura 17.</b> Cereais 2 após a aplicação e secagem do revestimento da formulação 4. ....	48
<b>Figura 18.</b> Ilustração do chocolate ruby utilizado na formulação 5 (a) e ilustração da cor da solução de revestimento (b).....	49

<b>Figura 19.</b> Cereais 1 revestidos (a) e ilustração da medição da espessura de um cereal 1 revestido aleatório (b).....	50
<b>Figura 20.</b> Placas de Petri com as soluções de revestimento da formulação 4 após 1 dia (a) e 5 dias (b) em água, da formulação 6 após 1 dia (c) e 5 dias (d) em água e da formulação 7 após 1 dia (e) e 5 dias (f) em água.....	52
<b>Figura 21.</b> Superfície da amostra 1 vista através de um microscópio eletrónico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 275 vezes (a,b,c,d) e de 270 vezes (e,f) e um feixe de eletrões com uma tensão de 10 kV.....	55
<b>Figura 22.</b> Superfície da amostra 2 vista através de um microscópio eletrónico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 260 vezes (a,b) e de 270 vezes (c,d) e um feixe de eletrões com uma tensão de 10 kV.....	56
<b>Figura 23.</b> Superfície da amostra 3 vista através de um microscópio eletrónico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 275 vezes (a,b,c,d,e) e de 3000 vezes (f) e um feixe de eletrões com uma tensão de 10 kV.....	57
<b>Figura 24.</b> Superfície da amostra 4 vista através de um microscópio eletrónico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 275 vezes (a,b) e de 265 vezes (c,d) e um feixe de eletrões com uma tensão de 10 kV.....	58
<b>Figura 25.</b> Superfície da amostra 5 vista através de um microscópio eletrónico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 275 vezes (a,b,c,d) e de 860 vezes (e,f) e um feixe de eletrões com uma tensão de 10 kV.....	59
<b>Figura 26.</b> Superfície da amostra 6 vista através de um microscópio eletrónico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 270 vezes (a,b,c,d) e de 730 vezes (e,f) e um feixe de eletrões com uma tensão de 10 kV.....	60
<b>Figura 27.</b> Cereais revestidos correspondentes ao ensaio 1, após 1 dia em contacto com água (a), ao ensaio 3, após meia hora em contacto com água (b) e ao ensaio 4 (c), ensaio 7 (d), ensaio 8 (e), ensaio 9 (f), ensaio 11 (g), ensaio 12 (h), ensaio 13 (i), ensaio 14 (j), ensaio 15 (k), ensaio 16 (l) e ensaio 17 (m), após 1 dia em contacto com água. ....	62
<b>Figura 28.</b> Análise no texturómetro dos cereais esféricos de chocolate 1 revestidos com a formulação 1, antes (a) e após (b) a sua compressão. ....	63
<b>Figura 29.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, antes de serem aplicados nos xaropes.....	64

<b>Figura 30.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	65
<b>Figura 31.</b> Cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	65
<b>Figura 32.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.....	66
<b>Figura 33.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	67
<b>Figura 34.</b> Cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	67
<b>Figura 35.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.....	68
<b>Figura 36.</b> Perfis de compressão dos cereais de caseinato revestidos com a formulação 4, antes de serem aplicados nos xaropes.....	69
<b>Figura 37.</b> Perfis de compressão dos cereais de caseinato revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b) e 7 dias em xarope com °Brix de 30 (c) e de 50 (d). .....	69
<b>Figura 38.</b> Cereais de caseinato revestidos com a formulação 4, após 7 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b). ....	70
<b>Figura 39.</b> Cereais 2 revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b) e após 7 dias em xarope com °Brix de 30 (c) e de 50 (d). ....	71
<b>Figura 40.</b> Perfis de compressão dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, antes de serem aplicados nos xaropes. ....	72
<b>Figura 41.</b> Perfis de compressão dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	72
<b>Figura 42.</b> Cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	73
<b>Figura 43.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.....	74

<b>Figura 44.</b> Perfis de compressão dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	74
<b>Figura 45.</b> Cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	75
<b>Figura 46.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias. ....	75
<b>Figura 47.</b> Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, antes de serem aplicados nos xaropes.....	76
<b>Figura 48.</b> Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b) e 60 dias em xarope com °Brix de 30 (c) e de 50 (d).....	77
<b>Figura 49.</b> Cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	77
<b>Figura 50.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.....	78
<b>Figura 51.</b> Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b) e 30 dias em xarope com °Brix de 30 (c) e de 50 (d), aplicados em iogurte.....	79
<b>Figura 52.</b> Cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	80
<b>Figura 53.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.....	80
<b>Figura 54.</b> Perfis de compressão dos cereais de arroz extrudido revestidos com a formulação 4, antes de serem aplicados nos xaropes. ....	81
<b>Figura 55.</b> Perfis de compressão dos cereais de arroz extrudido revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b) e 30 dias em xarope com °Brix de 30 (c) e de 50 (d).....	82
<b>Figura 56.</b> Cereais de arroz extrudido revestidos com a formulação 4, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b). ....	83

<b>Figura 57.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais de arroz extrudido revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.....	84
<b>Figura 58.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, antes de serem aplicados nos xaropes.....	84
<b>Figura 59.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	85
<b>Figura 60.</b> Cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	85
<b>Figura 61.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.....	86
<b>Figura 62.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	87
<b>Figura 63.</b> Cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	87
<b>Figura 64.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.....	88
<b>Figura 65.</b> Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, antes de serem aplicados nos xaropes.....	89
<b>Figura 66.</b> Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	89
<b>Figura 67.</b> Cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	90
<b>Figura 68.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.....	90
<b>Figura 69.</b> Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	91
<b>Figura 70.</b> Cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	92

<b>Figura 71.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.....	92
<b>Figura 72.</b> Perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, antes de serem aplicados nos xaropes.....	93
<b>Figura 73.</b> Perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	94
<b>Figura 74.</b> Cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	94
<b>Figura 75.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.....	95
<b>Figura 76.</b> Perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	95
<b>Figura 77.</b> Cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	96
<b>Figura 78.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, aplicados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.....	97
<b>Figura 79.</b> Perfis de compressão dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, antes de serem aplicados nos xaropes.....	97
<b>Figura 80.</b> Perfis de compressão dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	98
<b>Figura 81.</b> Cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	98
<b>Figura 82.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.....	99
<b>Figura 83.</b> Perfis de compressão dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	100
<b>Figura 84.</b> Cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte. ....	100

<b>Figura 85.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, aplicados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.....	101
<b>Figura 86.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 8, antes de serem aplicados nos xaropes.....	101
<b>Figura 87.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 8, após 15 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	102
<b>Figura 88.</b> Cereais 1 revestidos com a formulação 8, após 15 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	103
<b>Figura 89.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 revestidos com a formulação 8, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.....	103
<b>Figura 90.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 e 2 revestidos com a formulação 9, antes de serem aplicados nos xaropes.....	104
<b>Figura 91.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 e 2 revestidos com a formulação 9, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	104
<b>Figura 92.</b> Cereais 1 e 2 revestidos com a formulação 9, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	105
<b>Figura 93.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 e 2 revestidos com a formulação 9, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.....	106
<b>Figura 94.</b> Perfis de compressão dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, antes de serem aplicados nos xaropes.....	106
<b>Figura 95.</b> Perfis de compressão dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).....	107
<b>Figura 96.</b> Componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b). .....	107
<b>Figura 97.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.....	108
<b>Figura 98.</b> Perfis de compressão dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), incorporados em iogurte.....	108

<b>Figura 99.</b> Componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), incorporados em iogurte. ....	109
<b>Figura 100.</b> Média da força de compressão, em Newtons (N), dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, aplicados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.....	110
<b>Figura 101.</b> Amostra de um cereal 1 revestido com a formulação 1, após 45 dias incorporados em gelado (a) e verificação visual geral das várias referidas amostras incorporadas em gelado, em termos de integridade física (b).....	111
<b>Figura 102.</b> Amostra de um cereal 3 revestido com a formulação 4, após 45 dias incorporados em gelado (a) e verificação visual geral das várias referidas amostras incorporadas em gelado, em termos de integridade física (b).....	112
<b>Figura 103.</b> Amostras de cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 45 dias incorporados em gelado (a) e sem o revestimento da formulação 7 (c), verificação visual geral das várias referidas amostras revestidas incorporadas em gelado, em termos de integridade física (b) e verificação visual geral das várias referidas amostras sem revestimento incorporadas em gelado, em termos de integridade física (d).....	113
<b>Figura A2.1.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h).149	
<b>Figura A2.2.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte. ....	150
<b>Figura A2.3.</b> Perfis de compressão dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h). ....	151
<b>Figura A2.4.</b> Perfis de compressão dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte.....	152

<b>Figura A2.5.</b> Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f).....	153
<b>Figura A2.6.</b> Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f), aplicados em iogurte. ....	154
<b>Figura A2.7.</b> Perfis de compressão dos cereais de arroz extrudido revestidos com a formulação 4, após 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b) e 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d).....	155
<b>Figura A2.8.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h).....	156
<b>Figura A2.9.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte. ....	157
<b>Figura A2.10.</b> Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h).....	158
<b>Figura A2.11.</b> Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte. ....	159
<b>Figura A2.12.</b> Perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h).....	160
<b>Figura A2.13.</b> Perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50	

°Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte. ....	161
<b>Figura A2.14.</b> Perfis de compressão dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h).....	162
<b>Figura A2.15.</b> Perfis de compressão dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte. ....	163
<b>Figura A2.16.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 8, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b) e 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d).....	164
<b>Figura A2.17.</b> Perfis de compressão dos cereais 1 e 2 revestidos com a formulação 9, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f).....	165
<b>Figura A2.18.</b> Perfis de compressão dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope de 30 °Brix (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d) e 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f). ....	166
<b>Figura A2.19.</b> Perfis de compressão dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope de 30 °Brix (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), incorporados em iogurte. ....	167

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1.</b> Composição de ácidos gordos da manteiga de cacau (Adaptado de Naik & Kumar, 2014) .....	10
<b>Tabela 2.</b> Formulações utilizadas e respectivas matérias-primas constituintes .....	24
<b>Tabela 3.</b> Ensaios realizados conforme a formulação, tipos de componentes e o método de aplicação.....	25
<b>Tabela 4.</b> Condições de operação, em termos de método de aplicação das formulações ( $M_{ap}$ ), percentagem de gordura do chocolate utilizado ( $G_{ord}$ ), número de pás usadas no bombo de gragear ( $N_{pás}$ ), utilização de ar comprimido ( $Ar_{comp}$ ), velocidade de rotação do bombo de gragear ( $v_r$ ), temperatura de aplicação da solução de revestimento ( $T_{ap}$ ) e tempo de aplicação do revestimento ( $t_{lap}$ ) nos diversos ensaios .....	30
<b>Tabela 5.</b> Ingredientes e respectivas proporções utilizados para a produção dos xaropes com °Brix de 30 e 50.....	31
<b>Tabela 6.</b> Parâmetros relativos à massa inicial ( $M_i$ ) e final ( $M_f$ ) dos cereais revestidos, do total de solução utilizada ( $S_{ut}$ ) e aderida ( $S_{ad}$ ) aos componentes, do desperdício de solução ( $D_s$ ) e de componentes ( $D_c$ ) e da quantidade de componente ( $Total_c$ ) e de revestimento ( $Total_r$ ) em cada componente revestido, relativos a todos os ensaios onde a aplicação do revestimento foi realizada com recurso a uma pipeta .....	39
<b>Tabela 7.</b> Parâmetros relativos à massa inicial ( $M_i$ ) e final ( $M_f$ ) dos cereais revestidos, do total de solução utilizada ( $S_{ut}$ ) e aderida ( $S_{ad}$ ) aos componentes, do desperdício de solução ( $D_s$ ) e de componentes ( $D_c$ ) e da quantidade de componente ( $Total_c$ ) e de revestimento ( $Total_r$ ) em cada componente revestido, relativos a todos os ensaios onde a aplicação do revestimento foi realizada com recurso a uma pistola com ar comprimido .....	45
<b>Tabela 8.</b> Valores das massas e espessuras dos revestimentos dos diversos ensaios realizados....	49
<b>Tabela 9.</b> Valores de atividade da água ( $a_w$ ) de amostras de cereais revestidos dos vários ensaios.	53
<b>Tabela 10.</b> Resultados das análises microbiológicas aos revestimentos dos componentes correspondentes aos ensaios 1, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 e 17 .....	54
<b>Tabela 11.</b> Denominação das amostras de cereais para estudo da porosidade superficial .....	54
<b>Tabela A1.1.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 1, antes da sua aplicação em xarope .....	123
<b>Tabela A1.2.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 1, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30.....	123

<b>Tabela A1.3.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 1, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix.....	124
<b>Tabela A1.4.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 1, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte .....	124
<b>Tabela A1.5.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 1, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte .....	125
<b>Tabela A1.6.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 4, antes da sua aplicação em xarope .....	125
<b>Tabela A1.7.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 4, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 .....	126
<b>Tabela A1.8.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 4, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix .....	126
<b>Tabela A1.9.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 7, antes da sua aplicação em xarope .....	127
<b>Tabela A1.10.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 7, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30.....	127
<b>Tabela A1.11.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 7, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix.....	128
<b>Tabela A1.12.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 7, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte .....	128
<b>Tabela A1.13.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 7, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte .....	129
<b>Tabela A1.14.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 8, antes da sua aplicação em xarope .....	129
<b>Tabela A1.15.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 8, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30.....	130
<b>Tabela A1.16.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 8, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix.....	130

<b>Tabela A1.17.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 8, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte .....	131
<b>Tabela A1.18.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 8, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte .....	131
<b>Tabela A1.19.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 9, antes da sua aplicação em xarope .....	132
<b>Tabela A1.20.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 9, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 .....	132
<b>Tabela A1.21.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 9, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix .....	133
<b>Tabela A1.22.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 11, antes da sua aplicação em xarope .....	133
<b>Tabela A1.23.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 11, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30.....	134
<b>Tabela A1.24.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 11, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix.....	134
<b>Tabela A1.25.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 11, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte .....	135
<b>Tabela A1.26.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 11, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte...	135
<b>Tabela A1.27.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 12, antes da sua aplicação em xarope .....	136
<b>Tabela A1.28.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 12, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30.....	136
<b>Tabela A1.29.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 12, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix.....	137
<b>Tabela A1.30.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 12, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte .....	137

<b>Tabela A1.31.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 12, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte...	138
<b>Tabela A1.32.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 13, antes da sua aplicação em xarope .....	138
<b>Tabela A1.33.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 13, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30.....	139
<b>Tabela A1.34.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 13, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix.....	139
<b>Tabela A1.35.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 13, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte .....	140
<b>Tabela A1.36.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 13, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte...	140
<b>Tabela A1.37.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 14, antes da sua aplicação em xarope .....	141
<b>Tabela A1.38.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 14, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30.....	141
<b>Tabela A1.39.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 14, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix.....	142
<b>Tabela A1.40.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 14, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte .....	142
<b>Tabela A1. 41.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 14, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte...	143
<b>Tabela A1.42.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 15, antes da sua aplicação em xarope .....	143
<b>Tabela A1.43.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 15, 1, 7 e 15 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 .....	144
<b>Tabela A1.44.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 15, 1, 7 e 15 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix .....	144
<b>Tabela A1.45.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 16, antes da sua aplicação em xarope .....	145

<b>Tabela A1.46.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 16, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 .....	145
<b>Tabela A1.47.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 16, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix .....	146
<b>Tabela A1.48.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 17, antes da sua aplicação em xarope .....	146
<b>Tabela A1.49.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 17, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 .....	147
<b>Tabela A1.50.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 17, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix .....	147
<b>Tabela A1.51.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 17, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte .....	148
<b>Tabela A1.52.</b> Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 17, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte...	148
<b>Tabela A3.1.</b> Valores das espessuras dos componentes sem e com revestimento e massas médias dos componentes sem e com revestimento, para os vários ensaios .....	168

## Índice de abreviaturas

BPW – *Buffered Peptone Water*

BRC – *British Retail Consortium*

°Brix – Grau Brix (Escala de medição da quantidade de açúcar)

CE – Comissão Europeia

DG18 – *Dicloran Glicerol Agar*

FDA – *Food and Drug Administration*

FSSC – *Food Safety System Certification*

GRAS – *Generally Recognized as Safe*

ISO – *International Standard Organization*

IUPAC – *International Union of Pure and Applied Chemistry*

MEV – Microscopia eletrónica de varrimento

NP – Norma Portuguesa

PCA – *Plate Count Agar*

RCA – *Reinforced Clostridium Agar*

UFC – Unidades formadoras de colónias

## Índice de símbolos

$a_w$  – Atividade da água

$Ar_{comp}$  – Utilização de ar comprimido

$Comp$  – Composição

$Dc$  – Desperdício de componentes

$Ds$  – Desperdício de solução

$\mathcal{E}$  – Porosidade

$F$  - Força

$G_{ord}$  – Percentagem de gordura de chocolate utilizado

$M_{ap}$  – Método de aplicação

$M_i$  – Massa inicial dos componentes

$M_f$  – Massa final dos componentes

$N_{pás}$  – Número de pás usadas no bombo de gragear

$p$  – Pressão de vapor de água em equilíbrio no alimento

$p_o$  – Pressão de vapor da água pura

$\rho_b$  – Densidade aparente

$\rho_t$  – Densidade real

$S_{ut}$  – Total de solução utilizada

$S_{ad}$  – Total de solução aderida

$T$  – Temperatura

$t$  – Tempo

$T_{ap}$  – Temperatura de aplicação da solução de revestimento

$t_{ap}$  – Tempo de aplicação do revestimento

$Total_c$  – Total de componente no componente revestido

$Total_r$  – Total de revestimento no componente revestido

$v$  – Velocidade de reação

$v_r$  – Velocidade de rotação do bombo de gragear



## 1. Introdução

### 1.1. Motivação, Âmbitos e Objetivos

#### 1.1.1. Motivação

Nos últimos anos tem surgido um crescente interesse em embalagens edíveis para aplicações alimentares, devido ao aumento das exigências dos consumidores por alimentos seguros com maior tempo de prateleira e por materiais naturais, biodegradáveis e renováveis, em vez de produtos sintéticos e não degradáveis que levam a diversos impactos ecológicos e ambientais (Cerqueira *et al.*, 2017). Conseqüentemente, produzem-se menos resíduos, além de terem a vantagem de melhorar as propriedades organoléticas, a qualidade e a segurança microbiológica dos produtos revestidos (Pinheiro *et al.*, 2010). Aspectos como as necessidades ambientais e dos consumidores, interesse comercial e novas descobertas científicas são reconhecidos como os promotores do recente desenvolvimento de embalagens edíveis (Cerqueira *et al.*, 2017).

Por outro lado, esta tecnologia dará resposta a um problema antigo existente na indústria alimentar, onde a incorporação de componentes alimentares de baixa atividade de água (secos ou muito pouco hidratados) em matrizes hidrofílicas (essencialmente de base aquosa) só tem sido possível mediante a utilização de embalagens de dois compartimentos, desenhadas para manter separados os componentes da matriz até ao momento de consumo, de forma a que os primeiros não percam as suas propriedades texturais e organoléticas.

Desta forma, é importante que a indústria alimentar se torne mais sustentável, obtendo produtos e criando processos com o menor impacto ambiental possível, respeitando o conceito de ecologia industrial.

## 1.2. Âmbito e objetivos

Este estágio vem na sequência de um dos projetos de inovação da empresa Frulact, denominado “Enrobee”, em colaboração com o Centro de Engenharia Biológica da Universidade do Minho. Este projeto em particular tem como propósito desenvolver e aplicar uma nova tecnologia de incorporação de componentes alimentares com baixa atividade de água, como, por exemplo, bolachas e cereais, em matrizes alimentares hidrofílicas, como preparados de fruta e matrizes lácteas, minimizando as perdas de propriedades texturais dos primeiros por hidratação indesejada, garantindo assim uma melhor conservação dos produtos durante o transporte, armazenamento e comercialização.

Esta solução será adaptada a diferentes tipos de componentes alimentares, nomeadamente com diferentes valores de atividade de água e diferentes matrizes hidrofílicas e irá traduzir-se numa clara inovação para o mercado português, europeu e mundial.

Como tal, o objetivo deste estágio é a otimização da metodologia de aplicação dos revestimentos desenvolvidos em componentes alimentares, tendo em vista o revestimento eficiente dos mesmos componentes e a forma como se pode proceder ao *scale up* do processo para a sua aplicação a nível industrial. Para além disto, pretende-se desenvolver e diversificar os revestimentos edíveis com capacidade de proteger e impermeabilizar diferentes componentes alimentares com baixa atividade de água, sendo que os revestimentos desenvolvidos devem garantir que os alimentos sejam totalmente recobertos. Como a segurança alimentar é um dos objetivos primordiais e transversais a todos os produtos desenvolvidos e comercializados pela Frulact, será necessária a realização de análises à carga microbiológica dos componentes revestidos, garantindo desta forma a segurança microbiológica dos revestimentos. Além disso, pretende-se desenvolver preparados estabilizados para incorporação dos componentes revestidos, de forma a garantir que os componentes alimentares revestidos, ao serem incluídos em matrizes hidrofílicas, mantêm a sua forma, textura e crocância durante o tempo de vida útil do produto, sendo este no mínimo de 60 dias para preparados Frulact, ao que acrescem 28 dias quando estes preparados são incorporados em iogurte. Finalmente, procura-se identificar compostos funcionais/bioativos (aromas e corantes) passíveis de incorporar nos revestimentos desenvolvidos, aumentando ainda mais o potencial diferenciador da tecnologia e abrindo espaço para inovação ao nível do produto.

### **1.3. Organização da dissertação**

Esta dissertação está dividida em 7 secções. A primeira é a introdução, na qual se encontram três tópicos, nomeadamente, a motivação, o âmbito e os objetivos do presente trabalho.

De seguida, temos o enquadramento teórico, onde se definem os revestimentos edíveis e todos os materiais que os constituem. Além disto, faz-se ainda referência aos possíveis métodos de aplicação dos revestimentos e às propriedades relevantes dos mesmos a serem avaliadas.

Na secção dos materiais e métodos são apresentados os materiais e a metodologia utilizada ao longo de todo o estágio, bem como o protocolo experimental usado.

O ponto seguinte é referente aos resultados e discussão, no qual são apresentados e discutidos todos os principais resultados obtidos.

Na conclusão, revelam-se as principais conclusões tiradas deste projeto.

Finalmente, são expostas as referências bibliográficas do trabalho e os anexos pertinentes.

#### 1.4. Apresentação da empresa

A Frulact é um grupo empresarial, estabelecido em 1987 e sediado na Maia, que se posiciona como uma empresa inovadora no fornecimento de ingredientes de valor acrescentado para as indústrias alimentares e bebidas. O grupo está presente a nível global em três continentes, com nove unidades de negócio em cinco países, sendo eles Portugal, Marrocos, França, África do Sul e Canadá. Ao longo de mais de 30 anos, a Frulact cresceu e, atualmente, assume posição em fundamentalmente quatro áreas de negócio, sendo estas os preparados estabilizados à base de frutas, legumes, cereais, entre outras especiarias, aromas alimentares, ingredientes de valor acrescentado à base de plantas e serviços de investigação, desenvolvimento e inovação.

A Frulact é reconhecida como um agente de inovação especializado no desenvolvimento, fabrico industrial e fornecimento de ingredientes de valor acrescentado para a indústria alimentar, tendo como rumo estratégico ser reconhecida como a empresa mais inovadora do setor e expandir ainda mais as operações à escala global.

Esta empresa pretende construir uma sociedade sustentável e alinhada com as macro-tendências e diferentes políticas internacionais no âmbito da sustentabilidade.

Para criar melhores produtos, a Frulact foca-se no conceito de inovação, que alimenta a evolução, crescimento e diferenciação da empresa. Para tal, foi criada, na Maia, a Frutech, sendo este um centro de investigação, desenvolvimento e inovação, apresentado na Figura 1.



**Figura 1.** Centro de IDI Frutech (Frulact).

Adicionalmente, esta empresa trabalha em conjunto com entidades do sistema científico e tecnológico, centros de investigação, fornecedores e parceiros comerciais, de modo a assegurar um constante fluxo de “novos” conhecimentos para o grupo, assegurando a adoção das melhores práticas e processos e apoiando o lançamento de mais inovações de mercado, tentando antecipar as futuras

necessidades dos consumidores. Em seguimento disto, a empresa trabalha atualmente em diversos processos de inovação financiados, sendo um dos quais o projeto “Enrobee”.

A Frulact procura satisfazer as necessidades dos clientes e consumidores, tendo um compromisso com a melhoria contínua para a qualidade, ambiente, segurança alimentar, investigação, desenvolvimento e inovação. Assim, busca respeitar os requisitos legais e regulamentares da qualidade, ambiente e segurança alimentar, de clientes e autenticidade, aplicáveis ao setor onde estão inseridos. Além disto, pretende obter um conhecimento para a sustentabilidade, tendo como finalidade ser reconhecido como o grupo empresarial mais inovador do setor.

Desta forma, a empresa encontra-se certificada de acordo com a norma global de segurança alimentar *BRC Food*, reconhecida pela *Global Food Safety Initiative*, pela norma do sistema de gestão de qualidade, ISO 9001, gestão de segurança alimentar, ISO 22000 e FSSC 22000, gestão ambiental, ISO 14001 e pela norma NP 4457 associada ao desenvolvimento, investigação e inovação.

## 2. Enquadramento Teórico

### 2.1. Revestimentos edíveis

Atualmente, os revestimentos edíveis têm sido considerados uma das tecnologias com potencial para alcançar objetivos fundamentais, como assegurar a segurança microbiológica e a proteção dos alimentos da influência de fatores externos (Pinheiro *et al.*, 2010). As embalagens tradicionais podem retardar a sua degradação, mas não conseguem isolar ou separar diferentes componentes de um mesmo produto. Desta maneira, a resposta encontrada para solucionar este problema é a utilização de revestimentos edíveis.

Os revestimentos edíveis usados na indústria alimentar consistem numa solução de biopolímeros que, após a sua aplicação na superfície do alimento, levam à formação de uma película que protege o alimento das trocas gasosas com o meio exterior, das contaminações microbiológicas e de agressões mecânicas, permitindo a valorização e preservação dos alimentos (Cerqueira *et al.*, 2017; Han, 2012). Os materiais utilizados para produzir revestimentos edíveis e biodegradáveis caracterizam-se pela sua complexidade estrutural e diversidade funcional e são classificados como polissacarídeos, proteínas e lípidos (Pinheiro *et al.*, 2010).

As propriedades texturais e estruturais dos produtos alimentares podem sofrer uma evolução, normalmente, negativa durante o seu tempo de vida útil, quando em contacto com matrizes alimentares com uma maior atividade de água, quer em termos organoléticos ou microbiológicos. Assim, o controlo da migração da água entre componentes alimentares é um fator fundamental para manter a qualidade e segurança dos alimentos. A existência de sistemas dinâmicos nos mesmos leva a que a esta migração aconteça continuamente até que seja atingido um equilíbrio termodinâmico. Os principais fatores que influenciam a quantidade de água que pode migrar entre componentes alimentares são a atividade de água dos mesmos e as características difusionais das matrizes alimentares. Desta forma, a adição de uma “barreira” edível pode reduzir drasticamente o transporte de água, aumentando a resistência à sua transferência entre os diferentes componentes do alimento. Esta “barreira” deverá ter uma baixa permeabilidade à água e a capacidade de aderir totalmente à superfície sobre a qual deve ser aplicada (Labuza & Hyman, 1998). Deve, por isso, ter propriedades mecânicas de adesão e coesão adequadas e não alterar as propriedades organoléticas dos alimentos, devendo ser impercetível ao consumidor no momento de consumo. Para isto, podem-se utilizar materiais lipídicos, tais como óleos, ceras e gorduras, constituídos por moléculas insolúveis em água, para impermeabilizar componentes alimentares. No entanto, estes podem apresentar um aspeto

oleoso e não constituir uma barreira suficientemente resistente quando são aplicados sobre os referidos componentes. Assim, uma possibilidade para corrigir estes problemas é o uso de polissacarídeos ou hidrocolóides em associação com lípidos, pois os primeiros possuem excelentes propriedades estruturais e mecânicas, apesar de não serem boas barreiras hidrofóbicas (Suput *et al.*, 2015; Rhim & Shellhammer, 2005).

## **2.2. Revestimentos edíveis à base de lípidos**

Os revestimentos edíveis são geralmente compostos por polímeros biológicos, sendo que estes são classificados de acordo com a sua estrutura. Assim, podem ser constituídos por hidrocolóides, que consistem em proteínas e polissacarídeos; ou por compostos hidrofóbicos, como os lípidos, ceras e resinas. Além disso, também se pode utilizar uma mistura destes componentes, onde se combinam propriedades como a estabilidade, flexibilidade e força mecânica fornecidas pelas proteínas e/ou polissacarídeos com a capacidade hidrofóbica dos lípidos, que, por sua vez, no geral, não providenciam boas propriedades mecânicas (Rhim & Shellhammer, 2005; Cerqueira *et al.*, 2017).

A eficiência dos revestimentos à base de lípidos depende da natureza destes últimos, em particular, da sua estrutura, do seu estado físico, hidrofobicidade, grau de saturação, conteúdo em ácidos gordos e, finalmente, das suas interações com outros componentes. Os compostos lipídicos são hidrofóbicos devido à sua baixa polaridade (Cerqueira *et al.*, 2017).

As propriedades benéficas de alguns lípidos, como a sua compatibilidade com outros agentes utilizados para a formação de filmes ou o facto de constituírem boas barreiras contra o vapor de água e outros gases, tornam-nos uma boa escolha para serem incrementados em revestimentos edíveis para produtos alimentares. Adicionalmente, estes providenciam flexibilidade aos revestimentos onde são incorporados, além de possibilitarem a formação de filmes mais finos. Entre os compostos lipídicos mais comuns estão os triglicéridos, ácidos gordos, ceras e resinas (Cerqueira *et al.*, 2017).

### **2.2.1. Ceras**

As ceras são compostos lipídicos edíveis muito utilizados em revestimentos devido ao seu carácter hidrofóbico, à sua eficiência na protecção dos produtos alimentares contra a humidade e outros fatores externos e ao facto de conseguirem melhorar a aparência exterior destes produtos (Cerqueira *et al.*, 2017). A cera é um termo utilizado para descrever uma variedade de substâncias não polares produzidas natural ou sinteticamente, que possuem certas propriedades como o facto de serem duras à temperatura ambiente, de terem relativamente baixa viscosidade, baixa elasticidade e

uma consistência e solubilidade dependentes da temperatura. Quimicamente, é um éster de cadeia longa do ácido alifático com uma cadeia longa do álcool alifático. Por serem hidrofóbicas são insolúveis em água, porém são solúveis em alguns solventes orgânicos, como o hexano, clorofórmio ou benzeno (Rhim & Shellhammer, 2005).

As ceras podem ser de origem animal, como a cera de abelha; de origem vegetal como a de carnaúba, candelila ou de farelo de arroz; de origem mineral, como a cera de parafina; ou, ainda, de origem sintética, como o polietileno (Rhim & Shellhammer, 2005).

#### **2.2.1.1. Cera de abelha**

Esta cera é produzida por todas as espécies de abelhas e quando produzida por espécies diferentes, pode apresentar propriedades químicas e físicas diferentes. Esta apresenta uma cor amarelada, sendo um material sólido à temperatura ambiente, insolúvel em água, mas solúvel em alguns solventes orgânicos. Tem um ponto de fusão entre os 62 °C e os 65 °C, tem estatuto GRAS e é aprovada pela FDA. Além disto, é um material que apresenta uma boa estabilidade, sendo muito apreciado pelas suas propriedades. Esta pode ser extraída centrifugando o mel produzido pelas abelhas, sendo depois derretido em água quente ou vapor e, posteriormente, refinado. Na Europa, a cera de abelha de nível alimentar é apresentada no rótulo com o número de aditivo alimentar E-901, de acordo com o regulamento europeu nº 1129/2011 (Cerqueira *et al.*, 2017; Jornal Oficial da União Europeia, 2011).

#### **2.2.1.2. Cera de carnaúba**

A cera de carnaúba é obtida de uma árvore, *Copernicia prunifera* ou *Copernicia cerifera*, e é utilizada numa grande variedade de produtos, desde cosméticos até à indústria alimentar, nomeadamente, na confeitaria e no fabrico de revestimentos edíveis de diversos produtos alimentares. É uma cera com cor amarela, constituída por ésteres e álcoois, sendo uma das ceras com ponto de fusão mais elevado, entre os 82.5 °C e os 86 °C. Além disto, é um composto GRAS e é aprovado pela FDA, podendo ser apresentada no rótulo com o número de aditivo alimentar E-903, de acordo com o regulamento europeu nº 1129/2011. Esta cera é insolúvel em água, mas solúvel em éter, clorofórmio e benzeno, sendo que pode ser adicionada a outras ceras para otimizar o ponto de fusão, o endurecimento, dureza e o brilho do revestimento aplicado no produto final (Cerqueira *et al.*, 2017; Baldwin *et al.*, 2011; Jornal Oficial da União Europeia, 2011).

### 2.2.2. Triglicerídeos

A utilização de lípidos em revestimentos edíveis é geralmente uma opção para reduzir a permeabilidade ao vapor de água, devido à sua natureza hidrofóbica (Cerqueira *et al.*, 2017).

Os triglicerídeos são moléculas lipídicas compostas por uma molécula de glicerol associada a três moléculas de ácidos gordos, podendo ser utilizados como materiais para incorporação nos revestimentos edíveis. As suas propriedades funcionais estão dependentes das suas estruturas químicas. Estas moléculas são usadas em formulações como emulsificantes, especialmente para estabilizar os filmes e aumentar a adesão entre partes com diferente hidrofobicidade como, por exemplo, entre o filme e o componente alimentar. Os triglicerídeos de cadeia longa são insolúveis em água, enquanto que as moléculas de cadeia curta são parcialmente solúveis na mesma (Featherstone, 2008; Cerqueira *et al.*, 2017).

As gorduras e óleos são compostos orgânicos constituídos por triglicerídeos. As propriedades das gorduras são determinadas pelo tipo e comprimento das moléculas de ácidos gordos que estão ligadas à molécula de glicerol. As gorduras podem ser saturadas ou insaturadas. Nas primeiras, os ácidos gordos contêm todos os átomos de hidrogénio que já são capazes de reter, sendo que estes são sólidos à temperatura ambiente. Em relação às insaturadas, estas têm capacidade para conter átomos de hidrogénio adicionais, sendo líquidas à temperatura ambiente (Featherstone, 2008).

#### 2.2.2.1. Manteiga de cacau

A manteiga de cacau é uma gordura amarela obtida das sementes do cacau da planta *Theobroma cacao*. Esta é muito procurada por diversas indústrias, tais como a alimentar, farmacêutica e cosmética. Além disto, é um produto único em termos de gorduras vegetais, devido à sua composição e comportamento na cristalização (Jahurul *et al.*, 2014).

Todas as gorduras são misturas de triglicerídeos, sendo que estas são constituídas por moléculas compostas por três ácidos gordos ligados a uma molécula de glicerol. As propriedades químicas da manteiga de cacau são principalmente dependentes da sua composição em termos de triglicerídeos e de ácidos gordos, onde se incluem nestes últimos o ácido palmítico, esteárico e oleico, sendo que estes constituem, aproximadamente, 98 % do total de ácidos gordos na manteiga de cacau. Numa menor percentagem, temos os ácidos láurico, araquídico, mirístico, linoleico, entre outros (Beckett, 2008; Naik & Kumar, 2014).

Esta manteiga tem um ponto de fusão que varia entre os 30 °C e os 35 °C e é sólida à temperatura ambiente (Jahurul *et al.*, 2014).

Na Tabela 1 é apresentada a composição da manteiga de cacau em termos de ácidos gordos presentes. Como se pode observar pela referida tabela, os ácidos gordos saturados, presentes nesta manteiga numa quantidade entre os 57 % e os 64 %, consistem em ácido palmítico, esteárico, mirístico, araquídico e láurico e os ácidos insaturados, entre os 36 % e 43 %, compreendem os ácidos oleico, linoleico, entre outros (Naik & Kumar, 2014).

**Tabela 1.** Composição de ácidos gordos da manteiga de cacau (Adaptado de Naik & Kumar, 2014)

<b>Tipos de ácidos gordos</b>	<b>Comp /%</b>
<b>Saturados</b>	57 - 64
Ácido palmítico	24.5 - 33.7
Ácido esteárico	33.7 - 40.2
Ácido mirístico	0 - 4
Ácido araquídico	1
Ácido láurico	0 - 1
<b>Insaturados</b>	36 - 43
Ácido oleico	26.3 - 35
Ácido linoleico	1.7 - 3
Outros	-

#### 2.2.2.2. Chocolate

O chocolate é um produto alimentar, de nome científico *Theobroma cacao L.*, cujo principal ingrediente é o cacau. Este último é obtido a partir das sementes do cacauzeiro, uma árvore de pequeno porte, natural da América Central e da zona norte da América do Sul (Borchers *et al.*, 2000).

O chocolate é largamente consumido a nível global, sendo caracterizado pelo seu aspeto, aroma, textura e sabor característicos, sendo bastante sensível à temperatura e à humidade. Os principais constituintes do chocolate são o cacau, a manteiga de cacau e o açúcar. Em termos químicos, este contém centenas de componentes que reagem com o cérebro humano e conferem uma sensação de felicidade, tais como a cafeína, teobromina, serotonina, compostos fenólicos e antioxidantes (flavonóides). É também uma fonte rica em ácidos gordos saturados que ajudam a balançar os níveis de colesterol no corpo humano (Munjal *et al.*, 2019).

Existem diversos tipos de chocolate, podendo ser negro, de leite ou branco, tendo sido recentemente lançado um novo tipo de chocolate, o ruby, caracterizado pelo seu sabor a fruta, cor avermelhada e acidez (Komes *et al.*, 2019). O produto final de chocolate é produzido utilizando uma combinação de vários ingredientes com diferentes rácios, baseados no tipo de chocolate que se deseja obter. Desta forma, o chocolate pode consistir em 12 % a 58 % de manteiga de cacau, 20 % a 35 % de cacau e acima de 55 % de açúcar, para os tipos de chocolate que não são de leite (Thompson, 2009).

O chocolate, tal como é consumido hoje, resulta de sucessivos aperfeiçoamentos industriais no seu processo de fabrico. Este processo de produção envolve diversas etapas, como a de fermentação, secagem, torrefação, moagem dos grãos de cacau, mistura de todos os ingredientes, refinação, *conching* e temperamento (Barišić *et al.*, 2019).

As propriedades de fusão do chocolate são críticas para avaliar a qualidade deste produto, uma vez que influenciam a aceitabilidade do consumidor, aparência e estabilidade no armazenamento do produto (Tan & Kerr, 2018).

### 2.2.3. Resinas

De acordo com a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), uma resina é uma substância sólida ou muito viscosa, usualmente contendo pré-polímeros com grupos reativos, de fontes vegetais. As resinas são secreções produzidas por certas espécies de plantas e são apreciadas pelas suas diversas propriedades, por serem materiais estruturais na formação de revestimentos edíveis, emulsificantes e por constituírem barreiras contra gases (Cerqueira *et al.*, 2017).

Dependendo da sua natureza, as resinas podem ser naturais ou sintéticas, porém, ambos os tipos podem ser utilizados para a formação de filmes e revestimentos (Cerqueira *et al.*, 2017).

As resinas naturais são uma combinação de compostos insolúveis em água, mas que se dissolvem em alguns solventes. Estas podem ser utilizadas em inúmeras aplicações para melhorar as características de revestimentos e filmes edíveis, sendo a goma laca um exemplo deste tipo de resinas (Cerqueira *et al.*, 2017; Rhim & Shellhammer, 2005).

Já as resinas sintéticas são substâncias feitas pelo homem, sendo mais estáveis e homogêneas que as naturais, devido ao processo de polimerização pela qual estas passam. Podem ser aplicadas na indústria dos plásticos, têxtil ou de vernizes (Cerqueira *et al.*, 2017).

A diferença entre as resinas e as ceras reside no facto de as resinas serem substâncias viscosas que consistem em pré-polímeros e grupos funcionais, enquanto que as ceras são primeiramente formados por ácidos gordos, principalmente ésteres (Cerqueira *et al.*, 2017).

#### **2.2.3.1. Goma laca**

A goma-laca é uma resina natural produzida como uma secreção do inseto *Laccifer lacca* e é composta por uma mistura complexa de polímeros de ácidos alifáticos e alicíclicos. Esta resina é solúvel em etanol e em soluções alcalinas e não é considerada uma substância com estatuto GRAS, pelo que apenas é permitida a sua utilização como aditivo alimentar indireto nos revestimentos edíveis (Rhim & Shellhammer, 2005).

Esta substância tem várias propriedades amigas do ambiente, sendo considerado um produto natural, orgânico, renovável e biodegradável. A goma-laca é compatível com outras resinas, aditivos e matérias-primas e tem boas propriedades de adesão e de formação de filmes. Quando aplicada em revestimentos edíveis, atua como agente que dá brilho e que forma uma barreira contra a humidade. Esta resina tem um ponto de fusão que varia entre os 77 °C e os 90 °C e quando esta é aquecida a temperaturas muito superiores, entre os 120 °C e os 150 °C, torna-se viscosa (Rhim & Shellhammer, 2005; A. F. Suter, UK).

A goma-laca é considerada uma substância não tóxica, hipoalergénica, sem sabor nem odor. É aceite como aditivo alimentar com o número E-904, de acordo com o regulamento europeu nº 231/2012 e com a FDA (A. F. Suter, UK).

### **2.3. Revestimentos edíveis à base de proteínas**

As proteínas são macromoléculas com estrutura molecular e sequências de aminoácidos específicas. A sua estrutura pode ser secundária, terciária e quaternária e pode ser modificada para controlar as propriedades físicas e funcionais das proteínas, tornando-as adequadas para aplicações específicas, como para a formação de filmes e revestimentos (Hammann & Schmid, 2014). Entre as características que as tornam apropriadas para este tipo de utilização, encontram-se as boas propriedades para formação de barreiras contra o oxigénio e o dióxido de carbono. No entanto, os revestimentos à base de proteínas têm uma resistência à humidade limitada, sendo que as suas propriedades mecânicas e de formação de uma barreira contra a entrada de água ficam comprometidas devido à hidrofiliabilidade inerente a estas macromoléculas (Cerqueira *et al.*, 2017).

No seu estado natural, as proteínas podem ser fibrosas ou globulares. As primeiras são insolúveis em água e constituem o principal material estruturante dos tecidos animais, sendo que o colagénio é um exemplo deste tipo de proteínas. Relativamente às globulares, tais como a proteína de soja, a de soro de leite, entre outras, são, geralmente, solúveis em água e em soluções aquosas, podendo existir exceções, como a zeína (Wittaya, 2012).

### **2.3.1. Zeína**

A zeína é a principal proteína presente no milho. É uma prolamina e dissolve-se em 70 % a 80 % de etanol. Esta é uma substância insolúvel em água, sendo que a sua natureza hidrofóbica provém do seu elevado conteúdo em aminoácidos (Wittaya, 2012). Assim, esta é particularmente rica em glutamina (21 % - 26 %), leucina (20 %), prolina (10 %) e alanina (10 %) (Shukla & Cheryan, 2001). Além disto, tem excelentes propriedades para formação de filmes edíveis e pode ser utilizada para o fabrico de filmes biodegradáveis, sendo considerada uma boa barreira ao vapor de água (Wittaya, 2012).

A zeína possui estatuto GRAS e é aprovada pela FDA para utilização na indústria alimentar (Nasrollahzadeh *et al.*, 2019).

Esta proteína é comercializada na forma de um pó amarelo e é muito utilizada na indústria alimentar em revestimentos edíveis de frutos secos e outras frutas para prolongar o seu tempo de prateleira, podendo ser também utilizada para outras aplicações na área farmacêutica e de tintas (Weiss *et al.*, 2012).

## **2.4. Métodos de aplicação do revestimento**

Para este projeto foram avaliadas as diferentes estratégias de aplicação de revestimento nos componentes alimentares, de forma a permitir obter uma camada uniforme, com boa adesão ao produto e com uma espessura aceitável, além de estabelecer um procedimento passível de ser utilizado futuramente a nível industrial.

Assim, existem diversos métodos de aplicação que podem ser utilizados, tais como a imersão, a aspersão, sob a forma de “cortina” ou *casting*.

### **2.4.1. Imersão**

Neste método, o produto é diretamente imerso na formulação do revestimento. Posteriormente, o excesso do revestimento é removido do produto sendo que, em seguida, este é seco ou deixado em

repouso para solidificar (Cerqueira *et al.*, 2017). Por outro lado, no caso deste projeto, a imersão pode ser uma vantagem no revestimento uniforme de produtos alimentares com superfície irregular. No entanto, este procedimento pode levar a alguns inconvenientes, tais como a formação de fendas no revestimento devido à necessidade de constante manipulação do cereal e à existência de elevados desperdícios de solução.

#### **2.4.2. Aspersão**

Esta estratégia de aplicação consiste na utilização de um bombo giratório, no qual se colocam os produtos a revestir, adicionando-se posteriormente o revestimento por diferentes meios, tais como por pulverização. Assim, com o bombo em movimento e à medida que se adiciona o revestimento, pretende-se promover uma eficiente dispersão e formação de uma cobertura regular sobre o componente alimentar (Beckett, 2009).

#### **2.4.3. Aplicação sob a forma de cortina**

Estes equipamentos estão equipados com um tanque, no qual o revestimento é colocado, e por um tapete onde se colocam os produtos alimentares a revestir. Este tapete está em constante movimento e é o responsável por transportar os produtos sob a “cortina” de revestimento, responsável pela cobertura sobre a superfície dos alimentos (Baldwin *et al.*, 2011).

#### **2.4.4. Casting**

O *casting* é uma técnica de aplicação de revestimentos edíveis em alimentos, em que a solução de revestimento é derramada numa superfície nivelada e deixada a secar, normalmente no interior de um espaço confinado. Este método permite a obtenção de filmes com espessura, textura e forma específicas (Baldwin *et al.*, 1994).

### **2.5. Avaliação das propriedades dos revestimentos**

#### **2.5.1. Propriedades físico-químicas do revestimento**

##### **2.5.1.1. Espessura do revestimento**

A espessura do revestimento edível de um componente alimentar está diretamente relacionada com a qualidade do produto, mais particularmente, com a textura, cor, sabor e eficiência do mesmo. Assim, se a espessura for demasiado fina, os componentes podem não ficar uniformemente revestidos ao longo de toda a sua superfície, pelo que pode levar à perda das qualidades físicas e

organolépticas do mesmo devido à entrada de água. No entanto, se esta for demasiado elevada também pode não ser desejável, uma vez que pode afetar a aparência do produto e influenciar a sua aceitabilidade entre os consumidores (Embuscada & Huber, 2009).

#### 2.5.1.2. Atividade da água

A água é um elemento fundamental nos alimentos. A medição da atividade da água providencia uma informação importante sobre a qualidade de um determinado produto alimentar e a possibilidade de crescimento microbiológico na sua superfície (Sandulachi, 2012).

A atividade da água ( $a_w$ ) é uma propriedade termodinâmica que traduz a quantidade de água que está disponível para os microrganismos e define o rácio entre a pressão de vapor de água em equilíbrio no alimento ( $p$ ) e a pressão de vapor de água pura à mesma temperatura ( $p_0$ ), como se pode observar pela Equação 1 (Featherstone, 2008; Sandulachi, 2012).

$$a_w = \frac{p}{p_0} \quad \text{Equação 1}$$

Esta pode variar entre 0 e 1, sendo que quanto maior o seu valor, mais água livre terá um dado sistema, ou seja, haverá mais água fracamente ligada ao substrato (Featherstone, 2008). A água livre nos produtos alimentares é responsável pelo crescimento de organismos indesejáveis, tais como bactérias e fungos e por reações químicas e bioquímicas, modificando algumas propriedades do produto, nomeadamente, a sua estabilidade microbiológica, cor, sabor, valor nutricional, durabilidade, textura e solubilidade (Sandulachi, 2012).

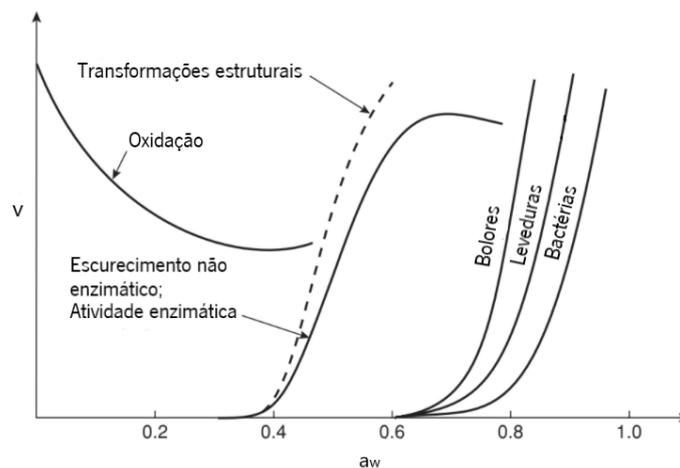
A atividade da água depende diretamente da composição do alimento, mas de forma indireta da temperatura, uma vez que a atividade da água de um alimento a baixa temperatura é menor do que a desse mesmo alimento à temperatura ambiente (Sandulachi, 2012; FDA, 2014).

A Figura 2 relaciona a velocidade de diferentes reações de deterioração dos alimentos em função dos diferentes valores de atividade da água.

Tal como se pode visualizar na mesma figura, o valor máximo para água pura é 1. Os alimentos com valores de atividade de água superiores a 0.9 têm uma grande probabilidade de sofrer contaminação microbiológica, uma vez que as soluções diluídas nos alimentos servem de substrato para o crescimento dos microrganismos. Por outro lado, para valores inferiores, isto é, entre os 0.4 e os 0.8, favorecem-se as reações químicas e enzimáticas. Para valores de atividade da água inferiores

a 0.6, o crescimento de microrganismos é residual ou inexistente e, abaixo dos 0.3, atinge-se a zona na qual não há dissolução dos componentes do alimento pela água, o que reduz a velocidade das reações, exceto a oxidação lipídica.

Assim, pode-se concluir que quanto menor o valor de atividade da água, maior a capacidade de conservação de um alimento (Chen, 2008).



**Figura 2.** Velocidade de diferentes reações de deterioração dos alimentos em função da atividade da água (Adaptado de Chen, 2008).

### 2.5.1.3. Análise de textura

A textura dos alimentos é definida pela *International Standards Organization* (ISO) como sendo a manifestação sensorial de todos os atributos reológicos, estruturais e de superfície de um produto alimentar perceptíveis por recetores mecânicos, tácteis, visuais e auditivos. Esta desempenha um papel fundamental na aceitação dos produtos alimentares por parte do consumidor, como os cereais ou bolachas. Além disto, também é considerada um parâmetro importante ao nível de garantia da qualidade e da segurança alimentar (Kadam *et al*, 2015; Pereira *et al.*, 2013).

A textura está relacionada com as propriedades físicas de produtos alimentares e com a sua composição química. Desta forma, entre as características texturais existentes, a dureza, flexibilidade e coesividade são propriedades fulcrais, avaliadas por descrição sensorial ou análise instrumental (Kadam *et al*, 2015; Pereira *et al.*, 2013).

Os cereais, de uma forma geral, apresentam uma estrutura granular ligeiramente compactada, onde o ar está preso entre os vários grânulos, distribuído de uma forma não uniforme (Pereira *et al.*, 2013).

#### 2.5.1.4. Porosidade

A porosidade é uma importante propriedade física que caracteriza a textura e a qualidade dos alimentos (Sahin & Sumnu, 2007). Podem-se distinguir alguns fatores dependentes da porosidade dos componentes alimentares, nomeadamente, as suas propriedades mecânicas, texturais e sensoriais, a compreensão dos fenómenos de transferência de massa e calor durante diversos tipos de operações de processamento alimentar e, finalmente, a qualidade e aceitação por parte do consumidor (Serenio *et al.*, 2007).

Os materiais porosos são classificados de acordo com o tamanho dos poros. A IUPAC classifica estes materiais em três categorias, podendo ser microporosos, com poros com diâmetros abaixo dos 2 nm; mesoporosos, tendo os mesmos entre 2 nm e 50 nm; e, finalmente, macroporosos, que apresentam diâmetros acima dos 50 nm (Solano-Umaña & Vega-Baudrit, 2015).

A porosidade ( $\epsilon$ ) caracteriza a estrutura vazia de um material, sendo definida como a fração volúmica de ar na amostra. O seu valor estimado é calculado a partir da densidade aparente e real do material, segundo a Equação 2 exposta abaixo (Boukouvalas *et al.*, 2006).

$$\epsilon = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \quad \text{Equação 2}$$

##### 2.5.1.4.1. Microscopia eletrónica de varrimento (MEV)

A MEV é um tipo de microscopia eletrónica que mostra uma imagem de alta resolução da superfície de uma determinada amostra que se pretende analisar através de um varrimento da mesma com recurso a um feixe de eletrões de elevada energia. Os eletrões interagem com os átomos na amostra, levando à produção de sinais que são posteriormente processados e que contêm informação acerca da superfície da mesma, em termos de topografia, composição, entre outras propriedades (Nasrollahzadeh *et al.*, 2019).

Para poderem ser caracterizadas por microscopia eletrónica, as amostras que se pretendem analisar têm de satisfazer diversas condições. Desta forma, estas devem ser sólidas, ter boa estabilidade física e química e um tamanho adequado para que caibam no interior da câmara do microscópio. Além disto, é necessário que estes sejam capazes de suportar o vácuo e devem apresentar uma boa condutividade elétrica superficial, de forma a prevenir a acumulação de carga eletrostática na superfície durante a irradiação de eletrões e melhorar a resolução do sinal e da superfície da amostra (Swapp, 2017). No caso de não serem condutoras, estas devem ser revestidas

antes da sua análise ao microscópio com um material condutor, como o ouro, prata, platina, entre outros (Zhou *et al.*, 2007).

Antes destas serem revestidas e analisadas, são colocadas em pinos de alumínio com fita adesiva de carbono eletricamente condutora para as prender aos pinos e permanecerem firmes aquando o processo de análise.

Relativamente ao seu modo de funcionamento, na microscopia eletrónica de varrimento, um feixe de eletrões varre uma amostra previamente colocada no interior do microscópio. Os eletrões são gerados no topo de uma coluna do microscópio e são emitidos, sendo que, posteriormente, são atraídos para um ânodo carregado positivamente. Toda esta coluna necessita de estar sob vácuo, que permite a obtenção de uma imagem de alta resolução. Tal como todos os componentes constituintes deste microscópio, a fonte de eletrões está selada dentro de uma câmara, de forma a preservar o vácuo e a protegê-la contra a contaminação, vibrações e ruído (Nanakoudis, 2019).

A trajetória dos eletrões é controlada por lentes eletromagnéticas que consistem em bobinas de fios. Quando a corrente elétrica passa por estas bobinas, gera-se um campo magnético. Uma vez que os eletrões são muito sensíveis a estes campos, o seu caminho dentro da coluna do microscópio pode ser controlado por estas lentes, através do ajuste da corrente que lhes é aplicada (Nanakoudis, 2019).

Relativamente à interação entre o feixe de eletrões e a amostra, pode ser gerada neste processo a emissão de diferentes tipos de radiação, eletrões e fótons. No caso deste tipo de microscopia, os tipos de eletrões mais abundantemente utilizados são os secundários, os retrodifundidos e os raios x, providenciando diferentes tipos de informação (Nanakoudis, 2019).

Os eletrões secundários produzidos desta interação são os mais utilizados, sendo que possuem uma baixa energia, pelo que apenas conseguem escapar de uma região a poucos nanómetros da superfície da amostra em análise, pelo que providenciam uma informação topográfica detalhada da mesma com uma boa resolução, permitindo visualizar a rugosidade e textura da amostra. A imagem topográfica está dependente da quantidade de eletrões secundárias que chegam ao detetor (Nanakoudis, 2019).

Já os eletrões retrodifundidos provêm de regiões localizadas mais nas camadas interiores da amostra e são muito sensíveis a diferenças no número atómico dos elementos, sendo que quanto maior este número for, mais brilhante aparecerá a imagem do material. Estes conseguem fornecer informação topográfica e da composição da amostra (Nanakoudis, 2019).

Por outro lado, a análise dos sinais de raios-x produzidos nesta interação constitui uma técnica microanalítica muito utilizada para procurar por informações químicas das amostras (Nanakoudis, 2019).

Além dos sinais utilizados mais comuns, também são gerados outros sinais durante a interação entre o feixe de elétrons e a amostra, nomeadamente, elétrons Auger, de catodoluminescência e transmitidos (Nanakoudis, 2019).

### **2.5.2. Análises microbiológicas do revestimento**

O Regulamento (CE) nº 2073/2005 estabelece os critérios microbiológicos aplicáveis a géneros alimentares, de forma a que os alimentos não contenham microrganismos nem as suas toxinas e metabolitos em quantidades que representem um risco para a saúde humana. Assim, são criados critérios que definem a aceitabilidade microbiológica dos alimentos, fixando um limite acima do qual um alimento deve ser considerado contaminado microbiologicamente (Comissão Europeia, 2005).

Desta forma, surge a necessidade de definir o conceito de “critério microbiológico”, que define a aceitabilidade de um produto, de um lote de géneros alimentícios ou de um processo, baseado na ausência ou na presença de microrganismos, ou no seu número e/ou na quantidade das suas toxinas/metabolitos, por unidade(s) de massa, volume, área ou lote (Comissão Europeia, 2005).

Os valores-guia, de acordo com o Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, identificam quatro grupos de alimentos prontos para consumo, sendo que, no grupo 1, fazem parte os alimentos que sofreram tratamento térmico; no grupo 2 incluem-se os alimentos compostos de alimentos totalmente cozinhados/pasteurizados, adicionados de componentes crus, carne ou peixe crus, prontos para consumo; o grupo 3 compreende os frutos e produtos hortícolas crus; e, finalmente, o grupo 4 abrange os alimentos ou seus componentes contendo flora específica própria (Instituto Ricardo Jorge, 2019).

A interpretação de resultados obtidos nos ensaios microbiológicos em alimentos prontos para consumo depende do número de unidades formadoras de colónias (UFC) por grama ou mililitro na amostra analisada e/ou da deteção ou não deteção de microrganismos patogénicos e/ou toxina(s), estando estes classificados em 3 níveis, sendo estes o satisfatório, em que o resultado analítico se encontra dentro dos valores previstos, ou seja, inferior ou igual ao valor máximo de referência; questionável, onde o resultado analítico é superior, inferior ou igual ao valor máximo admissível, indicando que há probabilidade de existirem falhas nos processos; e, finalmente, não satisfatório e/ou

potencialmente perigoso, em que o resultado analítico é superior ao valor máximo admissível e indica que há falhas nos processos, devendo-se esclarecer a causa provável (Instituto Ricardo Jorge, 2019).

## 2.6. Aumento de escala

O processo de aumento de escala, ou *scale up*, é um procedimento onde se gera conhecimento, de forma a transferir as ideias para implementações comerciais bem sucedidas. A criação deste conhecimento envolve investigação, consulta, experimentação, design e modelação, sendo que o principal objetivo desta criação é poder identificar, analisar e reduzir os riscos para níveis aceitáveis, de maneira a se ter uma implementação do processo de aumento de escala bem sucedida (Harmsen, 2019).

Este processo será constituído por um sistema com várias operações unitárias conectadas entre elas, permitindo converter as matérias-primas, que, neste caso, são os cereais e o revestimento, num produto final, que será os cereais revestidos. Cada operação unitária necessita da sua própria base de conhecimento, em termos de fenómenos de transferência de massa e de calor e de toda a termodinâmica envolvida na mesma (Harmsen, 2019).

No processo industrial de revestimento destes componentes alimentares recorre-se à utilização de tambores ou bombos rotativos, onde se cobrem os produtos com uma cobertura à base de gordura. Desta forma, inicialmente, os cereais são revestidos no interior do bombo, por aspensão da solução de revestimento, seguindo-se uma etapa de polimento e brilho da superfície do mesmo, de forma a ficar com uma melhor aparência. Além disto, também é preciso existir uma fase de arrefecimento, logo após a aplicação do revestimento, através da utilização de ar frio, para este poder secar na superfície dos componentes (Beckett, 2009).

No entanto, devem ser consideradas diversas variáveis de processo, em termos de equipamento e de método de aplicação. No que concerne ao bombo rotativo, é necessário ponderar o seu tamanho, mais concretamente, o seu comprimento, diâmetro e altura e a sua velocidade de rotação. Relativamente ao método de aspensão, deve-se ter em conta a temperatura interior e exterior ao bombo, condições de humidade e a taxa e fluxo de aspensão (Beckett, 2009).



### 3. Materiais e métodos

#### 3.1. Matérias-primas

Para este projeto, foram utilizados diversos tipos de componentes alimentares, nomeadamente, dois tipos de cereais esféricos de chocolate disponíveis no mercado (cereais 1 e 2); componentes esféricos de caseinato; cereais esféricos de trigo com diâmetros entre os 3 e os 6 mm (cereais 3); cereais de uma receita caseira composta por farinha de trigo, manteiga, açúcar e ovos; componentes esféricos de arroz extrudido; cereais esféricos revestidos por três tipos de chocolate (cereais 4); componentes esféricos de chocolate revestidos pelo próprio fornecedor (cereais 5) e, finalmente, pedaços gelificados de fruta (componentes 6), de alperce e de morango, estando todos estes expostos na Figura 3.



**Figura 3.** Cereais esféricos 1 (a), de caseinato (b), da receita caseira (c), cereais 2 (d), cereais 3 (e), cereais 4 (f), de arroz extrudido (g), cereais 5 (h) e componentes 6 (i).

Além disto, para as soluções de revestimento utilizadas para revestir os componentes alimentares, foram escolhidas várias combinações de matérias-primas, recorrendo-se a manteiga de cacau, chocolate negro com 73 % e 76 % de gordura, chocolate ruby, cera de abelha, cera de carnaúba e proteína zeína. Foram também utilizados outros produtos, como a goma laca, corante betacaroteno, celulose microcristalina, glicerol monoestereato, etanol e aroma de avelã.

## 3.2. Método de aplicação

### 3.2.1. Bombo de gragear

Esta estratégia de aplicação consiste na utilização de um bombo giratório (*Confikit*®), acoplado a um equipamento da marca “Kitchen Aid”, como revelado na Figura 4.



**Figura 4.** Bombo de gragear utilizado a nível laboratorial.

No bombo foram colocados os componentes a revestir, adicionando-se, posteriormente, a solução de revestimento por aspersão. Assim, com o bombo em movimento rotativo, à medida que se adiciona o revestimento, pretende-se promover uma eficiente dispersão e formação de uma cobertura regular sobre os componentes. Esta abordagem é normalmente utilizada na indústria durante o revestimento de frutos secos e produtos de confeitaria, sendo este instrumento uma versão semelhante e em menor escala dos equipamentos utilizados a nível industrial.

## 3.3. Formulações

Testaram-se inúmeras formulações de soluções de revestimento para aplicação nas várias amostras, com recurso às matérias-primas anteriormente mencionadas, como se pode observar na Tabela 2.

As diferentes formulações foram aplicadas nos componentes alimentares através da utilização de uma pipeta ou de uma pistola com ar comprimido.

**Tabela 2.** Formulações utilizadas e respectivas matérias-primas constituintes

Formulação	Constituição
1	97 % Manteiga de cacau, 2.5 % cera de abelha e 0.5 % corante betacaroteno
2	<u>1ª camada:</u> 4.85 % celulose microcristalina, 9.71 % glicerol monoestereato, 19.42 % água destilada e 66.02 % etanol <u>2ª camada:</u> 97 % manteiga de cacau, 2.5 % cera de abelha e 0.5 % corante betacaroteno
3	<u>1ª camada:</u> 27.3 % goma laca, 72.7 % etanol <u>2ª camada:</u> 48.6 % manteiga de cacau, 2.5 % cera de abelha, 48.6 % chocolate, 0.3 % aroma de avelã
4	48.6 % Manteiga de cacau, 2.5 % cera de abelha, 48.6 % chocolate e 0.3 % aroma de avelã
5	67.5 % Manteiga de cacau, 2.5 % cera de abelha e 30 % chocolate ruby
6	98 % Manteiga de cacau e 2 % cera de carnaúba
7	97.5 % Manteiga de cacau e 2.5 % cera de abelha
8	<u>1ª camada:</u> 98 % manteiga de cacau e 2 % cera de carnaúba <u>2ª camada:</u> 10 % proteína zeína e 90 % etanol
9	<u>1ª camada:</u> 10 % proteína zeína e 90 % etanol <u>2ª camada:</u> 98 % manteiga de cacau e 2 % cera de carnaúba

As aplicações dos revestimentos foram organizadas por ensaios, conforme se encontra explícito na Tabela 3.

Seguidamente, é feita uma breve explicação de todas as formulações realizadas e dos respetivos ensaios onde estas foram aplicadas. No final, também são comparadas as diversas condições de operação utilizadas em cada ensaio, em termos de método de aplicação da formulação, número de pás usadas no bombo de gragear, percentagem de gordura do chocolate utilizado, utilização de ar comprimido, velocidade de rotação do bombo de gragear, temperatura de aplicação da solução de revestimento e tempo de aplicação do revestimento.

**Tabela 3.** Ensaios realizados conforme a formulação, tipos de componentes e o método de aplicação

Ensaios	Formulações	Tipos de componentes	Método de aplicação
1	1	Cereais 1	Pipeta
2	2	Cereais 1	Pipeta
3	3	Cereais 2	Pipeta
4	4	Cereais de caseinato	Pipeta
5	4	Cereais da receita caseira	Pipeta/Pistola
6	4	Cereais 2	Pistola
7	4	Cereais da receita caseira	Pistola
8	4	Cereais 3	Pistola
9	4	Cereais de arroz extrudido	Pistola
10	5	Cereais 3	Pistola
11	6	Cereais 1	Pistola
12	6	Cereais 3	Pistola
13	7	Cereais 4	Pistola
14	7	Cereais 5	Pistola
15	8	Cereais 1	Pistola
16	9	Cereais 1 e 2	Pistola
17	4	Componentes 6	Pistola

### 3.3.1. Formulação 1

As quantidades percentuais das matérias-primas usadas para esta formulação são apresentadas na Tabela 2. Esta formulação foi utilizada para revestir os cereais esféricos de chocolate 1 usados no ensaio 1, apresentados na Figura 3 a).

É de salientar que esta formulação é constituída por 98 % de constituintes lipídicos hidrofóbicos, aproximadamente. Estes são dados muito relevantes, uma vez que definem a melhor eficiência e resistência física do revestimento face ao contacto com matrizes hidrofílicas.

### 3.3.2. Formulação 2

Para esta formulação utilizaram-se duas camadas de revestimento diferentes, nas quantidades percentuais apresentadas na Tabela 2.

A formulação 2 foi usada para revestir os cereais esféricos de chocolate 1 relativos ao ensaio 2, expostos na Figura 3 a).

A primeira camada de revestimento foi utilizada de forma a testar se se conseguia diminuir a porosidade da superfície dos cereais e, conseqüentemente, diminuir o tempo preciso para a aplicação da segunda camada, comparativamente ao que foi necessário na formulação 1.

A primeira camada foi aplicada nos cereais após uma correta homogeneização, tendo os cereais revestidos com esta solução de revestimento sido colocados numa estufa a 55 °C durante 20 minutos, de modo a deixar o etanol evaporar. Seguidamente, para a segunda camada, as matérias-primas foram dissolvidas num banho de aquecimento a uma temperatura de 75 °C.

### **3.3.3. Formulação 3**

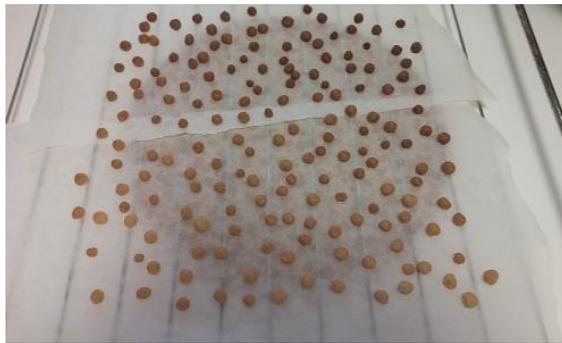
Para esta formulação empregaram-se duas camadas de solução de revestimento, uma primeira de goma laca dissolvida em etanol, bem homogeneizada e aquecida até aos 30 °C, de forma a evaporar o etanol, e outra com as matérias-primas usadas na formulação 4, nas quantidades percentuais presentes na Tabela 2. Utilizaram-se cereais esféricos de chocolate 2 para a aplicação da formulação 3, apresentados na Figura 3 d), para se poder comparar o seu comportamento com os cereais 1, de forma a analisar se os primeiros são menos porosos e se, portanto, se consegue reduzir o tempo de aplicação da solução de revestimento. Porém, é de notar que os cereais 2 são bastante porosos, tanto superficialmente como no seu interior.

### **3.3.4. Formulação 4**

Esta formulação foi aplicada em diferentes tipos de componentes alimentares, de forma a testar, no caso de obtenção de resultados que não fossem satisfatórios, se o problema é dirigido ao revestimento em si ou ao tipo de componente alimentar utilizado. Esta foi aplicada nos componentes correspondentes aos ensaios 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 17, mais particularmente, em cereais de caseinato, da receita caseira (com dois tipos de condições de operação), de chocolate 2, em cereais 3, de arroz extrudido e, finalmente, nos componentes 6, de maneira a se diversificar os componentes alimentares e avaliar a possibilidade de revestimento de outros produtos.

Refere-se que nesta formulação, para os diferentes ensaios, foram testados dois tipos diferentes de chocolate, com diferentes percentagens de gordura, mais particularmente, com 73 % e 76 % de gordura, de forma a avaliar a influência das diferentes quantidades percentuais de gordura na formulação final.

É de salientar que, no ensaio 5, se aplicou a formulação 4 nos cereais esféricos da receita caseira por estes serem mais duros, densos, pesados e com menor porosidade que os restantes utilizados noutros ensaios, tendo sido feitos a partir de uma receita composta por farinha de trigo, manteiga, açúcar e ovos, encontrando-se estes ilustrados na Figura 3 c). Estes cereais foram produzidos em laboratório, como se visualiza na Figura 5, e cozidos no forno a uma temperatura de 200 °C durante 10 minutos. Foram produzidas 180 g de cereais, à escala laboratorial, tendo-se constatado que estes apresentavam uma textura um pouco gordurosa ao toque. Depois de estarem feitos, estes foram colocados no interior de bombo de gragear para se proceder à aplicação da solução de revestimento. Numa primeira fase de aplicação foi utilizada a pipeta, no entanto, como os resultados não estavam a ser os esperados, posteriormente, recorreu-se à pistola com ar comprimido.



**Figura 5.** Cereais da receita caseira após saírem do forno.

### 3.3.5. Formulação 5

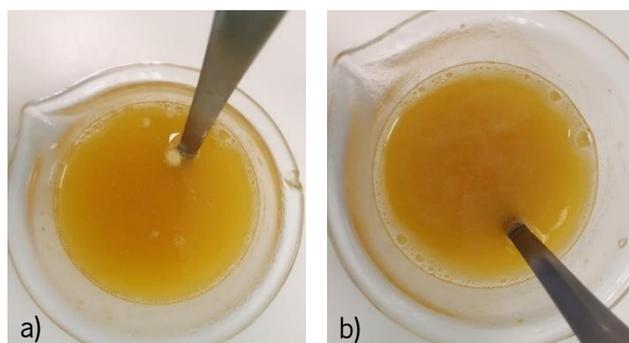
Esta formulação foi aplicada de forma a testar a utilização do chocolate ruby, tendo-se, para isto, utilizado os cereais 3, expostos na Figura 3 e), relativos ao ensaio 10. As matérias-primas usadas na solução de revestimento foram colocadas num banho de aquecimento a uma temperatura de 75 °C.

### 3.3.6. Formulação 6

A formulação 6 foi utilizada com o objetivo de perceber as diferenças entre a utilização da cera de abelha e a de carnaúba, sendo esta última uma cera vegetal que pode ter mais adesão do que uma cera com origem animal, em termos de aceitação do consumidor final dos cereais revestidos.

Nesta formulação, a cera de carnaúba, por ser um pó, foi dispersa na manteiga de cacau previamente aquecida a uma temperatura de 65 °C, através de uma correta homogeneização com recurso a uma varinha mágica, estando os resultados desta dispersão apresentados na Figura 6.

Além disto, após um teste rápido, foi também possível concluir que se deveria utilizar uma solução com 2 % de cera de carnaúba, sendo que acima deste valor a solução ficaria saturada.



**Figura 6.** Dispersão da cera de carnaúba na manteiga de cacau antes (a) e depois (b) da utilização da varinha mágica.

É de realçar que esta formulação é constituída por 98 % de constituintes lipídicos hidrofóbicos, aproximadamente. Estes são dados muito relevantes, uma vez que definem a melhor eficiência e resistência física do revestimento face ao contacto com matrizes hidrofílicas.

Esta formulação foi aplicada em esféricos de chocolate 1, apresentados na Figura 3 a) e em cereais esféricos 3, ilustrados na Figura 3 e), relativos, respetivamente, aos ensaios 11 e 12.

### 3.3.7. Formulação 7

Esta formulação é uma variação da formulação 1, utilizando-se as mesmas matérias-primas que nesta última, excetuando o corante betacaroteno, nas quantidades percentuais expostas na Tabela 2. Esta foi utilizada nos cereais dos ensaios 13 e 14. As matérias-primas usadas para fazer a solução de revestimento foram colocadas num banho de aquecimento a uma temperatura de 75 °C.

Os cereais esféricos 4 revestidos por três tipos de chocolate, apresentados na Figura 3 f) e os cereais esféricos 5 revestidos com chocolate, expostos na Figura 3 h), já vinham revestidos pelo fornecedor, embora este revestimento não fosse hidrofóbico. Este facto foi verificado através da realização de um teste rápido que permitiu perceber se o revestimento resistiria quando em contacto com uma matriz hidrofílica, sem amolecer. Desta forma, foram doseadas algumas amostras destes componentes em iogurte e, após 16 h, aproximadamente, denotou-se que estas amoleceram e que o revestimento se tinha desfeito.

Assim, nos ensaios 13 e 14, o objetivo da formulação 7 foi testar a possibilidade de se poder aplicar uma película que permitisse a hidrofobicidade, revestindo estes cereais com uma solução similar à formulação 1 que apresentou bons resultados noutros ensaios, apresentados seguidamente.

### **3.3.8. Formulação 8**

Nesta formulação utilizaram-se os cereais 1, expostos na Figura 3 a), anteriormente revestidos com a formulação 6, tendo-lhes sido aplicada, no ensaio 15, uma segunda camada constituída por etanol e proteína zeína, nas quantidades percentuais reveladas na Tabela 2. As matérias-primas utilizadas na solução de revestimento com a proteína foram colocadas num banho de aquecimento a uma temperatura de 37 °C, temperatura esta referida pelo fornecedor como a adequada para dissolver a proteína no etanol.

Esta formulação foi aplicada com o objetivo de verificar se a zeína confere brilho ao revestimento.

### **3.3.9. Formulação 9**

Para aplicação deste revestimento foi usada uma mistura de cereais 1 e 2, encontrando-se apresentados nas Figuras 3 a) e d). As matérias-primas utilizadas na solução de revestimento com a proteína foram colocadas num banho de aquecimento a uma temperatura de 37 °C, temperatura esta referida pelo fornecedor como a adequada para dissolver a proteína no etanol.

Esta formulação foi testada com o intuito de se aferir se a primeira camada, com a zeína, conseguiria dar mais estabilidade ao revestimento e, ao mesmo tempo, diminuir a porosidade da superfície dos cereais, diminuindo, conseqüentemente, o tempo necessário para a aplicação da segunda camada, comparativamente ao que foi necessário no ensaio 11 com a formulação 6.

### **3.3.10. Condições de operação**

Na Tabela 4 são apresentadas as condições de operação utilizadas em todos os ensaios, em termos de método de aplicação da respetiva formulação, número de pás usadas no bombo de gragear, percentagem de gordura do chocolate utilizado, utilização de ar comprimido, velocidade de rotação do bombo de gragear, temperatura de aplicação da solução de revestimento e tempo de aplicação do revestimento.

Pela análise da Tabela 4, percebe-se que, no ensaio 5, se utilizaram ambos os métodos de aplicação das soluções de revestimento, tendo-se utilizado o ar comprimido aquando o uso da pistola, sendo que esta última foi usada para testar se permitia uma melhor aspersão da solução de revestimento, diminuindo, conseqüentemente, o tempo de aplicação da solução, comparando à utilização da pipeta.

Salienta-se que, a partir do ensaio 6, se começou a utilizar apenas uma pá no bombo de gragear, ao invés das duas que vinham originalmente no bombo, com o objetivo de testar se os cereais se partiam menos e se haveria um menor impacto no revestimento já aderido, que se poderia desintegrar devido ao constante embate dos mesmos contra as pás, durante a rotação do bombo quando em funcionamento.

**Tabela 4.** Condições de operação, em termos de método de aplicação das formulações ( $M_{ap}$ ), percentagem de gordura do chocolate utilizado ( $G_{ord}$ ), número de pás usadas no bombo de gragear ( $N_{pás}$ ), utilização de ar comprimido ( $Ar_{comp}$ ), velocidade de rotação do bombo de gragear ( $v$ ), temperatura de aplicação da solução de revestimento ( $T_{ap}$ ) e tempo de aplicação do revestimento ( $t_{ap}$ ) nos diversos ensaios

Ensaio	$M_{ap}$	$G_{ord} / \%$	$N_{pás}$	$Ar_{comp}$	$v / \text{rpm}$	$T_{ap} / ^\circ\text{C}$	$t_{ap} / \text{h}$
1	Pipeta	-	2	Não	48	70	9
2	Pipeta	-	2	Não	48	70	12
3	Pipeta	73	2	Não	48	70	6.5
4	Pipeta	73	2	Não	48	70	12
5	Pipeta/pistola	73	2	Não/Sim	48	70	12
6	Pistola	73	1	Sim	48	70	8
7	Pistola	76	1	Sim	48	70	7
8	Pistola	76	1	Sim	48	70	7
9	Pistola	76	1	Sim	48	70	20
10	Pistola	36	1	Sim	48	70	1.5
11	Pistola	-	1	Sim	48	70	8
12	Pistola	-	1	Sim	48	70	8
13	Pistola	-	1	Sim	48	70	4
14	Pistola	-	1	Sim	48	70	8
15	Pistola	-	1	Sim	48	70/37	0.5
16	Pistola	-	1	Sim	48	37/70	8
17	Pistola	76	1	Sim	48	70	16

### 3.4. Preparados Frulact

Todos os diversos componentes uniformemente revestidos que se obtiveram nos vários ensaios foram aplicados em preparados Frulact (xaropes estabilizados) 1 dia após a secagem apropriada do

revestimento. Assim, colocaram-se os componentes revestidos em pequenos recipientes, numa proporção de 10 % de produtos revestidos para 90 % de xarope, sendo que, para cada formulação, foram colocadas amostras em dois recipientes, contendo um deles xarope com um °Brix de 30 e outro de 50, à chama, da forma mais asséptica possível em laboratório. A razão para se incorporar cada formulação em dois xaropes com °Brix diferentes é pelo facto de estes conterem diferentes quantidades de sólidos solúveis e de água livre na sua constituição. O xarope com um °Brix de 30 terá menor quantidade de sólidos solúveis e mais água livre comparativamente ao segundo xarope, pelo que a incorporação dos cereais revestidos em cada um dos dois preparados permite analisar e comparar a evolução dos componentes ao longo do tempo em termos de estabilidade da estrutura do revestimento, uma vez que, quanto maior a quantidade de água livre no sistema, mais comprometida poderá estar a estrutura do mesmo.

Estes xaropes foram produzidos utilizando diferentes quantidades das mesmas matérias-primas, tendo-se usado água, xarope de glucose/frutose de trigo, açúcar, amido modificado de milho, pectina, cloreto de cálcio, sumo de limão e um conservante, nas proporções apresentadas na Tabela 5. Este conservante apenas foi utilizado por não se ter trabalhado em condições de assepsia.

**Tabela 5.** Ingredientes e respetivas proporções utilizados para a produção dos xaropes com °Brix de 30 e 50

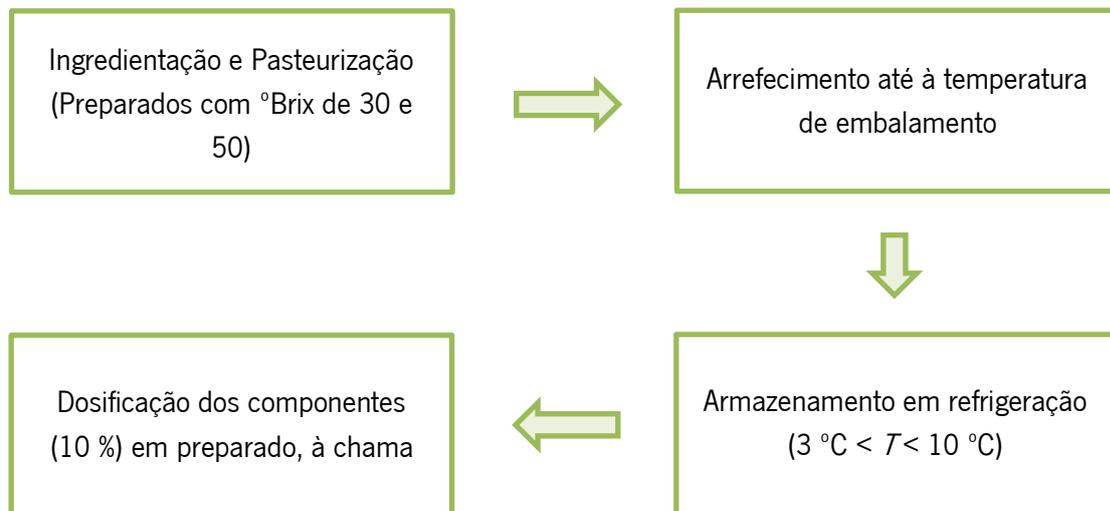
<b>Ingredientes</b>	<b>Preparado °Brix de 30 /%</b>	<b>Preparado °Brix de 50 /%</b>
Açúcar	13.50	29.70
Xarope Glucose/Frutose	11.70	13.50
Água	61.09	43.40
Hidrocolóides	3.20	2.93
Sumo de limão	0.41	0.38
Cloreto de cálcio	0.02	0.01
Conservante	0.09	0.09
Componentes revestidos	10	10

As formulações destes preparados utilizadas nestes ensaios piloto resultam de testes realizados anteriormente em pequena escala para averiguar as melhores formulações, isto é, as que permitam a dispersão uniforme e a estabilização dos componentes revestidos no preparado ao longo do seu tempo de vida.

No final do processo de produção destes xaropes, estes foram pasteurizados a 90 °C, sendo que estas altas temperaturas permitem garantir a funcionalização dos hidrocolóides e a máxima eliminação de microrganismos no xarope.

No final, retiraram-se duas amostras para medição dos parâmetros do °Brix, viscosidade e pH, no momento de finalização da confeção e 1 dia após a realização deste procedimento, de forma a analisar se os valores estão dentro dos limites especificados e comparar a evolução da consistência, acidez e doçura de ambos os preparados. Após esta etapa de pasteurização, seguiu-se o arrefecimento dos preparados até à temperatura de embalagem e o armazenamento em refrigeração, a uma temperatura entre os 3 °C e os 10 °C.

Na Figura 7 encontra-se esquematizado o método de aplicação dos componentes alimentares nos preparados Frulact.



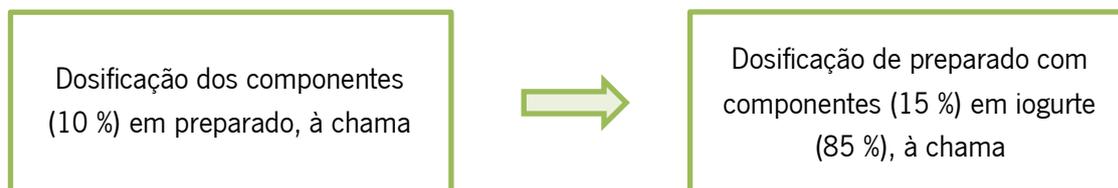
**Figura 7.** Esquema da incorporação de componentes alimentares em preparados Frulact.

### 3.5. Dosificação em iogurte

Os componentes alimentares foram incorporados a 10 % nos preparados Frulact, à chama, de forma a fazer o processo de forma mais asséptica possível em laboratório, sendo que se prepararam 5 recipientes desta dosificação para cada tipo de xarope, uma vez que estes serão utilizados para a análise da textura dos componentes revestidos 1 dia após incorporados e uma vez por semana, ao longo de 1 mês. De seguida, foram aplicados 15 % da mistura xarope com cereais em iogurte batido, também à chama pelas mesmas razões, ficando uma percentagem final de 85 % iogurte e 15 % de preparado com cereais, ou seja, 1.5 % de cereais revestidos em iogurte.

A razão pela qual os componentes revestidos foram doseados em xarope antes da sua incorporação em iogurte está relacionada com o facto de a empresa apenas comercializar produtos de base aquosa, como são os preparados.

Na Figura 8 está esquematizada a incorporação dos preparados com componentes alimentares em iogurte.



**Figura 8.** Esquema da incorporação de preparado com componentes alimentares em iogurte.

### 3.6. Dosificação no gelado

Os componentes revestidos foram incorporados a 10 % diretamente em gelado, sendo que foram aplicadas amostras de apenas alguns tipos de componentes. A análise à crocância dos mesmos e da resistência dos revestimentos em termos da existência de quebras foi caracterizada apenas em termos visuais e de prova sensorial.

### 3.7. Propriedades físico-químicas do revestimento

#### 3.7.1. Espessura do revestimento

De forma a obter a espessura do revestimento, foi medida a espessura de um conjunto de 10 componentes sem revestimento e 10 componentes revestidos, calculando as médias e obtendo a espessura média do revestimento em si. Esta medição foi realizada com recurso a um paquímetro da marca *Mitutoyo*® 25 mm.

#### 3.7.2. Massa do revestimento

A massa de revestimento utilizado foi analisada através da pesagem da massa individual de cada uma das amostras sem revestimento e revestidas, fazendo, posteriormente, os cálculos das médias. Esta avaliação foi realizada com recurso a uma balança analítica (Kern ABJ-NM/ABS-N).

#### 3.7.3. Atividade da água

Foi realizada a medição da atividade da água a diversas amostras das diferentes formulações, sendo que se utilizou 2 a 3 cereais esmagados, no caso dos componentes com diâmetros elevados

como os cereais 1 e, aproximadamente, 10 cereais no caso dos com baixo diâmetro, como os cereais 3, os de arroz extrudido e os da receita caseira. Os componentes revestidos para análise foram colocados em recipientes apropriados. Este parâmetro foi quantificado por um medidor da atividade da água *Aqualab*® 4TE.

#### 3.7.4. Análise de textura

Para a execução da análise de textura, foram selecionadas 10 amostras de cada uma das diferentes formulações de componentes revestidos secos para efetuar o estudo. Após incorporação dos componentes alimentares nos dois tipos de preparados estabilizados, foram analisadas, para cada um dos vários períodos de tempo, 20 amostras de cada uma das formulações, 10 das quais estando colocadas em xarope com um °Brix de 30 e outras 10 amostras em °Brix de 50.

Para a realização dos testes recorreu-se a um texturómetro *Stable Micro Systems*, com a utilização do *software Exponent*. Para a compressão dos cereais foi utilizada uma sonda com 2.5 mm de diâmetro cilíndrica de alumínio, com a indicação para comprimir 50 % do componente.

De forma a compreender melhor os resultados obtidos neste projeto, apresentados no capítulo dos resultados e discussão, são apresentados, na Figura 9, dois tipos de perfis, um de um cereal crocante e outro de um cereal húmido.

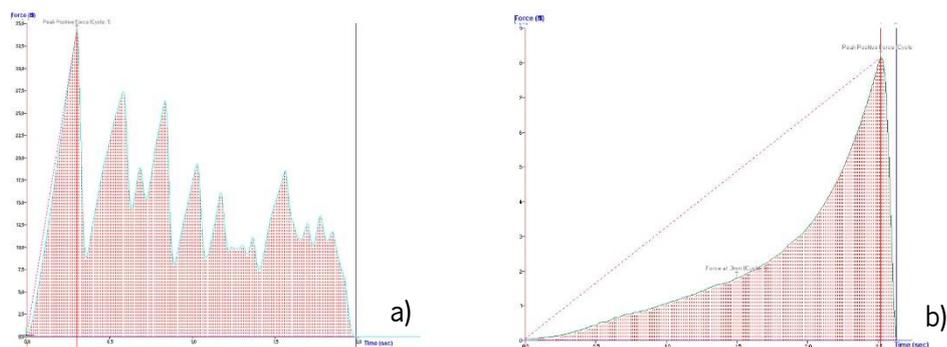


Figura 9. Perfil de compressão de um cereal crocante (a) e de um cereal mole (b).

As formulações destes preparados utilizadas nestes ensaios piloto resultam de testes realizados anteriormente em pequena escala para averiguar as melhores formulações, isto é, as que permitam a dispersão uniforme e a estabilização dos componentes revestidos no preparado ao longo do seu tempo de vida.

No final do processo de produção destes xaropes, estes foram pasteurizados a 90 °C, sendo que estas altas temperaturas permitem garantir a funcionalização dos hidrocolóides e a máxima eliminação de microrganismos no xarope.

### 3.7.5. Análise de porosidade

As análises no microscópio eletrónico de varrimento realizaram-se utilizando amostras de diferentes tipos de cereais, com o objetivo de estudar a porosidade superficial destes materiais.

Os estudos foram concretizados num laboratório do Centro de Engenharia Biológica da Universidade do Minho. O equipamento utilizado foi um microscópio modelo Phenom ProX-SEM, que permite trabalhar com uma gama de ampliação entre 20 e 100000 vezes.

Os cereais foram revestidos previamente com uma fina película de 2 nm de ouro, para uma melhor condutividade elétrica. As amostras foram adicionadas a pinos de alumínio com fita adesiva de carbono eletricamente condutora, antes de começar este revestimento e, durante a análise no microscópio, foram percorridas por um feixe de eletrões acelerado com uma tensão com 10 kV.

Os cereais em estudo foram os de arroz extrudido e os cereais 1 e 3. É de referir que, relativamente aos cereais de arroz extrudido, foram usadas várias amostras, divididas entre dois pinos de alumínio, por terem dimensões muito reduzidas e para se ter uma maior área para analisar. A ilustração da preparação destes cereais utilizados nestas análises é apresentada na Figura 10.



**Figura 10.** Preparação dos cereais 1, de arroz extrudido e dos cereais 3 para análise de porosidade superficial.

### 3.8. Análises microbiológicas dos cereais revestidos

Foram realizadas análises microbiológicas para diversos tipos de cereais revestidos, nomeadamente, para amostras dos ensaios 1, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 e 17, mais concretamente, para os cereais 1 revestidos com a formulação 1 e 6, os da receita caseira e de arroz extrudido revestidos com a formulação 4, os cereais 3 com revestimento da formulação 4 e 6, os cereais 4 e 5 revestidos com a formulação 7 e os componentes 6 com revestimento da formulação 4.

Desta forma, para o referido estudo, foi analisada a presença de carga esporulada, mesófilos totais, fungos filamentosos e leveduras nos vários componentes revestidos.

É de salientar que os procedimentos que foram adotados e seguidos na Frulact têm por base as normas ISO para quantificação de mesófilos totais (ISO 4833:2013) e quantificação de fungos filamentosos/leveduras (ISO 21527:2008).

A preparação dos meios utilizados nas análises foi realizada no dia anterior às análises em si, tendo sido colocados em autoclave para se proceder a uma esterilização, com recurso a um binómio de temperatura e tempo de 121 °C durante 15 minutos. Após esta etapa, os meios foram plaqueados ou colocados em determinadas estufas.

O método utilizado nestas análises foi a contagem de placas. Este método consiste na homogeneização das amostras em estudo, na sua diluição e posterior plaqueamento com ou sobre um determinado meio adequado, por incorporação ou espalhamento, sendo, por fim, incubados em estufas em condições previamente estabelecidas. Após um tempo de incubação definido, as colónias visíveis são contadas, sendo que esta contagem é apresentada em unidades formadoras de colónias (UFC) por grama. Note-se que não é possível contabilizar acima de 300 colónias por placa, sendo que, se isto acontecer, se deve proceder a uma segunda diluição.

Desta forma, procedeu-se à preparação das amostras. Para a análise da carga esporulada, foi necessário colocar 50 g de cada amostra, misturada com 450 g de água peptonada tamponada (BPW), da forma mais asséptica possível em laboratório, numa proporção de 9:1, durante 60 segundos num homogeneizador *Stomacher*. Em relação aos mesófilos totais, fungos filamentosos e leveduras, foram homogeneizadas, da mesma forma, 10 g de cada amostra misturadas com 90 g de BPW, na mesma proporção anteriormente referida.

### **3.8.1. Carga mesofílica**

Após a realização da primeira parte, transferiu-se 1 mL de cada suspensão, em duplicado, para placas de Petri estéreis. Seguidamente, verteu-se sobre cada placa o meio *Plate Count Agar* (PCA), através da técnica de incorporação e coloca-se numa estufa a 30 °C, sendo que a incubação ocorreu durante 3 dias.

### **3.8.2. Fungos filamentosos e leveduras**

Após também a realização da etapa inicial, transferiu-se 200 µL de cada suspensão, em duplicado, para placas de Petri estéreis, com o meio de agar DG18 previamente plaqueado nas

mesmas, utilizando, posteriormente, a técnica de espalhamento. A incubação ocorreu numa estufa a 25 °C durante 5 dias.

### **3.8.3. Organismos formadores de esporos**

Após a realização da primeira fase já explicada, transferiu-se 40 mL de cada suspensão para um tubo de Falcon estéril e colocaram-se todos os tubos num banho de aquecimento a uma temperatura de 85 °C durante 10 minutos. De seguida, arrefeceram-se estes tubos, em água fria, até à temperatura ambiente, de forma a submeter a carga microbiológica a stress térmico e, conseqüentemente, a formar esporos. De seguida transferiu-se 1 mL, de cada suspensão, em duplicado, para placas de Petri estéreis.

#### **3.8.3.1. Mesófilos formadores de esporos aeróbios**

Colocou-se a suspensão anterior num meio PCA e incubou-se durante 3 dias a 30 °C.

#### **3.8.3.2. Termófilos formadores de esporos aeróbios**

Colocou-se a suspensão anterior num meio PCA e incubou-se durante 2 dias a 55 °C.

#### **3.8.3.3. Mesófilos formadores de esporos anaeróbios**

Colocou-se a suspensão anterior num meio de *Reinforced Clostridium Agar* (RCA) e incubou-se durante 3 dias a 30 °C, num ambiente anaeróbio.

#### **3.8.3.4. Termófilos formadores de esporos anaeróbios**

Colocou-se a suspensão anterior num meio de RCA e incubou-se durante 2 dias a 55 °C, num ambiente anaeróbio.

## **4. Resultados e discussão**

### **4.1. Testes de aplicação da solução de revestimento**

A aplicação das formulações foi realizada com recurso à utilização de uma pipeta ou de uma pistola com ar comprimido, que permitiram fazer a aspersão da solução para os componentes alimentares, de maneira a criar uma camada homogénea sobre a superfície dos mesmos. Recorreu-se à pistola como um método alternativo ao da pipeta, com o objetivo de diminuir o tempo de aplicação da solução de revestimento e de se conseguir uma aspersão mais ampla e efetiva.

Ao longo das sessões de aplicação das soluções de revestimento, contabilizou-se uma determinada percentagem de desperdícios nos diferentes testes, quer de componentes alimentares, quer de solução.

Relativamente aos componentes, este desperdício ocorreu por causa de múltiplos fatores. No caso da utilização da pipeta como método de aplicação, foi devido ao facto de os cereais ficarem mal revestidos, aderidos uns aos outros ou partidos quando batiam na pá do bombo de gragear em funcionamento. No caso da aplicação com recurso à pistola, acrescenta-se também o facto de os componentes saltarem para fora do bombo, por causa da pressão com que o ar comprimido é lançado para o interior do mesmo. No que concerne ao desperdício de solução, este acontecia porque a solução ficava aderida às paredes do bombo de gragear ao longo das sessões de aplicação. No caso da utilização da pistola, acresce o facto de a solução também ficar aderida nas paredes do copo que faz parte da estrutura da pistola, onde se verte a solução.

Salienta-se que a secagem dos revestimentos, após a aplicação dos mesmos nos componentes alimentares, foi realizada por exposição ao ar, à temperatura ambiente, um pouco abaixo dos 20 °C, de forma a facilitar o processo.

#### **4.1.1. Aplicação com recurso a uma pipeta**

Os valores da massa dos cereais com e sem revestimento utilizados, do total de solução de revestimento utilizada e aderida aos componentes, do desperdício de solução e de cereais e do total de cereal e de revestimento em cada componente revestido encontram-se presentes na Tabela 6.

Analisando a Tabela 6, denota-se que o ensaio 1 foi onde se utilizou uma maior quantidade de solução de revestimento, sendo que foi também o que obteve uma maior quantidade de solução aderida, dado que a percentagem de desperdício de solução foi a mais baixa dentro dos valores dos restantes ensaios na tabela.

No que concerne ao desperdício de solução e de cereais ao longo do processo de revestimento, o ensaio 3 foi onde se registaram as maiores percentagens de desaproveitamento, sendo que neste último e no ensaio 4, o elevado desperdício de cereais ocorreu devido ao facto de, durante a aplicação da solução de revestimento, se ter observado, ao longo do tempo, que, por os componentes serem bastante porosos no seu interior, se partiam muito facilmente quando batiam nas pás do interior do bombo de gragear em funcionamento, pelo que foram registados muitos cereais desperdiçados.

Relativamente ao facto de a quantidade de solução aderida ser consideravelmente inferior à quantidade de solução utilizada, isto deve-se ao facto de esta ficar aderida às paredes do bombo de gragear ao longo das sessões de aplicação, como já foi referido anteriormente.

Observando os dados do ensaio 5, afere-se que o mesmo não decorreu da forma esperada, não se tendo obtido quaisquer resultados, o que será explicado em maior detalhe seguidamente.

**Tabela 6.** Parâmetros relativos à massa inicial ( $M$ ) e final ( $M$ ) dos cereais revestidos, do total de solução utilizada ( $S_{ut}$ ) e aderida ( $S_{ad}$ ) aos componentes, do desperdício de solução ( $D_s$ ) e de componentes ( $D_c$ ) e da quantidade de componente ( $Total_c$ ) e de revestimento ( $Total_r$ ) em cada componente revestido, relativos a todos os ensaios onde a aplicação do revestimento foi realizada com recurso a uma pipeta

Parâmetros	Ensaio				
	1	2	3	4	5
$M_i$ /g	150	114	150	100	180
$M_f$ /g	392	253	209	219	465
$S_{ut}$ /g	400	350	255	250	-
$S_{ad}$ /g	238	139	59	146	-
$D_s$ /%	41	60	77	53	-
$D_c$ /%	6	6	22	16	-
$Total_c$ /%	39	45	72	46	-
$Total_r$ /%	61	55	28	54	-

Após a finalização da aplicação da solução e secagem dos cereais revestidos, observou-se que, relativamente aos ensaios em questão na Tabela 6, os cereais 1, correspondentes ao ensaio 1, foram os únicos que obtiveram um revestimento adequado, no sentido de o revestimento se encontrar totalmente uniforme ao longo de toda a superfície dos cereais, como se observa na Figura 11.



**Figura 11.** Cereais 1 após a aplicação e secagem do revestimento da formulação 1.

Nos restantes ensaios, nomeadamente, no ensaio 2, 3, 4 e 5, os resultados do processo de revestimento não foram os esperados, sendo que se encontra abaixo uma breve justificação dos resultados obtidos.

- **Ensaio 2**

Após a fase da secagem do revestimento, verificou-se que o revestimento produzido não era totalmente uniforme ao longo de toda a superfície dos cereais, tendo este um tom amarelado e muitas fissuras, sendo que estas foram causadas pelo embate dos mesmos nas pás do bombo de gragear em funcionamento. Os cereais revestidos são apresentados na Figura 12.



**Figura 12.** Cereais 1 após a aplicação e secagem do revestimento da formulação 2.

Além disto, notou-se que o tempo de aplicação, comparado ao da formulação 1, no mesmo tipo de cereais, não diminuiu e que a porosidade da superfície dos cereais não foi muito reduzida. Além disto, a aplicação da referida primeira camada leva a que seja necessário mais tempo para a realização do processo de revestimento e à adição de mais matérias-primas, sendo que o resultado

final é idêntico ao de um produto com uma menor quantidade de matérias-primas e mais rápido em termos processuais, pelo que, por todos estes motivos, se considerou esta formulação inviável.

- **Ensaio 3**

A formulação 3 é constituída por duas camadas, tendo a primeira goma laca e etanol e a segunda sendo formada por manteiga de cacau, cera de abelha, chocolate e aroma de avelã, como já foi referido na Tabela 2.

A goma laca foi utilizada neste ensaio na tentativa de reduzir a porosidade dos cereais, de forma a se poder proceder a uma melhor e mais rápida aplicação da segunda camada de revestimento.

Depois de aplicada a primeira camada de solução, notou-se que muitos cereais ficaram partidos após baterem nas pás do bombo de gragear em funcionamento, como se observa na Figura 13, uma vez que estes cereais são bastante frágeis e possuem uma elevada porosidade interior.

Após a aplicação da primeira solução, denotou-se que a goma laca permitiu, de facto, fechar alguns poros nos cereais que não ficaram completamente quebrados e, assim, torná-los mais resistentes ao processo, apesar de alguns componentes terem apresentado pequenas fissuras na sua superfície. No entanto, após a aplicação da segunda camada, observou-se a formação de pequenos aglomerados de solução em cada cereal, sem esta conseguir cobrir uniformemente a superfície dos componentes alimentares, como se pode ver na Figura 13 c). Isto pode justificar-se pelo facto de a aplicação ter sido realizada com recurso a uma pipeta, que não permitiu uma dispersão uniforme da solução, levando à existência de uma maior quantidade de solução em certos pontos dos cereais que, ao solidificar rápido, conduzia à formação de pequenos aglomerados nesses pontos, uma vez que a solução de revestimento, após as primeiras aplicações, começava a arrefecer gradualmente no recipiente com o decorrer do tempo. Se a solução for aplicada a uma temperatura sempre elevada, na ordem dos 70 °C, o tempo necessário para que a temperatura reduza até um valor correspondente à solidificação do revestimento é maior, permitindo, por isso, uma maior eficiência no espalhamento da solução pela superfície dos cereais, cobrindo-os uniformemente. Assim, aplicando este princípio, notou-se que os cereais começaram a ficar melhor revestidos, mas não o suficiente para ficarem com um revestimento uniformemente aplicado, pelo que se decidiu aplicar algumas amostras destes componentes revestidos em água, de forma a avaliar de forma rápida se os cereais se encontravam corretamente revestidos.

Por outro lado, a adição da camada com a goma laca leva a que seja necessário mais tempo para a realização do processo de revestimento, sendo que o resultado final é idêntico a um produto

com uma menor quantidade de matérias-primas, ou seja, sem goma laca aplicada, e mais rápido de se realizar em termos processuais, como foi concluído pela realização da formulação 4 no ensaio 4.



**Figura 13.** Ilustrações do desperdício de cereais 2 revestidos apenas com goma laca (a), dos componentes com quebras na sua superfície (b), e dos aglomerados de solução de revestimento formados na superfície dos cereais (c).

- **Ensaio 4**

Após o processo de aplicação e secagem da solução de revestimento, que gerou um elevado desperdício de cereais, verificou-se que se originou um revestimento não uniforme ao longo da superfície dos cereais, em tons acastanhados devido à presença do chocolate, tal como ilustrado na Figura 14 c), também se tendo notado a presença de fissuras e pequenas quantidades de solução acumuladas em cada cereal, sem esta se encontrar uniformemente espalhada na superfície dos cereais.

A ilustração destes cereais revestidos e do desperdício gerado no seu processo de revestimento está apresentada na Figura 14.



**Figura 14.** Cereais de caseinato desperdiçados após uns minutos no interior do bombo de gragear em funcionamento (a), cereais de caseinato parcialmente revestidos com muito desperdício no interior do bombo de gragear (b) e cereais de caseinato após a aplicação e secagem do revestimento da formulação 4 (c).

- **Ensaio 5**

Durante as primeiras aplicações da solução utilizada, constatou-se que os cereais começaram a ficar aderidos uns aos outros e às paredes do bombo de gragear muito facilmente, devido ao facto de estes cereais já serem gordurosos por si próprios e por a secagem não ser feita tão rapidamente como o desejado. Assim, procedeu-se à utilização de ar comprimido para testar se a secagem da solução decorreria de uma forma mais adequada. Contudo, continuou-se a assistir à adesão dos cereais da mesma maneira. Portanto, foi necessário colocar o bombo de gragear num ambiente refrigerado, a 5 °C, para tentar que o arrefecimento acontecesse mais rapidamente. Após algumas aplicações desta forma, percebeu-se que, não só os cereais se começaram a colar menos uns aos outros e às paredes do bombo, como a secagem da solução era feita mais rapidamente. No entanto, a aplicação da solução com pipeta e o rápido arrefecimento da solução após a sua aplicação levou ao aparecimento de aglomerados na superfície dos cereais, que tornaram o revestimento pouco uniforme. De maneira a facilitar o processo de revestimento, melhorar a dispersão da solução e diminuir o tempo da sua aplicação, testou-se alterar o método de aplicação para uma pistola com ar comprimido, mas, mesmo assim, não foi possível obter cereais com um revestimento mais uniforme. Além disto, denotou-se a origem de algum desperdício de cereais, devido ao embate dos cereais revestidos nas pás do bombo em funcionamento, apesar destes cereais serem bastante duros e menos porosos que os restantes utilizados. A ilustração destes cereais mal revestidos encontra-se apresentada na Figura 15.

Contudo, uma vez que o método da pistola com ar comprimido resultou numa melhoria do processo de revestimento, decidiu-se prosseguir com a utilização do mesmo nos ensaios seguintes, numa área diferente cujas temperaturas, apesar de não serem controladas, rondam os 18 °C.



**Figura 15.** Cereais da receita caseira após a aplicação da solução de revestimento da formulação 4.

#### 4.1.2. Aplicação com recurso a uma pistola com ar comprimido

Os valores da massa dos componentes alimentares com e sem revestimento utilizados, do total de solução de revestimento utilizada e aderida aos cereais, do desperdício de solução e de cereais e do total de componente e de revestimento em cada componente revestido encontram-se presentes na Tabela 7.

Analisando os dados da referida tabela, percebe-se que as percentagens de desperdício de solução de revestimento foram bastante elevadas em praticamente todos os ensaios, tendo, na maior parte dos casos, ultrapassado os 50 % de desaproveitamento, pelo que isto demonstra que as condições utilizadas a nível laboratorial podem não ter sido as melhores, mais concretamente, em termos de temperatura da zona onde se realizava a aplicação das formulações, da dimensão e porosidade dos vários componentes alimentares testados, das diferentes constituições das diversas soluções de revestimento usadas, da forma como estas eram aplicadas nos componentes, recorrendo a uma pipeta ou a uma pistola com ar comprimido, em termos de se conseguir ou não a dispersão correta na superfície dos componentes, ou, finalmente, do número de pás utilizadas no bombo de gragear em funcionamento, ao nível de controlo da quantidade de vezes em que os componentes embatiam nas mesmas.

Relativamente à quantidade de solução utilizada, o ensaio 15 foi onde foi precisa uma menor quantidade de solução para conseguir revestir corretamente os cereais, pois estes já se encontravam revestidos com a formulação 6, pelo que a segunda camada foi utilizada para se perceber se a formulação conferia brilho aos componentes, o que se verificou, não tendo sido necessária muita quantidade de solução da formulação 8 para os conseguir revestir uniformemente. Por outro lado, o ensaio em que foi necessária mais solução foi o ensaio 6, uma vez que estes últimos cereais têm elevadas dimensões, levando a que tenha de se utilizar mais solução para os conseguir revestir. Denota-se que, no ensaio 9, foi também necessária uma elevada quantidade de solução para conseguir revestir uniformemente os cereais, devido ao facto de, apesar de os cereais serem pequenos, são bastante porosos e frágeis, sendo que estes poros são de elevadas dimensões, o que dificulta o revestimento da superfície dos componentes alimentares. Além disto, também os componentes do ensaio 17 precisaram de uma elevada quantidade de solução de revestimento, uma vez que, como não possuem uma estrutura esférica, foi necessária mais solução para os revestir corretamente.

**Tabela 7.** Parâmetros relativos à massa inicial ( $M_i$ ) e final ( $M_f$ ) dos cereais revestidos, do total de solução utilizada ( $S_{ut}$ ) e aderida ( $S_{ad}$ ) aos componentes, do desperdício de solução ( $D_s$ ) e de componentes ( $D_c$ ) e da quantidade de componente ( $Total_c$ ) e de revestimento ( $Total_r$ ) em cada componente revestido, relativos a todos os ensaios onde a aplicação do revestimento foi realizada com recurso a uma pistola com ar comprimido

Parâmetros	Ensaio											
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$M_i$ /g	300	277	365	250	180	300	210	300	400	150	200	250
$M_f$ /g	635	423	451	646	150	579	302	424	610	153	394	716
$S_{ut}$ /g	1190	400	400	1100	-	700	250	300	450	18	730	1000
$S_{ad}$ /g	448	146	170	473	-	339	97	137	235	3	194	493
$D_s$ /%	62	63	58	57	-	52	61	54	48	17	74	51
$D_c$ /%	31	6	35	6	-	11	6	1	2	0	40	5
$Total_c$ /%	29	65	62	27	-	41	68	68	61	41	51	31
$Total_r$ /%	71	35	38	73	-	59	32	32	39	59	49	69

Analisando os dados do ensaio 10, percebe-se que o mesmo não decorreu da forma esperada, uma vez que não se obtiveram quaisquer resultados, o que será explicado em maior detalhe seguidamente.

Denota-se que o ensaio onde se registou uma quantidade percentual menor de desperdício de solução e de cereais foi o ensaio 15, sendo que o que se obteve um maior desperdício dos mesmos foi o ensaio 16.

No entanto, no ensaio 16, apesar de os resultados terem sido satisfatórios em termos de se ter obtido um revestimento uniforme ao longo da superfície dos cereais, a zeína não cumpriu o seu propósito, uma vez que não permitiu diminuir a quantidade de solução necessária para aplicação da segunda camada de revestimento com a formulação 6, comparando com os resultados obtidos no ensaio 11. Além disto, também não se registaram diferenças entre o tempo de aplicação da solução de revestimento entre estes dois ensaios referidos, cujos valores encontram-se expostos na Tabela 4.

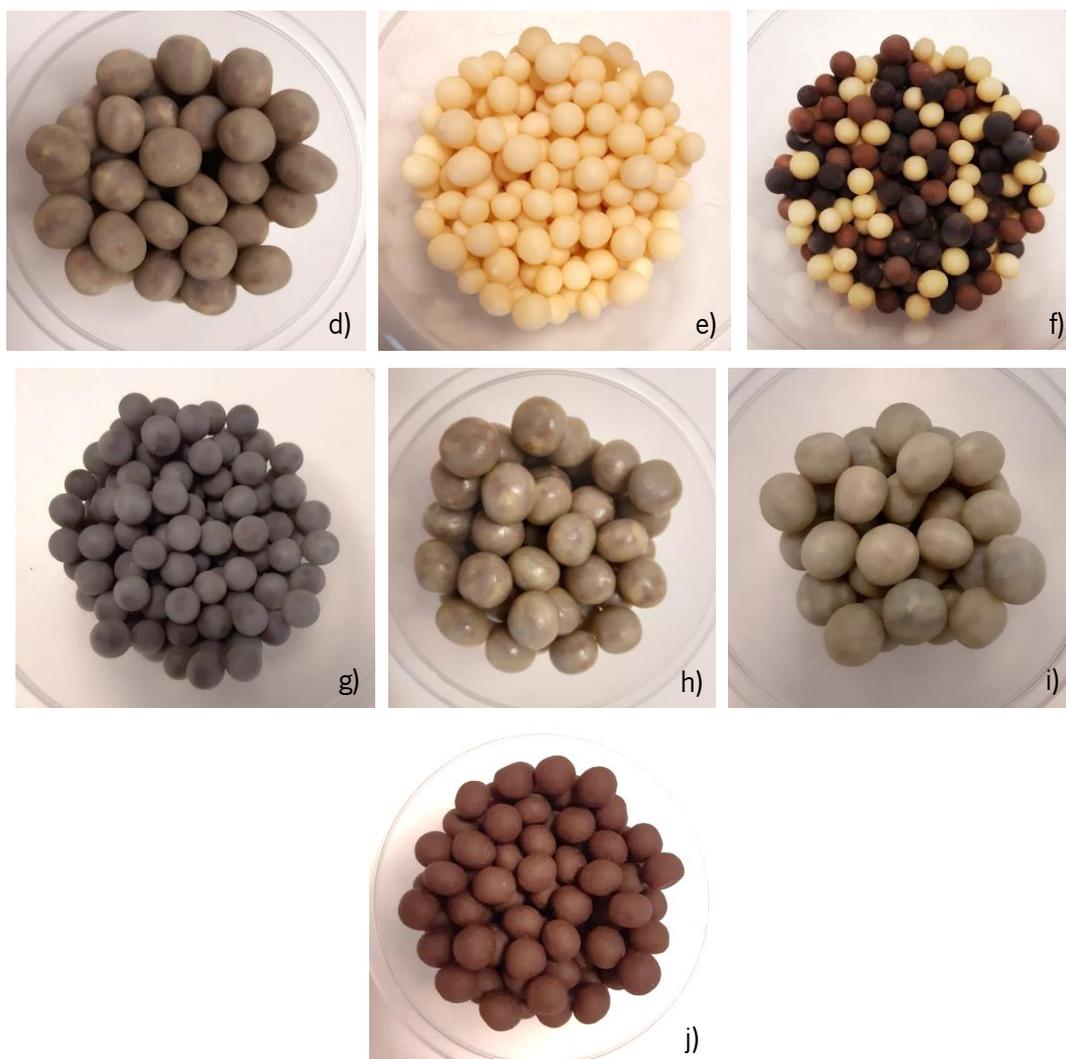
Assim, devido às razões anteriormente referidas, os cereais que obtiveram uma maior quantidade de solução aderida ao longo da sua superfície foram os correspondentes aos ensaios 6, 9 e 17.

Concluindo, os ensaios que obtiveram os melhores resultados, no sentido de, finalizada a aplicação e secagem da solução de revestimento, se ter obtido um revestimento uniforme ao longo de toda a superfície dos componentes alimentares, foram os ensaios 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17.

Salienta-se que, no ensaio 9, se registou a presença de alguns cereais mal revestidos e com fissuras no revestimento, devido às dificuldades encontradas para os revestir.

Os componentes revestidos relativos aos referidos ensaios onde se obtiveram os resultados mais satisfatórios encontram-se ilustrados na Figura 16.





**Figura 16.** Cereais revestidos correspondentes ao ensaio 7 (a), ensaio 8 (b), ensaio 9 (c), ensaio 11 (d), ensaio 12 (e), ensaio 13 (f), ensaio 14 (g), ensaio 15 (h), ensaio 16 (i), ensaio 17 (j).

Relativamente aos ensaios onde não se obtiveram os resultados pretendidos, nomeadamente, os ensaios 6 e 10, encontra-se abaixo uma breve justificação dos resultados obtidos.

- **Ensaio 6**

Após a aplicação e secagem da solução de revestimento, verificou-se que se originou um revestimento visualmente próximo do desejado, em tom castanho, embora não totalmente uniforme ao longo de toda a superfície de alguns cereais, tal como apresentado na Figura 17.

Apesar de este ensaio ter servido apenas para validar o método de aplicação por pistola com ar comprimido e de os resultados obtidos não terem sido os esperados, uma vez que o revestimento ficou muito espesso e o diâmetro dos cereais revestidos foi superior ao pretendido, decidiu-se testar

a uniformidade do revestimento, isto é, a ausência de fissuras no mesmo, e a resistência dos cereais revestidos num teste rápido de aplicação dos mesmos em dois tipos de xarope, ao longo de uma semana.

Por ser uma verificação rápida destes fatores, decidiu-se incorporar amostras apenas na matriz hidrofílica referida, não sendo necessária a aplicação também em iogurte.

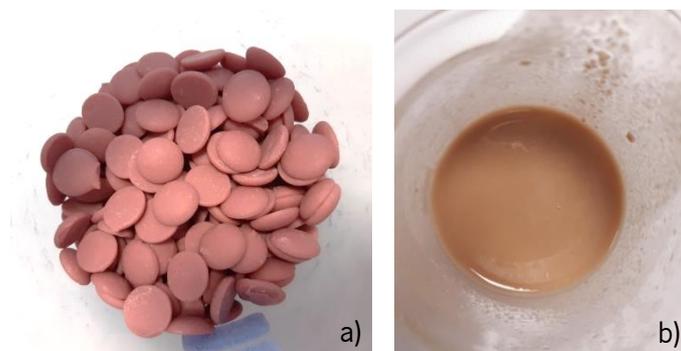


**Figura 17.** Cereais 2 após a aplicação e secagem do revestimento da formulação 4.

- **Ensaio 10**

Ao longo da aplicação da solução de revestimento, constatou-se que esta não solidificava à temperatura ambiente, pelo que, ao fazer a aplicação da mesma, os cereais permaneciam húmidos ao longo do tempo, com conseqüente tendência para se colarem uns aos outros e às paredes do bombo de gragear. Isto justifica-se pelo facto de o chocolate ruby ter uma percentagem de gordura de, aproximadamente, 36 %, bastante inferior à do chocolate negro mais usado ao longo dos vários ensaios, que é de 76 %. Apesar de a manteiga de cacau ser constituída por cerca de 99 % de gordura, esta não é suficiente para colmatar a falta de gordura na formulação final deste ensaio, de 78 %, contrastando com os 87 % de gordura total da formulação 4, onde se utilizou o chocolate negro. Porém, a resposta para aumentar a quantidade percentual de gordura da solução final não pode passar por aumentar a percentagem de manteiga de cacau e diminuir a de chocolate ruby, uma vez que a cor rosa da solução iria ficar bastante menos intensa, o que não é pretendido. Por estes motivos, esta formulação foi inviabilizada.

A Figura 18 mostra o tipo de chocolate utilizado nesta formulação, além da ilustração do aspeto da solução de revestimento utilizada, cuja cor não revelou ser de um rosa intenso, como inicialmente pretendido.



**Figura 18.** Ilustração do chocolate ruby utilizado na formulação 5 (a) e ilustração da cor da solução de revestimento (b).

Seguidamente, procedeu-se a uma comparação entre os resultados obtidos relativos à média da espessura dos diversos revestimentos e à média da quantidade de solução necessária para revestir os vários componentes alimentares, expressa pela massa dos revestimentos, nos vários ensaios, como se observa pela análise da Tabela 8.

**Tabela 8.** Valores das massas e espessuras dos revestimentos dos diversos ensaios realizados

Ensaio	Massa do revestimento /g	Espessura do revestimento /cm
1	0.30	0.12
4	0.33	0.09
7	0.08	0.27
8	0.04	0.09
9	0.03	0.08
11	0.29	0.16
12	0.03	0.08
13	0.02	0.05
14	0.05	0.09
15	0.29	0.16
16	0.35	0.19
17	0.28	0.50/0.40

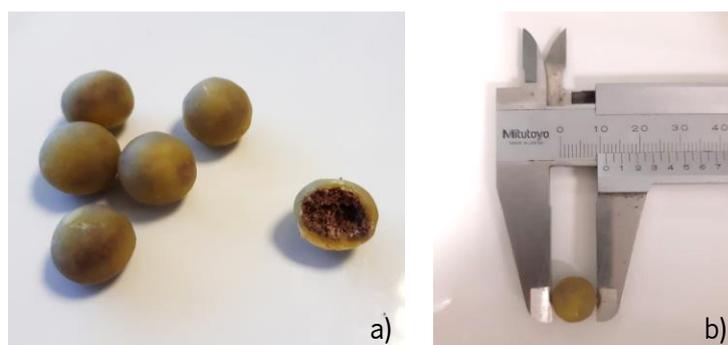
Comparando os cereais de maiores dimensões, como os cereais de chocolate 1, utilizados nos ensaios 1, 11, 15 e 16, e os componentes de dimensões mais reduzidas, como os cereais 3, 4, 5 e os de arroz extrudido, usados nos ensaios 8, 9, 12, 13 e 14, percebe-se que os primeiros obtiveram uma maior espessura do revestimento. Isto pode ter acontecido porque as dimensões destas

amostras são maiores, pelo que é maior o volume de ocupação dos cereais no bombo de gragear, levando a perdas inferiores aquando a aplicação da solução de revestimento sobre os mesmos por acumulação nas paredes do bombo, sendo que, portanto, a espessura do revestimento dos cereais aumenta.

Salienta-se que, dentro dos dados dos componentes de maiores dimensões, comparando os cereais 1 revestidos com a formulação 1 e 6, relativos aos ensaios 1 e 11, respetivamente, percebe-se que a espessura e massa média dos revestimentos foram bastante semelhantes, não tendo existido diferenças significativas.

Por outro lado, as amostras de menor dimensão obtiveram uma espessura do revestimento inferior, pois a quantidade de solução utilizada para ficarem uniformemente revestidos foi inferior. No entanto, denota-se uma exceção, sendo que nos cereais da receita caseira, de baixas dimensões, usados no ensaio 7, foi aplicada uma baixa quantidade de solução, mas foram os componentes com a maior espessura do revestimento obtida. Isto deveu-se, possivelmente, ao facto de estes cereais serem bastante gordurosos ao toque, além de que a temperatura ambiente aquando a aplicação do revestimento era relativamente elevada, por aquecimento solar do laboratório, pelo que, depois da aplicação de alguma quantidade de solução, esta não permanecia totalmente aderida às amostras durante muito tempo, sendo que uns minutos depois começava a derreter. Assim, foi necessária a aplicação de uma maior quantidade de solução para garantir que os cereais ficavam uniformemente revestidos, tendo estes sido colocados em frio durante os vários períodos entre aplicações, de maneira a solidificar de forma correta o revestimento neles aplicado.

Na Figura 19 encontra-se exposto um exemplo da medição da espessura dos cereais revestidos, sendo que os valores das espessuras e massas médias dos cereais sem e com revestimento de todos os ensaios não inviabilizados à partida encontram-se expostos no Anexo A3.

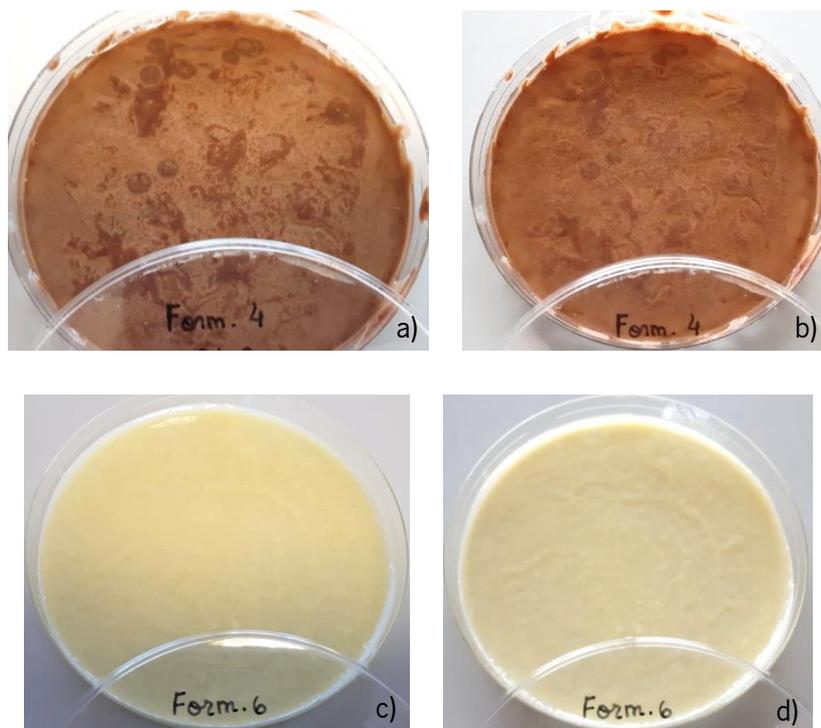


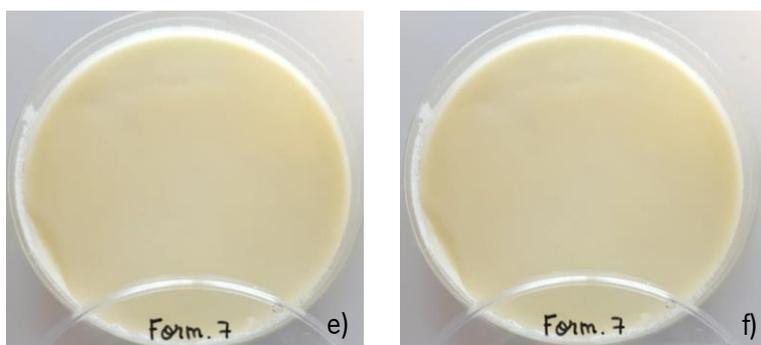
**Figura 19.** Cereais 1 revestidos (a) e ilustração da medição da espessura de um cereal 1 revestido aleatório (b).

#### 4.2. Demonstração da eficiência dos revestimentos

Ao longo da realização de todos os ensaios e da avaliação da permeabilidade dos diversos revestimentos face ao contacto com as várias matrizes hidrofílicas, constatou-se a presença de diversas amostras que surgiram com quebras no revestimento e, portanto, acabaram por amolecer. Assim, de forma a avaliar se os revestimentos quebram quando em contacto com estas matrizes devido ao facto de os cereais estarem mal revestidos, ou seja, de estes não estarem uniformemente revestidos ao longo de toda a sua superfície, ou por causa da formulação não ser hidrofóbica o suficiente e, portanto, ter uma fraca resistência face à possível entrada de água nos cereais, decidiu-se realizar um teste com recurso à utilização de placas de Petri, expostas na Figura 20.

Desta maneira, aplicou-se uma camada fina de solução de revestimento, mas uniforme, por toda a superfície da respetiva placa, de forma a simular a espessura normal do revestimento ao longo da superfície dos cereais e deixou-se solidificar num ambiente a 5 °C, como se realizaria a solidificação dos revestimentos aplicados nos componentes alimentares. De seguida, colocou-se uma camada de água cobrindo toda a superfície dos revestimentos e deixou-se estar assim durante 5 dias. Por conseguinte, foram analisadas três formulações, particularmente, a 4, 6 e 7, sendo que a avaliação foi feita de modo visual, após ter decorrido 1 e 5 dias de aplicação do meio aquoso.





**Figura 20.** Placas de Petri com as soluções de revestimento da formulação 4 após 1 dia (a) e 5 dias (b) em água, da formulação 6 após 1 dia (c) e 5 dias (d) em água e da formulação 7 após 1 dia (e) e 5 dias (f) em água.

No final da experiência, percebeu-se que todas as soluções resistiram bem à possível entrada de água, tendo-se verificado que não existiam quaisquer fissuras ao longo das mesmas nem que os revestimentos perderam cor, fator que indicaria que o revestimento se estaria a degradar, pelo que isto indica que não existem problemas em termos de hidrofobicidade dos mesmos. Assim, concluiu-se que o facto de diversos cereais revestidos incorporados nas várias matrizes hidrofílicas terem amolecido ao longo do tempo deveu-se a um mau revestimento dos mesmos, isto é, estes não se encontravam uniformemente revestidos ao longo de toda a sua superfície, levando ao seu posterior amolecimento e perda de crocância e de resistência à compressão nas análises no texturómetro.

### **4.3. Atividade da água dos revestimentos**

Foi analisado o valor da atividade da água dos vários revestimentos dos múltiplos componentes alimentares utilizados, sendo que os diversos valores obtidos se encontram apresentados na Tabela 9.

Como se pode retirar pela observação da mesma, os valores de atividade de água dos vários ensaios divergiram entre 0.33 e 0.79.

De acordo com a literatura, para valores de atividade da água compreendidos entre os 0.4 e os 0.8, favorecem-se as reações químicas e enzimáticas, sendo que isto se verifica para quase todos os ensaios, excetuando para o ensaio 14. Para valores inferiores a 0.6, como os que se verificam nos ensaios 1, 11, 14, 16 e 17, o crescimento de microrganismos é residual ou inexistente, sendo estes últimos ensaios os que possuem um menor valor de atividade de água, comparativamente aos restantes.

Pode-se aferir que os cereais revestidos que tiveram os maiores valores de atividade de água foram os correspondentes aos ensaios 7, 8, 9, 12 e 13.

**Tabela 9.** Valores de atividade da água ( $a_w$ ) de amostras de cereais revestidos dos vários ensaios

Ensaio	$a_w$
1	0.4251
4	0.6023
7	0.6607
8	0.6891
9	0.6814
11	0.4974
12	0.6591
13	0.7865
14	0.3341
15	0.6100
16	0.5521
17	0.5979

#### 4.4. Análises microbiológicas

Na Tabela 10 são expostos os resultados das análises microbiológicas a vários componentes revestidos, mais particularmente, aos correspondentes aos ensaios 1, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 e 17.

De acordo com os valores-guia definidos e os grupos e subgrupos de alimentos prontos para consumo estabelecidos pelo Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, os vários componentes alimentares revestidos utilizados podem-se considerar incorporados no grupo 1. Assim, para este género alimentício ser considerado aceitável e com um resultado satisfatório em termos microbiológicos, os valores de UFC dos mesófilos aeróbios devem encontrar-se abaixo de 1000/g, os dos fungos filamentosos abaixo dos 500/g e as leveduras abaixo de 1000/g.

Desta forma, observando os valores da tabela, verifica-se que, em termos de mesófilos aeróbios, os resultados expostos na tabela são satisfatórios, mas, no que concerne a fungos filamentosos e leveduras, os resultados não são conclusivos para o ensaio 9 e 17.

É de salientar o facto de que, ao longo da realização das várias análises microbiológicas, poderá ter ocorrido contaminação ambiental das amostras, para além de que não era possível os componentes revestidos serem manuseados de forma acética ao longo de todo o processo de revestimento utilizando este método de aplicação, pelo que os valores mais elevados de carga microbiológica expostos na tabela poderão derivar deste facto. Desta maneira, conclui-se que os

produtos relativos aos restantes ensaios são aceitáveis para consumo, particularmente, os correspondentes aos ensaios 1, 7, 8, 11, 12, 13 e 14.

**Tabela 10.** Resultados das análises microbiológicas aos revestimentos dos componentes correspondentes aos ensaios 1, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14 e 17

Ensaio	1	7	8	9	11	12	13	14	17
Mesófilos totais	100	100	100	80	100	100	100	45	100
Fungos filamentosos Leveduras	< 50	< 50	< 50	> 300	< 50	< 50	< 50	< 50	> 300
Esporulados aeróbios 30 °C	100	100	100	100	100	< 10	100	< 10	100
Esporulados anaeróbios 30 °C	< 10	100	100	100	< 10	< 10	100	< 10	150
Esporulados aeróbios 50 °C	< 10	< 10	< 10	< 10	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Esporulados anaeróbios 50 °C	< 10	< 10	< 10	60	100	< 10	< 10	< 10	< 10

#### 4.5. Análises da porosidade superficial dos cereais

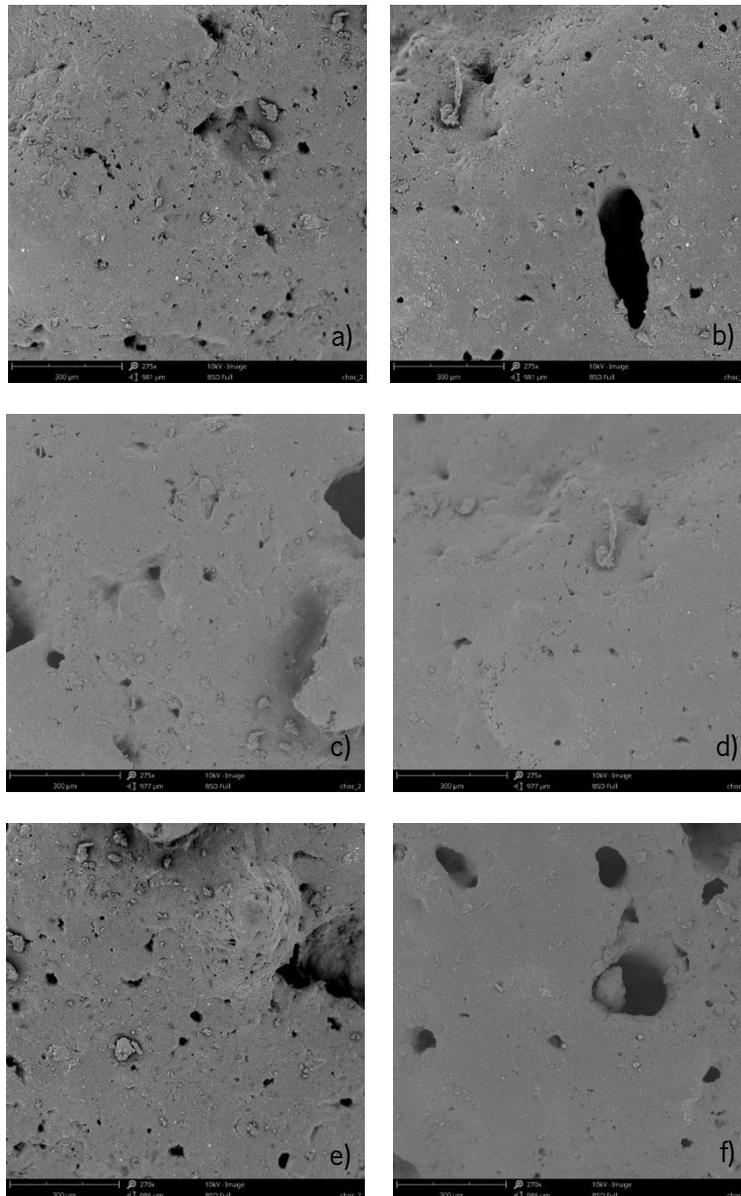
Os vários tipos de cereais utilizados para a realização da análise da porosidade superficial dos mesmos foram organizados por uma numeração específica, exposta na Tabela 11.

**Tabela 11.** Denominação das amostras de cereais para estudo da porosidade superficial

Amostra	Tipo de cereal
1	Cereal 1
2	Cereal 1
3	Cereais de arroz extrudido
4	Cereais de arroz extrudido
5	Cereal 3
6	Cereal 3

#### 4.5.1. Cereais 1

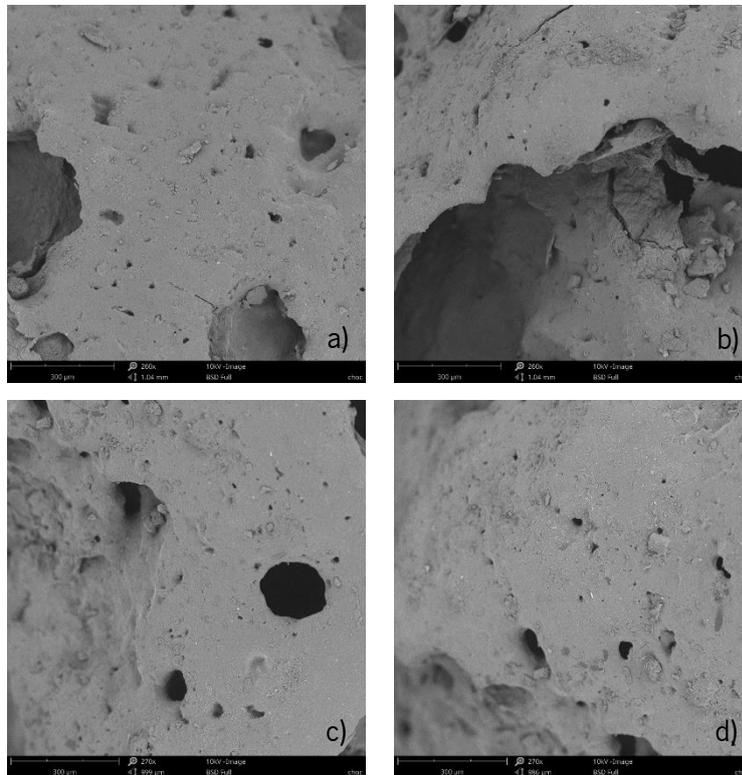
Relativamente à análise da porosidade da superfície dos cereais 1 por microscopia eletrónica de varrimento, foram captadas várias imagens em diferentes regiões de duas amostras destes cereais, sendo que, na primeira, exposta na Figura 21, se utilizou uma ampliação de 270 e 275 vezes e uma tensão do feixe de eletrões de 10 kV.



**Figura 21.** Superfície da amostra 1 vista através de um microscópio eletrónico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 275 vezes (a,b,c,d) e de 270 vezes (e,f) e um feixe de eletrões com uma tensão de 10 kV.

Na segunda amostra, presente na Figura 22, recorreu-se a uma ampliação de 260 e 270 vezes, com tensão do feixe de eletrões de 10 kV.

Pela análise das Figuras 21 e 22, conclui-se que os cereais 1 apresentam uma superfície bastante porosa, com microporos de diversas dimensões, sendo que, apesar de existirem alguns de elevadas dimensões, a maior parte aparentam ser muito pequenos. Além disto, as amostras de chocolate não exibem uma rugosidade muito relevante nestas ampliações, apesar de, visualmente, sem ampliação, aparentarem ser bastante rugosas.



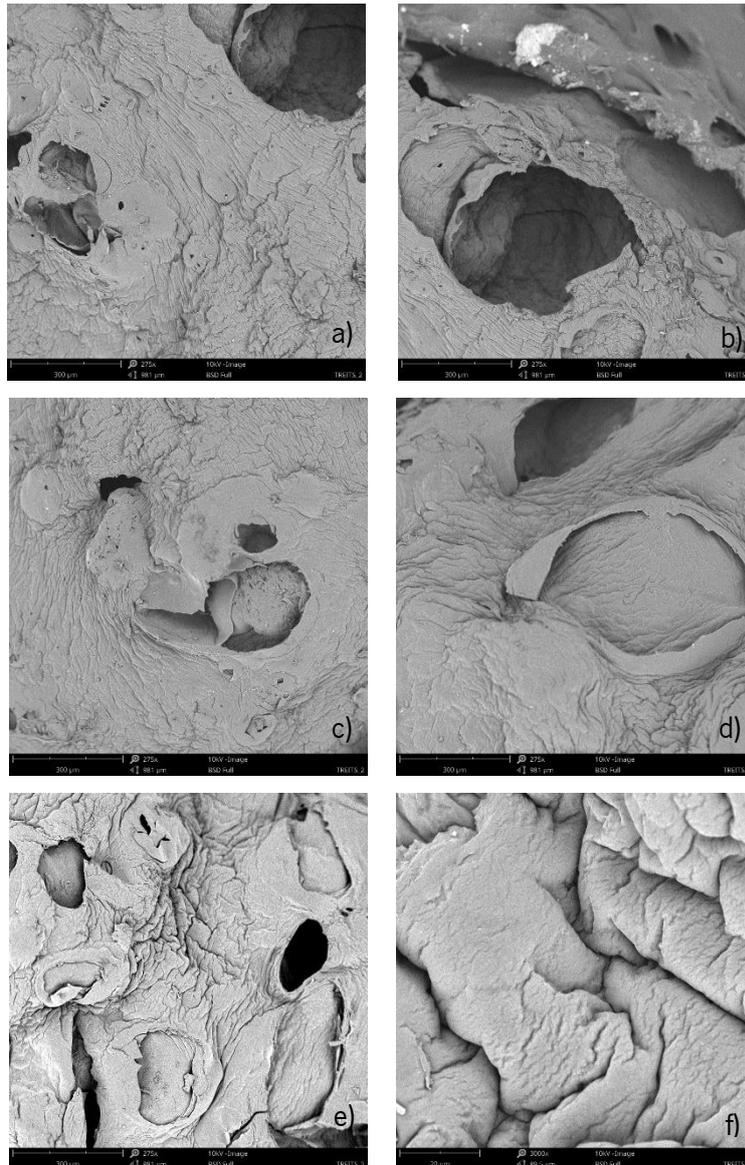
**Figura 22.** Superfície da amostra 2 vista através de um microscópio eletrônico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 260 vezes (a,b) e de 270 vezes (c,d) e um feixe de elétrons com uma tensão de 10 kV.

#### 4.5.2. Cereais de arroz extrudido

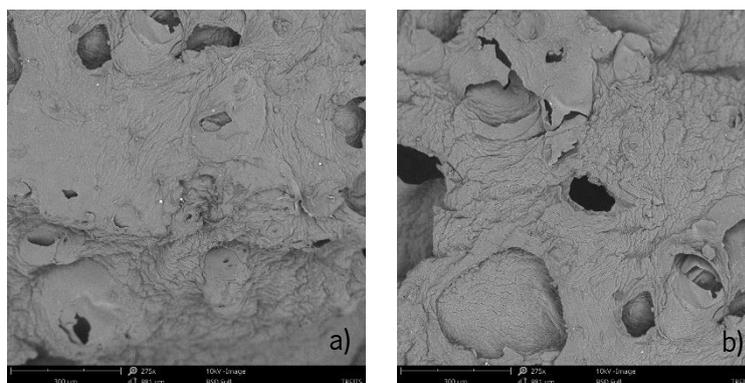
Em relação à análise da porosidade superficial dos cereais de arroz extrudido por este tipo de microscopia, foi efetuada a captação de múltiplas imagens em diferentes regiões de duas amostras.

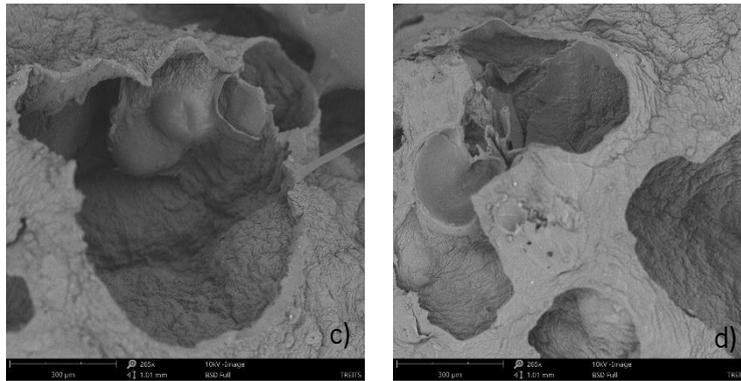
Na primeira, apresentada na Figura 23, utilizou-se uma ampliação de 275 e 3000 vezes e uma tensão do feixe de elétrons de 10 kV.

Na segunda amostra, mostrada na Figura 24, recorreu-se a uma ampliação de 275 e 265 vezes, com tensão do feixe de elétrons de 10 kV.



**Figura 23.** Superfície da amostra 3 vista através de um microscópio eletrônico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 275 vezes (a,b,c,d,e) e de 3000 vezes (f) e um feixe de elétrons com uma tensão de 10 kV.





**Figura 24.** Superfície da amostra 4 vista através de um microscópio eletrónico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 275 vezes (a,b) e de 265 vezes (c,d) e um feixe de eletrões com uma tensão de 10 kV.

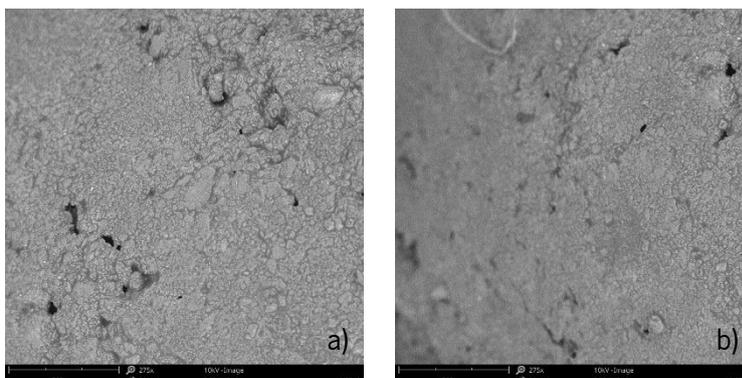
Pelo estudo das Figuras 23 e 24, afirma-se que estas amostras apresentam poros de elevadas dimensões e aparentemente profundos, e são muito rugosas, como se visualiza na Figura 23 e) e f). Visualmente, sem ampliação, denota-se que estes cereais apresentam poucos poros, sendo que estes conseguem, no geral, ocupar grande parte da área total de cada cereal, chegando a contactar o exterior com o interior profundo do cereal.

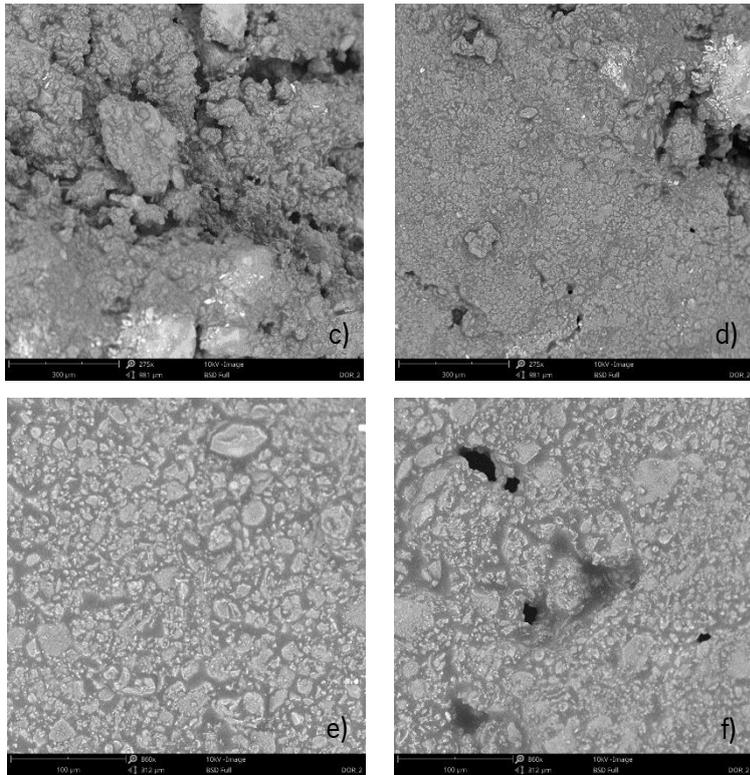
#### 4.5.3. Cereais 3

Quanto à análise da porosidade superficial dos cereais 3, foi efetuada a captação de múltiplas imagens em diferentes regiões de duas amostras.

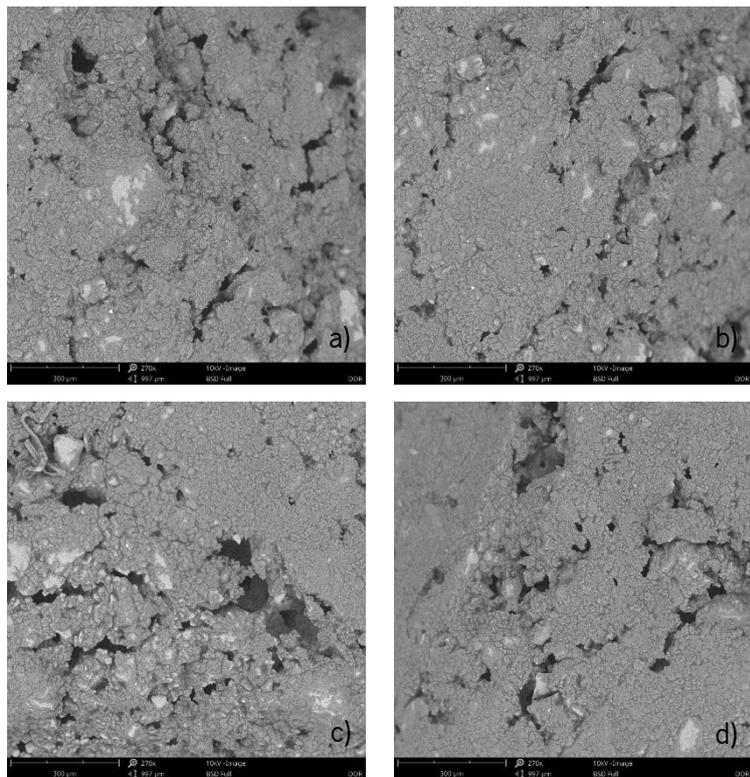
Observando a Figura 25, na primeira amostra, afere-se que se usou uma ampliação de 275 e 860 vezes e tensão do feixe de eletrões de 10 kV.

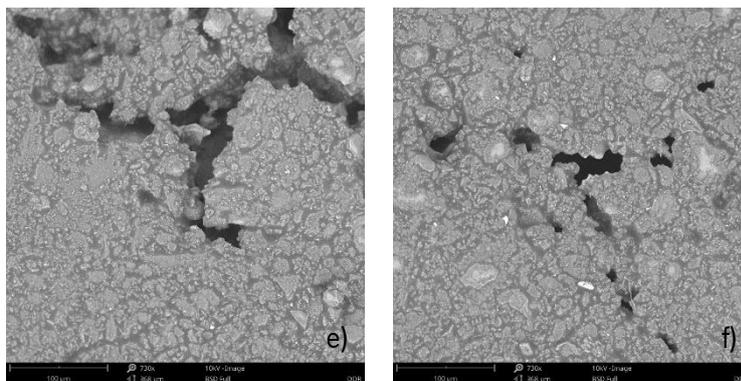
Na segunda amostra, exposta na Figura 26, recorreu-se a uma ampliação de 270 e 730 vezes, com tensão do feixe de eletrões de 10 kV.





**Figura 25.** Superfície da amostra 5 vista através de um microscópio eletrônico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 275 vezes (a,b,c,d) e de 860 vezes (e,f) e um feixe de elétrons com uma tensão de 10 kV.





**Figura 26.** Superfície da amostra 6 vista através de um microscópio eletrónico de varrimento, com recurso a uma ampliação de 270 vezes (a,b,c,d) e de 730 vezes (e,f) e um feixe de eletrões com uma tensão de 10 kV.

Analisando as Figuras 25 e 26, percebe-se que estas amostras apresentam uma superfície bastante porosa, apresentando regiões pouco porosas e de baixa rugosidade, como se mostra na Figura 25 a), b) e e) e outras com poros principalmente de elevadas dimensões e mais rugosas, como se visualiza a Figura 25 c), d), f) e na Figura 26.

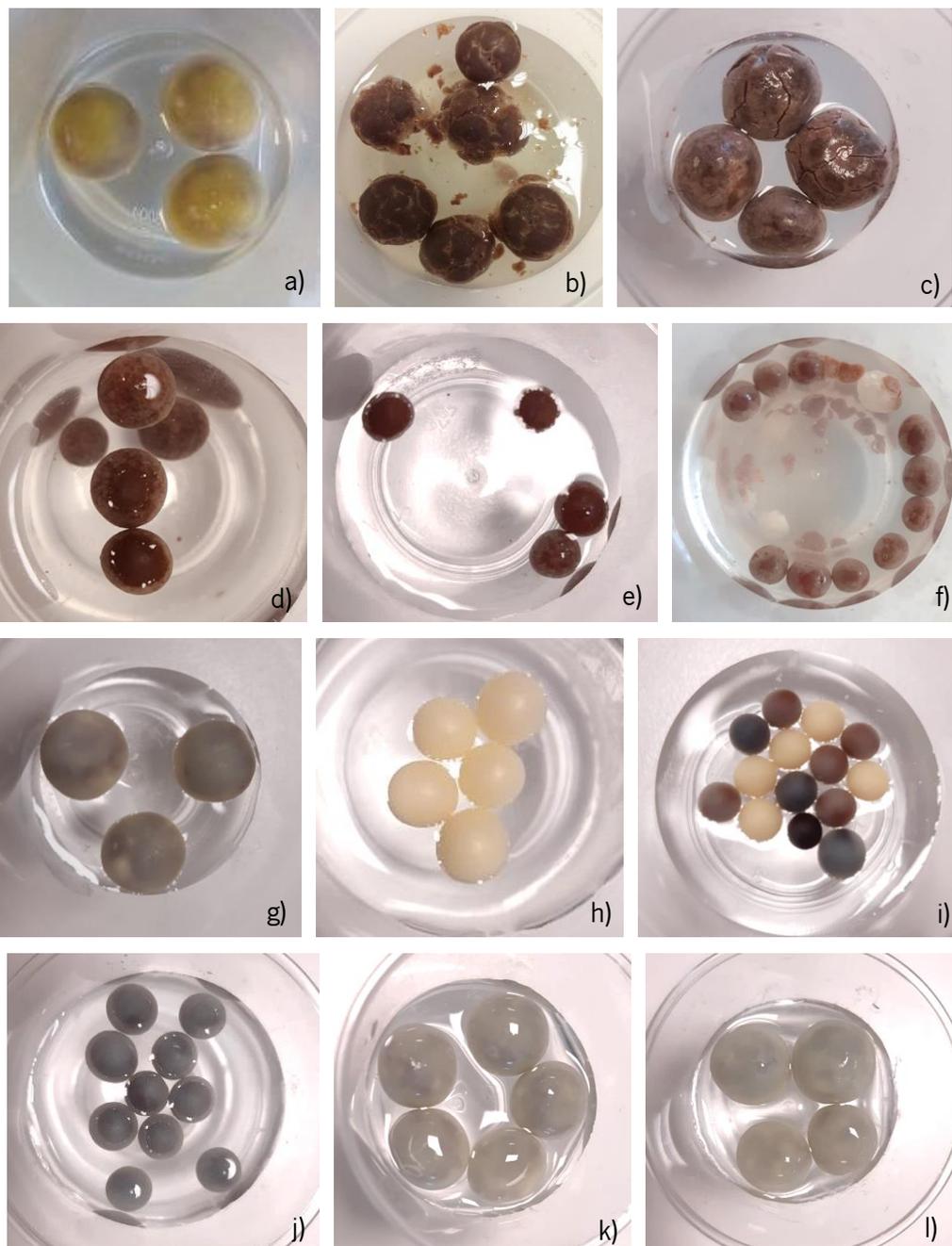
Em comparação com os cereais de chocolate 1, os cereais 3 apresentam uma superfície mais rugosa e com mais poros, mas de menores dimensões, comparativamente aos poros maiores dos cereais 1. Por outro lado, as amostras dos cereais 3 são menos rugosas e com poros mais pequenos do que os presentes na superfície dos cereais de arroz extrudido. Comparando estes últimos com os cereais 1, os de arroz extrudido são mais rugosos e com poros de maiores dimensões.

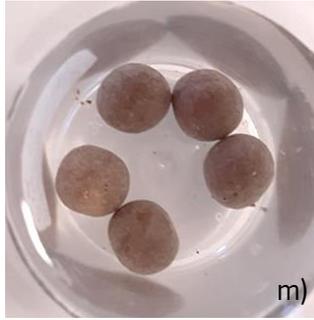
#### 4.6. Permeabilidade dos componentes revestidos em água

Relativamente aos componentes alimentares que se encontram melhor revestidos, ou seja, com um revestimento uniforme, decidiu-se colocar algumas amostras de cada tipo de componente revestido em água, como se pode observar pela Figura 27, de forma a se poder realizar um *stress test* à resistência física dos mesmos, no sentido de avaliar se os revestimentos têm a capacidade de proteger os cereais da hidratação e analisar se os cereais revestidos estão aptos para serem incorporados em xarope durante dois meses e, posteriormente, em iogurte por um mês.

No entanto, é de referir que a quantidade de água livre disponível em meio aquoso é maior do que em xarope ou em iogurte, pelo que a reação dos revestimentos à água pode ser diferente, no sentido de serem menos resistentes fisicamente, em relação aos outros dois meios referidos. Isto justifica-se pelo facto de quanto maior for a quantidade de água livre presente na matriz onde são incorporados os componentes alimentares revestidos, maior será a suscetibilidade do revestimento

dos componentes no mesmo meio, pois a água livre migra para qualquer fissura que possa existir no revestimento, por muito pequena que esta seja, levando ao aumento do volume das amostras e consequente quebra do revestimento. Salienta-se que isto apenas acontece nos componentes que não se encontram uniformemente revestidos ou que, por terem um revestimento com uma baixa espessura, um valor de atividade de água considerável e uma percentagem de constituintes lipídicos hidrofóbicos não suficientemente elevada, podem sofrer com a entrada de água para o interior dos cereais, levando à sua perda da crocância e textura.





**Figura 27.** Cereais revestidos correspondentes ao ensaio 1, após 1 dia em contacto com água (a), ao ensaio 3, após meia hora em contacto com água (b) e ao ensaio 4 (c), ensaio 7 (d), ensaio 8 (e), ensaio 9 (f), ensaio 11 (g), ensaio 12 (h), ensaio 13 (i), ensaio 14 (j), ensaio 15 (k), ensaio 16 (l) e ensaio 17 (m), após 1 dia em contacto com água.

Observando a Figura 27, constata-se, ao fim de um dia, que o revestimento dos componentes correspondentes aos ensaios 1, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 foi capaz de reter a entrada de água nos cereais, tendo demonstrado uma boa resistência física, dado que esta camada formada sobre a superfície das amostras se manteve intacta e sem quebras. No entanto, o revestimento dos cereais relativos aos ensaios 3 e 4, após algum tempo no meio aquoso, não foi capaz de reter a entrada de água nos mesmos, sendo que se começaram a formar diversas quebras ao longo dos revestimentos, levando ao aumento de volume dos cereais, pelo que acabaram por ficar hidratados e amolecidos. Já o revestimento dos cereais do ensaio 9, após 1 dia, na maior parte das amostras em estudo, conseguiu resistir à hidratação, tendo-se, porém, registado a presença de amostras cujo revestimento quebrou, possivelmente devido ao facto de este ter fissuras que permitiram que a água entrasse no cereal, amolecendo-o.

Desta forma, foram utilizadas amostras dos diferentes ensaios cujos resultados foram satisfatórios para estudar a permeabilidade das mesmas quando incorporadas em dois tipos de xarope diferentes, com um °Brix de 30 e de 50.

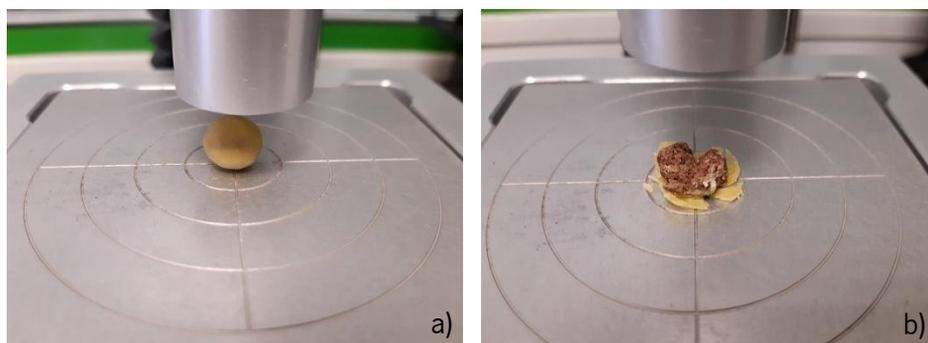
No entanto, alguns dos cereais revestidos que não conseguiram resistir à hidratação quando incorporados em água, nomeadamente, os cereais de caseinato revestidos com a formulação 4, também foram aplicados nestes preparados, uma vez que os xaropes contêm alguma água livre, mas em menor quantidade do que a água em si, de maneira a que existe uma possibilidade de os resultados obtidos no final serem diferentes dos que se obtiveram anteriormente, quando colocados os cereais revestidos em meio aquoso. Tal como já explicado anteriormente, isto deve-se ao facto de, quanto maior for a quantidade de água livre presente na matriz onde são incorporados os cereais

revestidos, mais rapidamente estes podem amolecer e perder a sua crocância, no caso de existir alguma fissura no revestimento por onde esta água livre possa migrar.

#### 4.7. Permeabilidade dos cereais revestidos em preparados Frulact e em iogurte

De forma a validar o correto revestimento dos componentes alimentares e analisar a manutenção das suas propriedades, como a crocância, foram realizados ensaios de incorporação dos componentes revestidos em preparados Frulact com condições distintas, com um °Brix de 30 e 50. Assim sujeitaram-se os componentes a estes meios com diferentes valores de atividade de água, respetivamente, 0.9714 e 0.9295, que podem fazer diferir as resistências dos revestimentos face ao contacto com as referidas matrizes hidrofílicas, uma vez que, teoricamente, quanto menor a quantidade de água livre disponível para interagir com os cereais revestidos, maior a probabilidade de as amostras se manterem crocantes e não amolecerem tão facilmente. A avaliação da textura foi efetuada em diferentes pontos de amostragem, nomeadamente, antes da aplicação dos componentes revestidos nos xaropes e 1, 7, 15, 30 e 60 dias após esta incorporação, com recurso a um texturómetro que permitiu realizar estas análises, por intermédio de uma sonda com a indicação para comprimir 50 % das amostras, com uma determinada força.

Na Figura 28 encontra-se exposto um exemplo de cereais revestidos a serem comprimidos pelo texturómetro.



**Figura 28.** Análise no texturómetro dos cereais esféricos de chocolate 1 revestidos com a formulação 1, antes (a) e após (b) a sua compressão.

Foram também realizados testes de aplicação dos cereais revestidos em iogurte, imediatamente após terem sido colocados em xaropes de diferentes °Brix, 30 e 50, sendo que as análises foram realizadas 1 dia após a sua colocação em iogurte e de 7 em 7 dias ao longo de um mês.

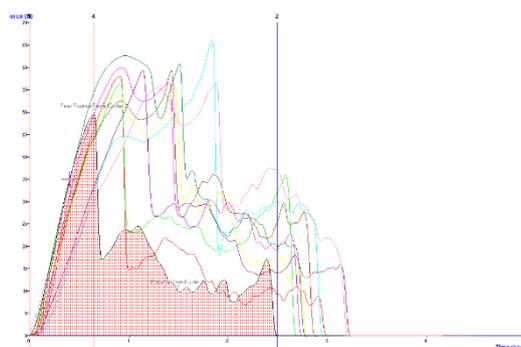
Para cada análise foram utilizados 10 cereais revestidos. Existiram algumas exceções de amostras que só foram analisadas durante um período até 15 ou 30 dias, devido ao facto de não ter havido tempo para as realizar durante 2 meses.

Os valores das resistências à compressão de todas as amostras são apresentados no Anexo A1.

#### 4.7.1. Ensaio 1

- **Aplicação nos xaropes**

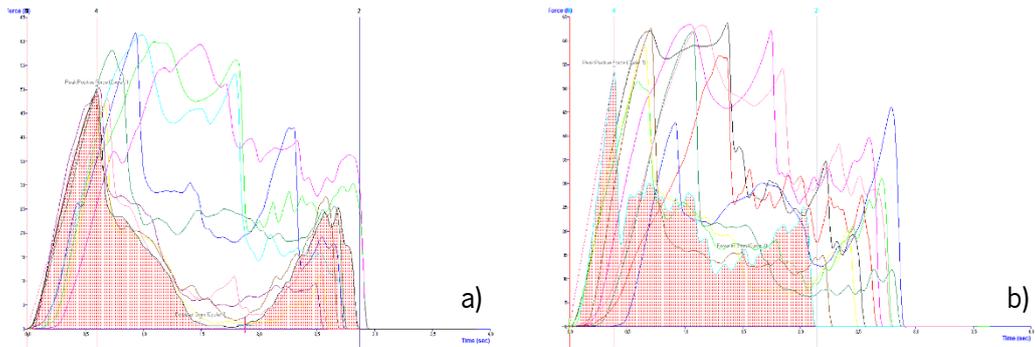
Relativamente à análise dos perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1 antes da sua aplicação nos xaropes, estes são expostos na Figura 29.



**Figura 29.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, antes de serem aplicados nos xaropes.

Da análise destes dados, retira-se que, antes de serem aplicados nas matrizes hidrofílicas, os perfis de compressão dos componentes revestidos foram todos idênticos, sendo que estes revelam a presença de um pico inicial elevado correspondente à compressão do revestimento, seguido do registo de diversos picos sucessivos mais baixos relativos à quebra constante das diversas estruturas existentes no interior do cereal em si. O facto de os picos iniciais serem mais elevados que os restantes que os sucedem pode ser explicado pelo facto de o revestimento aumentar a força necessária para comprimir o cereal revestido. Refere-se que os cereais analisados têm valores de resistência próximos no pico inicial, indicando que todos eles têm um nível aproximado de crocância.

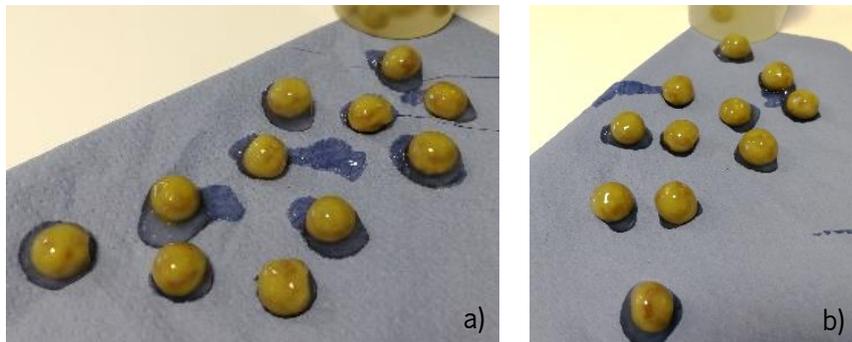
Os dados obtidos dos perfis de compressão dos cereais revestidos, após 1, 7, 15, 30 dias da sua aplicação nos xaropes encontram-se apresentados no Anexo A2, sendo que os perfis obtidos após 60 dias nos preparados se encontram expostos na Figura 30.



**Figura 30.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

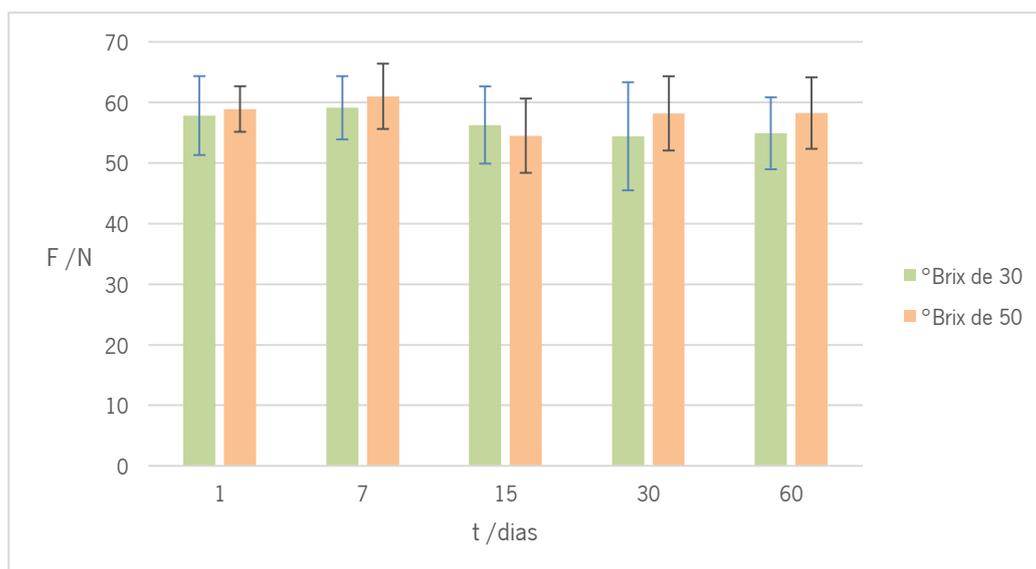
Ao fim de 60 dias, constata-se a presença, em cada perfil, de um pico inicial elevado, relativo à compressão do revestimento, seguido dos picos sucessivos mais baixos, correspondentes à quebra das estruturas internas do cereal em si. O facto de os valores dos picos iniciais nos vários gráficos apresentarem valores de resistência à compressão idênticos aos valores obtidos para os cereais revestidos antes da sua aplicação nos xaropes é indicativo que estes mantiveram a sua crocância ao longo do tempo, sendo que os perfis se mantiveram semelhantes antes e após esta incorporação.

Assim, conclui-se que o revestimento foi efetivamente capaz de proteger corretamente os cereais da entrada de água, mantendo-os com a crocância adequada ao longo do tempo, antes e após a aplicação dos mesmos nos preparados. Em termos visuais, percebe-se igualmente que, após 60 dias, o revestimento se manteve sem quebras e intacto, como se pode observar pela Figura 31.



**Figura 31.** Cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Compararam-se as médias das resistências à compressão das amostras aplicadas em xaropes com um °Brix de 30 e de 50, para cada período de tempo, como se encontra na Figura 32.

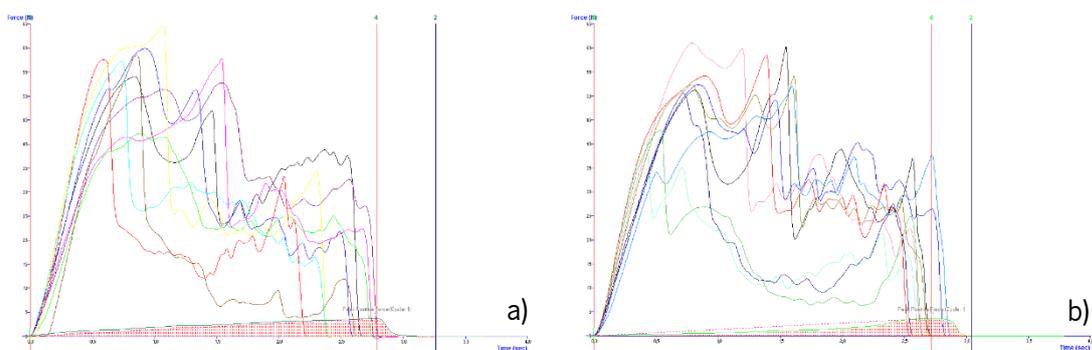


**Figura 32.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.

Pela observação da Figura 32, verifica-se que não existiram variações consideráveis ao nível da resistência dos cereais revestidos, tanto ao longo dos 60 dias de armazenamento, como entre ambos os xaropes utilizados. No geral, as pequenas flutuações entre as médias podem estar relacionadas com as diferenças de espessura do revestimento das amostras analisadas, levando ao registo de valores de resistência superiores ou inferiores à média. Assim, não se registaram diferenças consideráveis na aplicação dos cereais, quer em xarope com um °Brix de 30, quer de 50.

- **Aplicação no iogurte**

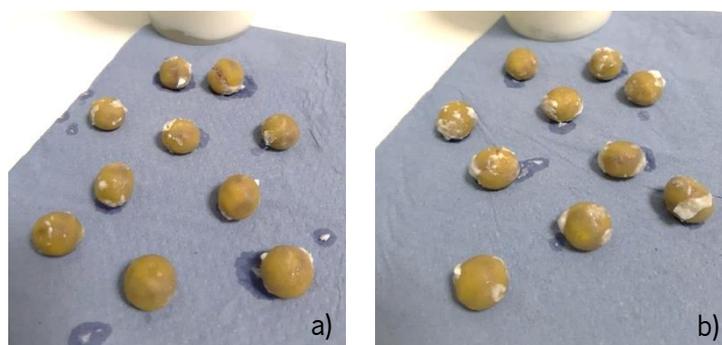
Foram avaliados os perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 1, 7, 15, 21 e 30 dias da sua incorporação em iogurte, sendo que os perfis relativos ao período de tempo de 30 dias encontram-se expostos na Figura 33 e os restantes no Anexo A2. Foram analisadas apenas 9 amostras ao 7º dia para o xarope com um °Brix de 30, ao invés das habituais 10, pois a maior parte dos cereais disponíveis para fazer as análises eram bastante duros, podendo ser demasiado resistentes para ser comprimidos pela célula de carga do texturómetro, o que revela que, mesmo não tendo sido possível fazer a análise de compressão, estas encontravam-se crocantes e com um revestimento intacto.



**Figura 33.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

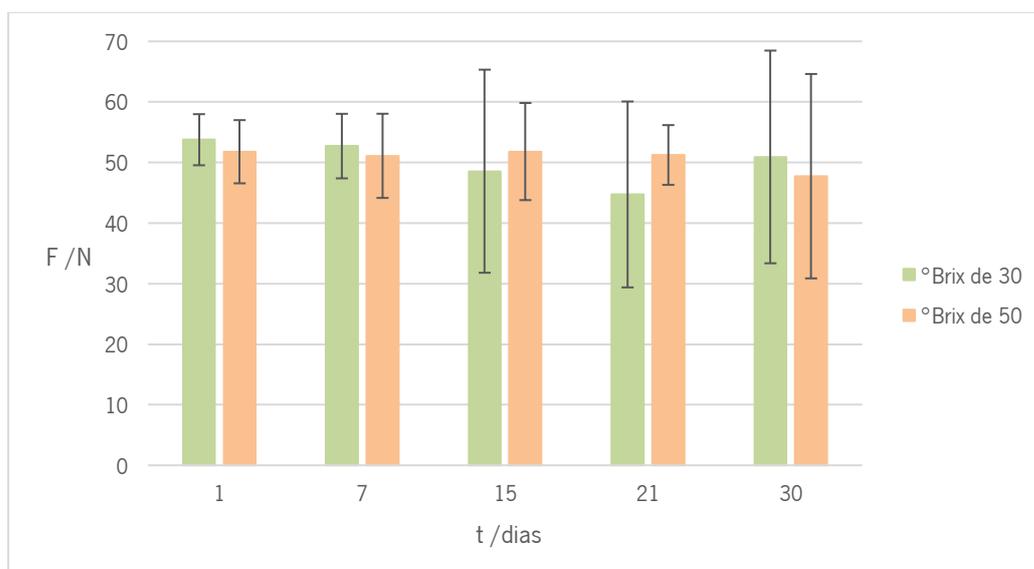
Pela sua análise, percebe-se que, em ambos os gráficos, ao fim de 30 dias, os cereais em iogurte apresentaram perfis de compressão idênticos aos obtidos antes da aplicação dos mesmos nas matrizes hidrofílicas e após a aplicação apenas em xarope, concluindo-se que a variação das forças de compressão e a influência das várias matrizes hidrofílicas na textura dos componentes com o decorrer do tempo não foram significativas. Porém, observaram-se algumas amostras moles em algumas das análises, sendo esta presença comprovada pela existência de apenas um pico muito baixo no final da compressão, sendo este perfil correspondente ao de um cereal mole.

Desta forma, conclui-se que, no geral, este revestimento se manteve intacto ao longo do período de incorporação em iogurte. Esta conclusão também pode ser retirada em termos visuais, uma vez que o revestimento das amostras não revelou, no geral, possuir quebras ao longo do mesmo, com exceção de uma amostra em cada xarope, como se observa na Figura 34. Ao nível de prova sensorial, estes cereais revestidos mostraram-se crocantes em todas as análises.



**Figura 34.** Cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

Analisando a Figura 35, compararam-se as médias das resistências à compressão destes cereais revestidos doseados nos dois xaropes, quando incorporados no iogurte ao longo do tempo.



**Figura 35.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.

Através da análise da Figura 35, constata-se um comportamento idêntico dos cereais revestidos aplicados em iogurte ao longo do tempo, no caso dos dois xaropes. Denota-se, no caso do xarope com um °Brix de 30, nos períodos de amostragem de 15 e 21 dias, uma diminuição dos valores médios das resistências, sendo que os valores dos desvios-padrão associados a cada média diluem estas diferenças, não sendo este decréscimo evidente nos restantes períodos de tempo.

Realça-se também a existência de alguns valores de desvios-padrão bastante mais acentuados que a maioria, devido à existência de amostras moles com baixa resistência nessas análises.

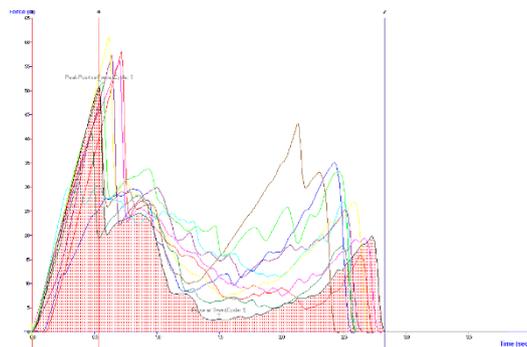
#### 4.7.2. Ensaio 4

- **Aplicação nos xaropes**

A Figura 36 revela os perfis de compressão dos cereais esféricos de caseinato revestidos com a formulação 4 antes da incorporação destas amostras nos dois xaropes.

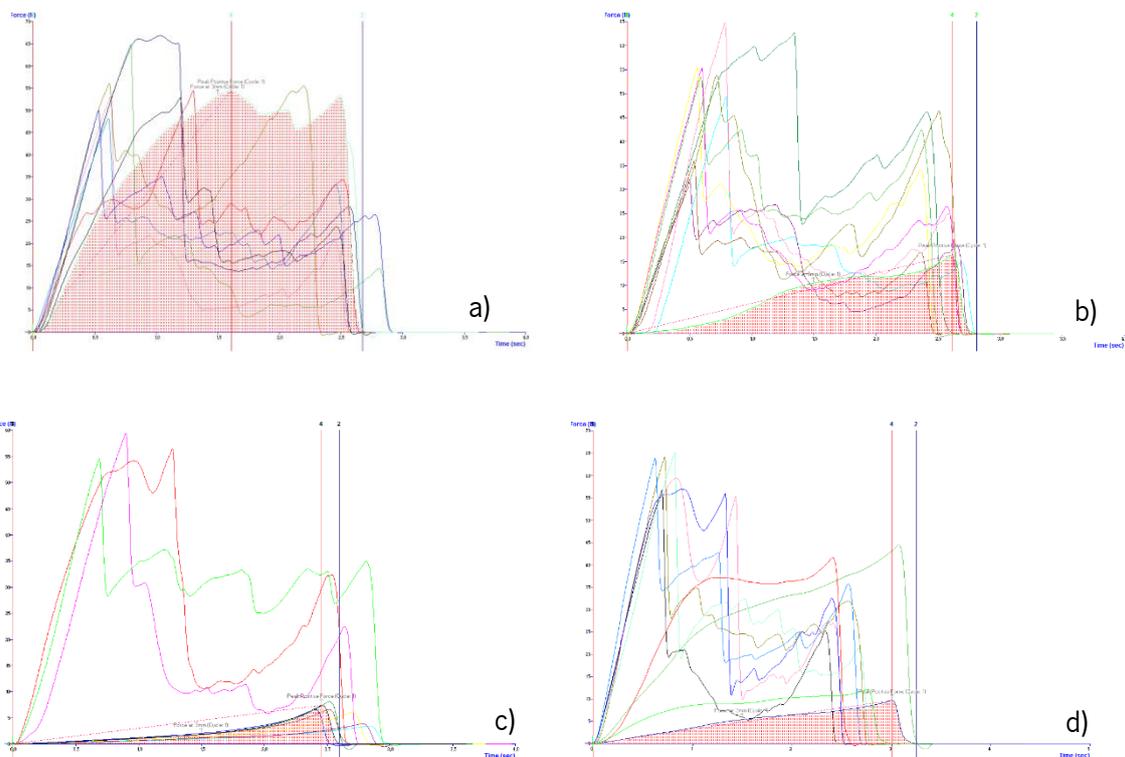
Pela análise da Figura 36, denota-se que o valor do pico inicial dos vários cereais analisados é bastante próximo uns dos outros, indicando que estes têm quase todos um nível de crocância aproximado. Cada perfil revela um pico inicial elevado correspondente à compressão do revestimento,

seguido de picos sucessivos de resistência inferior, relativos à quebra das estruturas internas do cereal seco em si.



**Figura 36.** Perfis de compressão dos cereais de caseinato revestidos com a formulação 4, antes de serem aplicados nos xaropes.

Os perfis de compressão obtidos dos cereais de caseinato revestidos incorporados durante 1 e 7 dias em xarope encontram-se expostos na Figura 37.

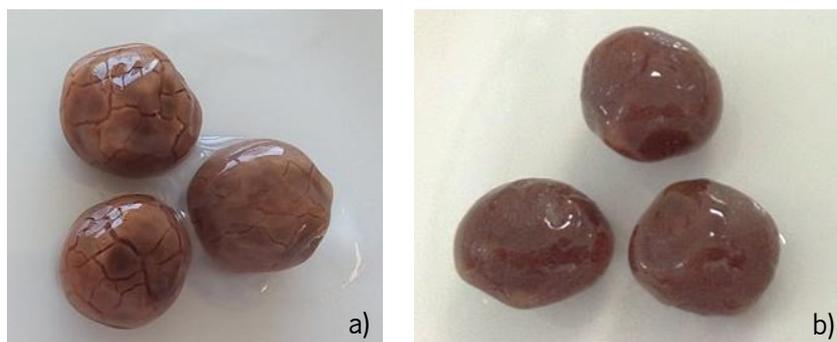


**Figura 37.** Perfis de compressão dos cereais de caseinato revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b) e 7 dias em xarope com °Brix de 30 (c) e de 50 (d).

Pela observação da Figura 37, relativamente às amostras incorporadas em xarope com um °Brix de 30, constata-se que, após 1 dia, no geral, estas se encontravam resistentes à compressão, mas, ao fim de 7 dias, mais de metade dos cereais revestidos analisados estavam moles, sendo que se registou apenas um pico no final da compressão destas amostras, sendo que este tipo de perfil corresponde ao de um cereal mole. Em relação aos cereais aplicados em preparado com um °Brix de 50, observa-se que, apesar de a maioria das amostras mostrar alguma resistência à compressão no primeiro dia de análises, quase metade amoleceram ou encontravam-se pouco resistentes após 7 dias.

Comparativamente aos perfis de compressão dos cereais revestidos antes da sua aplicação nos preparados, percebe-se que, após a incorporação, estes foram perdendo resistência, uma vez que, no geral, os valores dos picos iniciais foram decrescendo, com a conseqüente perda de crocância dos mesmos com o decorrer do tempo, sendo estes resultados mais perceptíveis para as amostras em xarope com um °Brix de 30.

Em termos visuais, em xarope com um °Brix de 30, verificou-se a presença de uma maior quantidade de amostras quebradas do que em preparado com um °Brix de 50, como se pode observar na Figura 38, possivelmente devido ao facto de este último ter uma menor quantidade de água livre disponível para interagir com o revestimento.



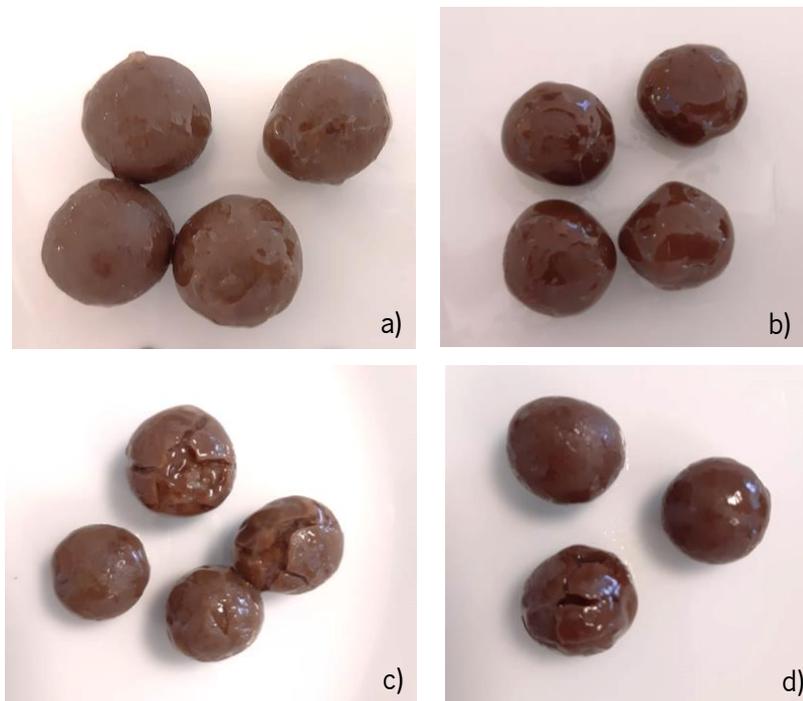
**Figura 38.** Cereais de caseinato revestidos com a formulação 4, após 7 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Uma vez que se obtiveram resultados não satisfatórios, com uma parte substancial de amostras quebradas em ambos os preparados, fica inviabilizada a utilização deste tipo de cereais, não se tendo também prosseguido com as análises nos dois tipos de xarope e com a aplicação dos mesmos em iogurte.

#### 4.7.3. Ensaio 6

- Aplicação nos xaropes

Avaliou-se a permeabilidade dos cereais 2 revestidos com a formulação 4 nos dois xaropes, durante 1 semana, tal como referido anteriormente, de forma a verificar se este revestimento e o método da pistola com ar comprimido foram eficientes, encontrando-se os resultados na Figura 39.



**Figura 39.** Cereais 2 revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b) e após 7 dias em xarope com °Brix de 30 (c) e de 50 (d).

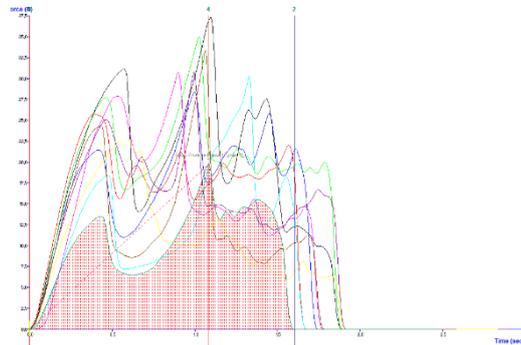
Pela sua observação, após 1 dia, percebe-se que todas as amostras aplicadas em ambos os xaropes se encontravam com o revestimento intacto e sem quebras. No entanto, após uma semana, algumas amostras aplicadas em xarope com um °Brix de 30 encontravam-se moles e com o revestimento fraturado, sendo que, relativamente às incorporadas em preparado com um °Brix de 50, apenas uma se encontrava amolecida.

Porém, estes resultados levam a concluir que os cereais que amoleceram não estariam uniformemente revestidos, pelo que a análise das amostras que se encontravam corretamente revestidas indica que este revestimento efetivamente resulta, impede a entrada de água e pode continuar a ser testado noutro tipo de cereais de dimensões mais reduzidas.

#### 4.7.4. Ensaio 7

- Aplicação nos xaropes

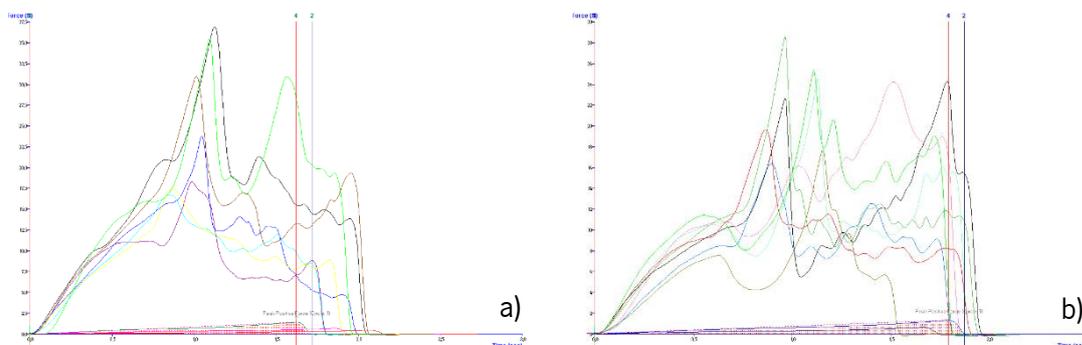
A Figura 40 revela os perfis de compressão obtidos antes da incorporação dos cereais revestidos da receita caseira revestidos com a formulação 4 nos xaropes.



**Figura 40.** Perfis de compressão dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, antes de serem aplicados nos xaropes.

Pela sua análise, percebe-se que o valor do pico inicial em cada perfil foi inferior ao dos picos que o sucederam, relativos à compressão das estruturas internas do cereal em si, sendo que isto pode ser explicado pelo facto de os cereais da receita caseira serem mais compactos do que os restantes componentes utilizados nos outros ensaios e, além disto, não são extrudidos, pelo que oferecem uma maior resistência à compressão do que o revestimento em si.

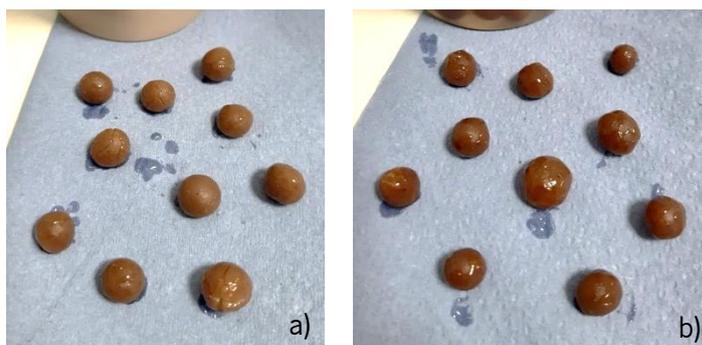
Os dados obtidos dos perfis de compressão dos cereais revestidos, após 1, 7, 15, 30 dias da sua aplicação nos xaropes, encontram-se apresentados no Anexo A2, sendo que os perfis obtidos após 60 dias nos preparados encontram-se expostos na Figura 41.



**Figura 41.** Perfis de compressão dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Após a análise dos perfis da Figura 41, verificou-se que os valores dos picos iniciais nos gráficos foram, no geral, menos intensos do que os obtidos antes da aplicação dos cereais nos xaropes, o que é indicativo que estes perderam alguma da sua crocância após a incorporação das amostras nos preparados, mas não o suficiente para se considerar desadequada ao provar. Além disto, constatou-se a presença de algumas amostras moles, por poderem ter alguma fissura no respetivo revestimento.

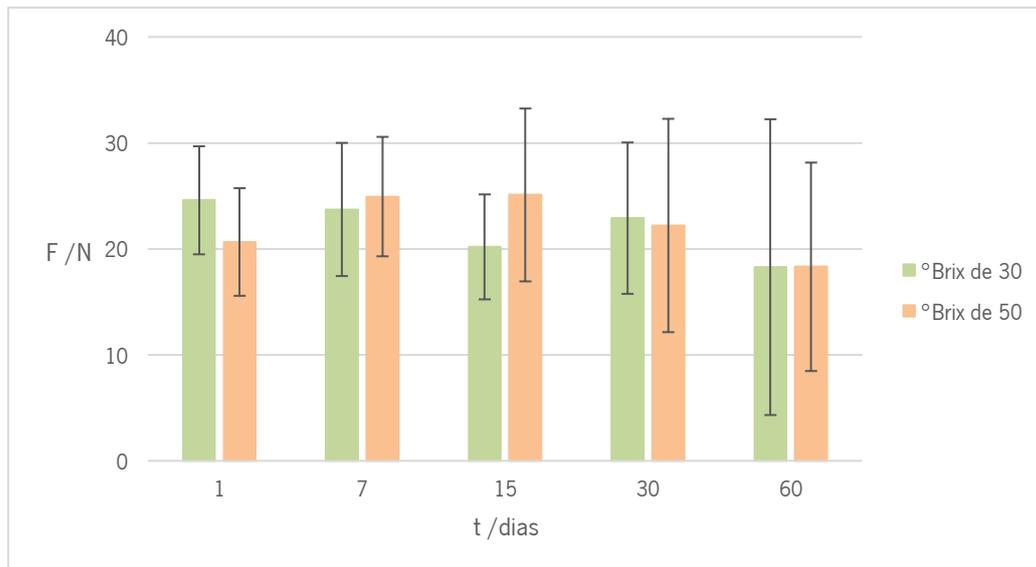
Porém, no geral, após a aplicação dos cereais revestidos nos xaropes, estes mantiveram um revestimento uniforme ao longo de toda a sua superfície, apesar de se terem registado algumas amostras moles, como se observa na Figura 42.



**Figura 42.** Cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Seguidamente, compararam-se as diferentes resistências destes cereais revestidos quando em contacto com os dois tipos de xarope estudados, presentes nos gráficos da Figura 43.

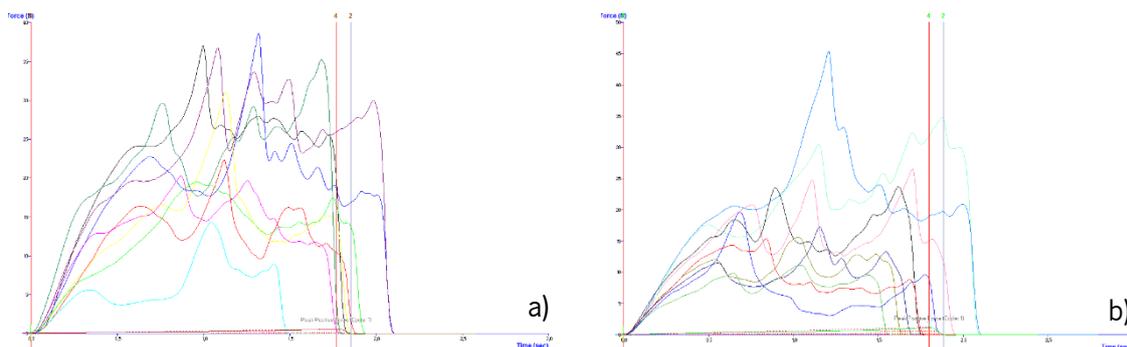
Através da observação e comparação dos dados da Figura 43, constata-se que parece existir um comportamento idêntico dos cereais revestidos quando incorporados em ambos os tipos de xarope. Nos dois xaropes, após o 7º dia, até à última análise realizada, regista-se um ligeiro decréscimo gradual em quase todos os valores médios, excetuando ao 30º dia no xarope com um °Brix de 30, acentuando-se esta diminuição aos 60 dias, indicando que a força necessária para comprimir os cereais vai decrescendo de forma ligeira, o que indica que alguns podem ter amolecido. No entanto, salienta-se que, tendo em conta os valores dos desvios-padrão observados associados a cada média, estas diferenças se diluem, sendo estes valores dos desvios elevados pelo facto de não se ter uma amostra homogénea. Assim, comparando os resultados de ambos os xaropes, pode-se concluir que não se verificaram diferenças consideráveis ao longo do tempo na colocação dos cereais revestidos nos xaropes com °Brix de 30 ou de 50.



**Figura 43.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.

- **Aplicação em iogurte**

Os perfis de compressão dos cereais revestidos da receita caseira com a formulação 4, ao fim de 30 dias em iogurte, encontram-se apresentados na Figura 44, sendo que os perfis relativos aos 1, 7, 15 e 21 dias após a incorporação estão expostos no Anexo A2.

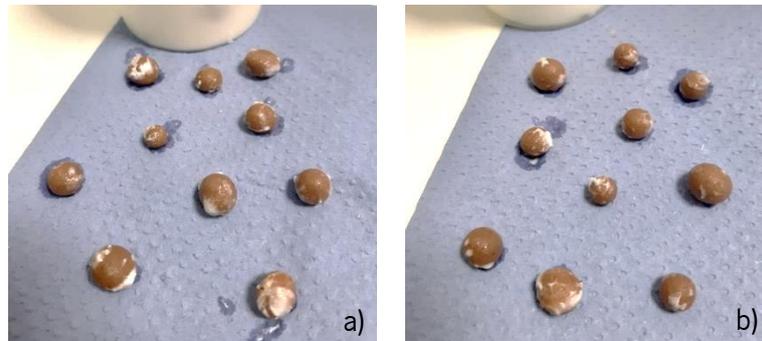


**Figura 44.** Perfis de compressão dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

Analisando os gráficos da Figura 44, denota-se que, comparando os resultados da aplicação dos cereais revestidos em iogurte com os obtidos após a aplicação apenas em xaropes e com os dos cereais secos antes da sua incorporação, a influência das diversas matrizes hidrofílicas na resistência das amostras não foi considerável, tendo-se mantido os perfis de compressão semelhantes com o decorrer do tempo.

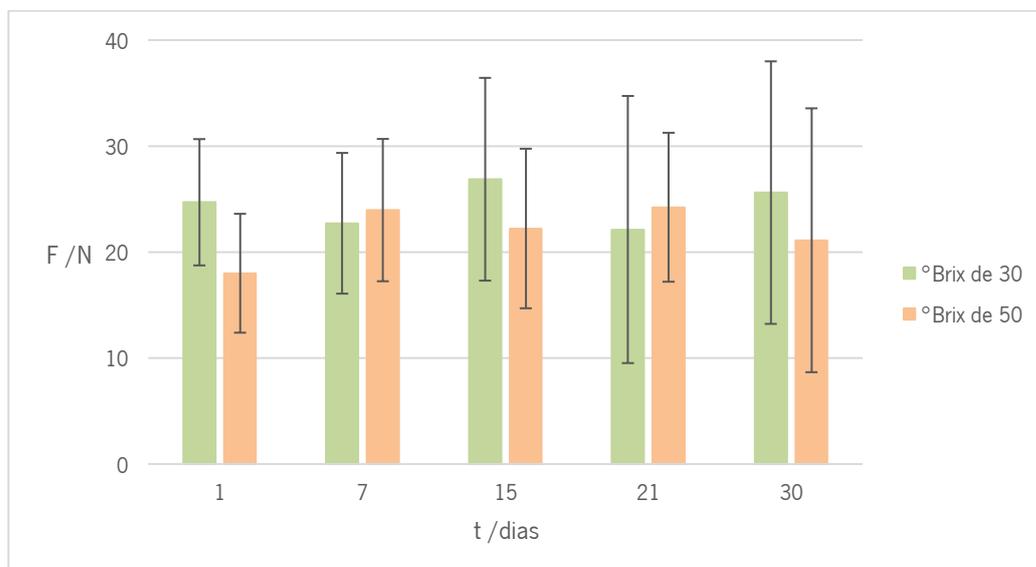
No entanto, constatou-se o registo de várias amostras moles ou menos resistentes em algumas das análises de ambos os gráficos, uma vez que se visualizam alguns perfis onde se destaca a existência de apenas um pico no final da compressão das mesmas.

Conclui-se que o revestimento destes cereais teve a capacidade de impedir a entrada de água proveniente do iogurte, apesar de algumas exceções, como se observa na Figura 45. Ao nível de prova sensorial, as amostras sem quebras estavam crocantes ao fim de um mês na matriz hidrofílica.



**Figura 45.** Cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

Foi realizada uma comparação entre as médias das resistências destes cereais revestidos ao longo do tempo, doseados nos dois tipos de xarope e incorporados em iogurte, exposta na Figura 46.



**Figura 46.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.

Analisando a Figura 46, verificou-se a existência de algumas oscilações nos valores médios ao longo do tempo, em ambos os casos dos dois xaropes. No entanto, estas não permitem concluir que há um aumento ou decréscimo da resistência com o tempo.

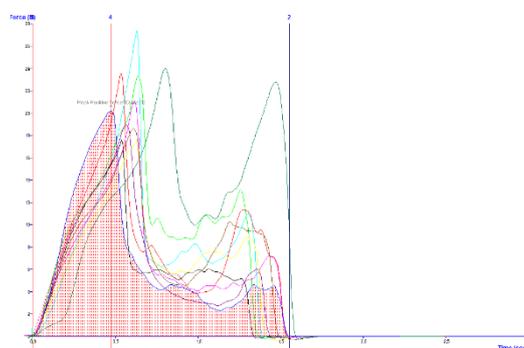
Comparando ambos os casos, conclui-se que não existiram diferenças significativas entre os valores médios das resistências das amostras em iogurte ao longo do tempo.

É de salientar a presença de alguns cereais moles em algumas análises, não sendo a amostra homogênea, facto que conduziu a valores de desvio-padrão mais elevados que o expectável.

#### 4.7.5. Ensaio 8

- **Aplicação nos xaropes**

A Figura 47 apresenta os perfis de compressão obtidos antes da incorporação dos cereais 3 revestidos com a formulação 4 nos preparados Frulact com °Brix de 30 e de 50.



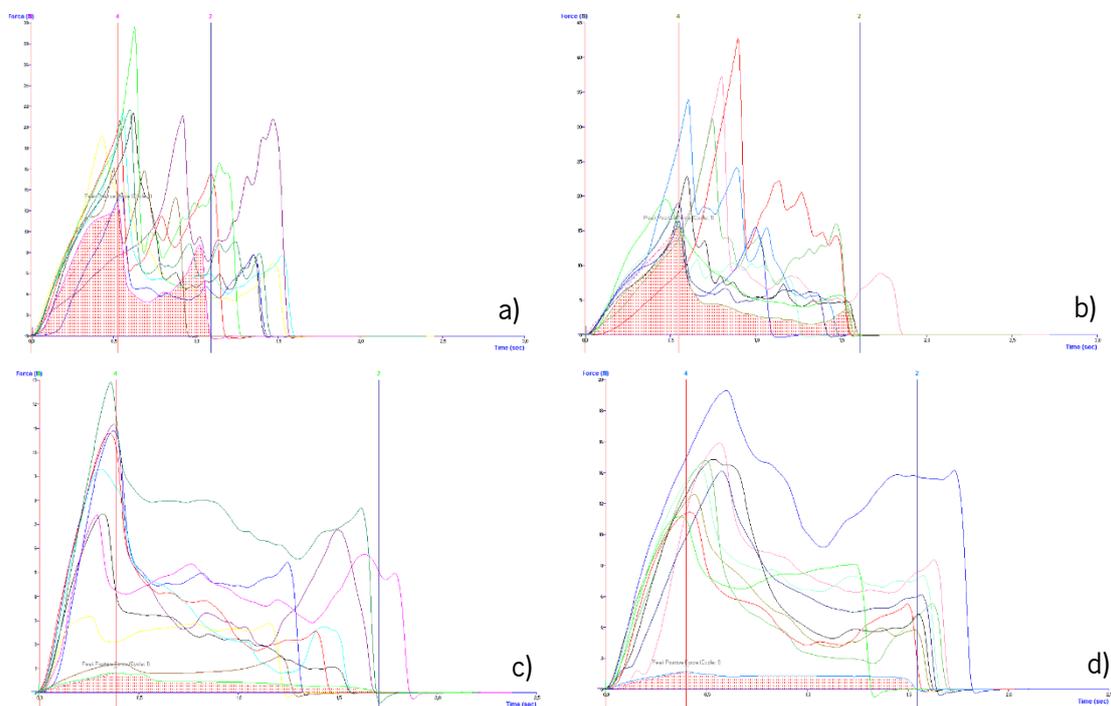
**Figura 47.** Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, antes de serem aplicados nos xaropes.

Pela análise da Figura 47, denota-se que todas as amostras apresentaram um perfil característico, com um pico inicial elevado, relativo à compressão do revestimento, seguido de um decréscimo da resistência à compressão, correspondente à quebra do cereal em si.

Os perfis de compressão dos cereais utilizados para as análises, após 1 e 60 dias de aplicação, encontram-se expostos na Figura 48, sendo que os perfis correspondentes aos períodos de tempo de 7, 15 e 30 dias encontram-se no Anexo A2.

Após a análise destes gráficos, concluiu-se que, no primeiro dia, os cereais revestidos aplicados nos xaropes mantiveram os valores das resistências à compressão semelhantes aos obtidos para os cereais antes desta aplicação, visualizando-se, contudo, ao fim de 60 dias, uma diminuição do valor do pico inicial de vários perfis.

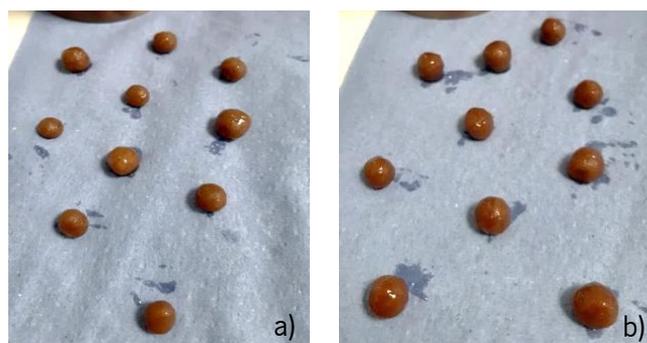
Pela análise da Figura 48 c) e d), constata-se a presença de algumas amostras moles nas referidas análises, possivelmente devido ao facto de, quando foram doseadas nos xaropes, estas terem algumas fissuras que possibilitaram a entrada de água livre após a incorporação.



**Figura 48.** Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b) e 60 dias em xarope com °Brix de 30 (c) e de 50 (d).

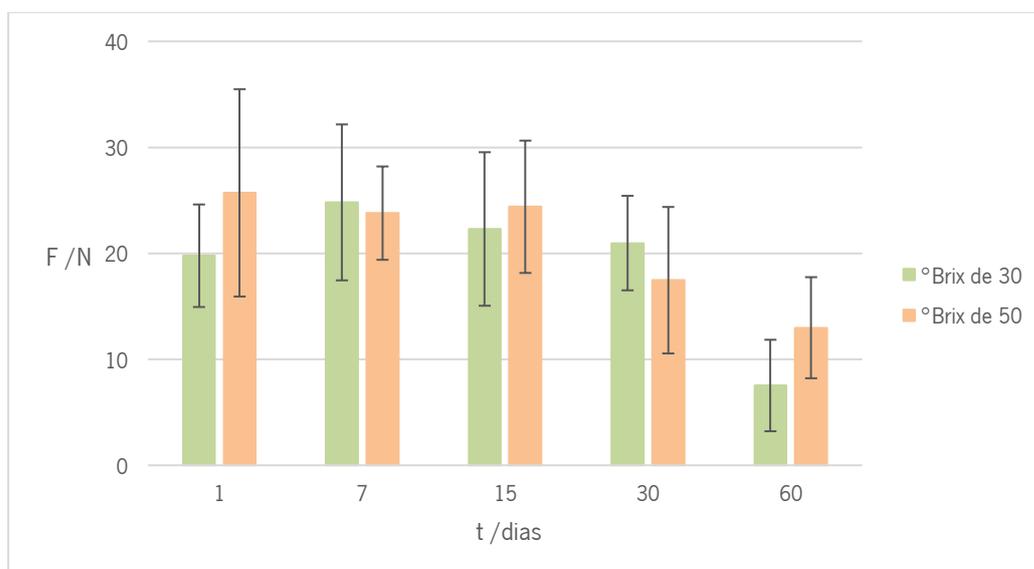
Em termos de prova sensorial, ao fim de 60 dias, os cereais não tinham a crocância adequada.

A Figura 49 permite observar os cereais revestidos ao fim de 60 dias nos preparados, onde se percebe a existência de amostras com uma cor mais baça que outras, demonstrando a perda de integridade do revestimento nas referidas análises.



**Figura 49.** Cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

A Figura 50 apresenta uma comparação da resistência destes cereais revestidos quando incorporados nos diferentes tipos de xarope ao longo do tempo.

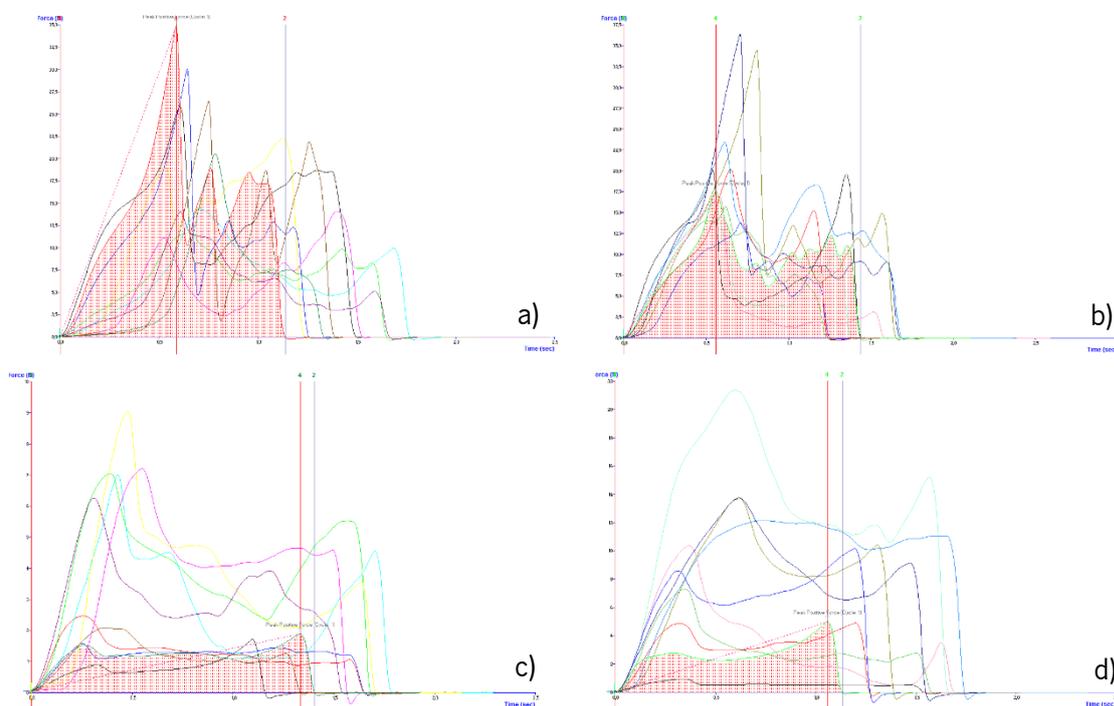


**Figura 50.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.

Analisando a mesma, verifica-se um comportamento semelhante dos cereais revestidos quando em contacto com ambos os preparados. Em ambos os xaropes, após o 7º dia, até ao fim do primeiro mês, é possível observar um ligeiro decréscimo nos valores médios das resistências, acentuando-se esta diminuição na última análise, ao fim de 60 dias. Assim, pode-se concluir que a força necessária para comprimir os cereais vai decrescendo com o decorrer do tempo. Considerando os desvios-padrão associados às médias apresentadas, constata-se, no caso do xarope com um °Brix de 50, que os desvios permitem diluir as diferenças obtidas nos diferentes períodos de tempo. Contudo, as variações entre os valores médios mantêm-se acentuadas para os cereais em xarope com um °Brix de 30, quando se comparam os resultados entre o 1º e o 30º dia. Estes resultados podem ser explicados pelo facto de que, neste último xarope, os cereais encontram-se sujeitos ao contacto com uma maior quantidade de água livre, quando em comparação com o outro preparado, podendo levar a uma maior desestabilização do revestimento e à perda de resistência à compressão. Esta entrada de humidade para o interior destes cereais em específico pode ter sido facilitada pela baixa espessura do revestimento (0.09 cm), valor de atividade de água (0.6891) e baixa percentagem de constituintes hidrofóbicos do revestimento (87 %), quando em comparação com outros revestimentos diferentes.

- **Aplicação em iogurte**

Na Figura 51 estão presentes os perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 1 e 30 dias incorporados em iogurte, sendo que os perfis dos restantes períodos de tempo, nomeadamente, 7, 15 e 21 dias, são apresentados no Anexo A2.

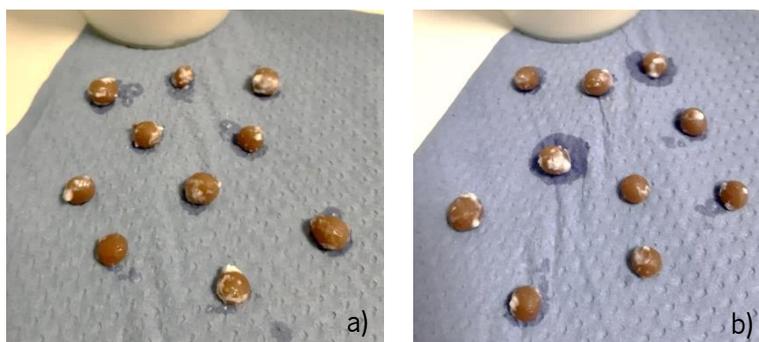


**Figura 51.** Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b) e 30 dias em xarope com °Brix de 30 (c) e de 50 (d), aplicados em iogurte.

Esta figura revela, no geral, a presença de um pico inicial elevado em cada perfil, relativo à compressão do revestimento, seguido de picos correspondentes à compressão dos cereais em si e à quebra das suas estruturas internas, tendo, porém, existido algumas amostras que se encontravam moles ou menos resistentes em algumas análises, como se pode perceber pela observação das Figuras 51 c) e d).

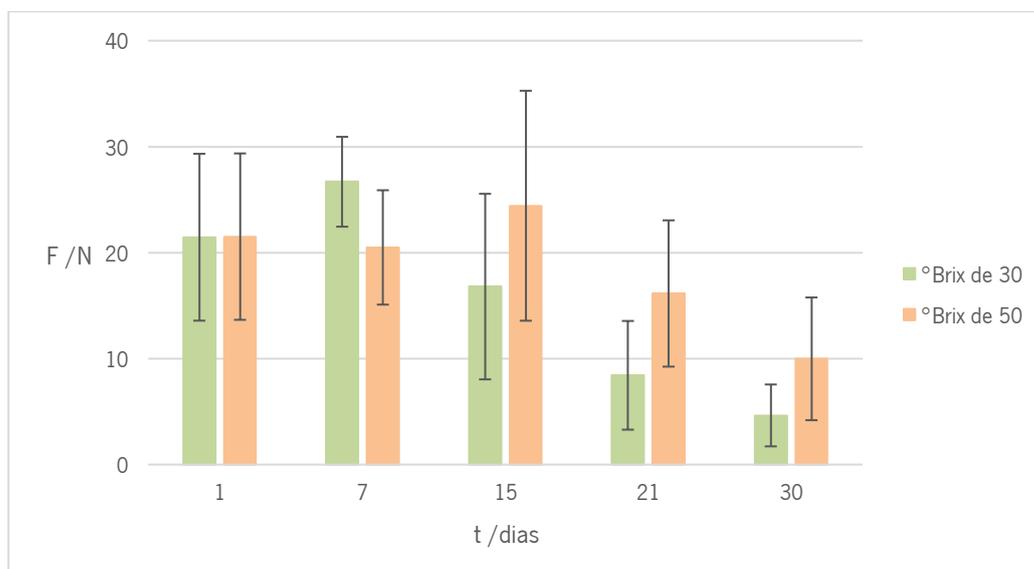
Assim, face aos resultados obtidos, conclui-se que a maior parte dos cereais mantiveram-se sem quebras evidentes no revestimento ao longo do tempo, apesar de algumas exceções, sendo que estes cereais revestidos após 30 dias em iogurte encontram-se ilustrados na Figura 52.

Porém, em termos de prova sensorial, verificou-se que este revestimento não foi capaz de manter os cereais crocantes.



**Figura 52.** Cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

Na Figura 53 é ilustrada uma comparação entre as médias das resistências à compressão destes cereais revestidos ao longo do tempo, quando doseadas nos xaropes e aplicados em iogurte.



**Figura 53.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.

Analisando os valores médios no caso do xarope com um °Brix de 30, percebe-se que, a partir dos 7 dias, se registou um decréscimo gradual destes valores até ao fim do mês, sendo que a diferença entre a análise realizada no 1º e no 30º dia é considerável, havendo uma perda de resistência por parte dos cereais. Já em relação aos resultados obtidos no preparado com um °Brix de 50, a partir dos 15 dias, constata-se uma diminuição gradual dos valores médios, sendo que a diferença entre os valores do 1º e do 30º dia não é tão acentuada como a observada no caso do xarope com um °Brix de 30.

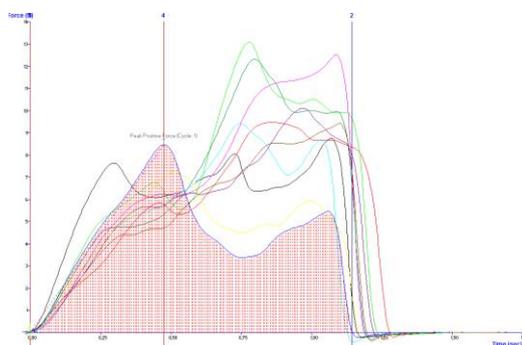
Tal como já foi referido para a aplicação destes cereais apenas nos preparados, no caso do xarope com um °Brix de 30, os cereais revestidos encontram-se sujeitos ao contacto com uma maior quantidade de água livre, quando em comparação com o outro preparado, podendo levar a uma maior desestabilização deste revestimento. Assim, quando incorporados num meio aquoso como o iogurte, os cereais podem sofrer uma perda mais acentuada da resistência à compressão. Tendo em consideração os desvios-padrão inerentes às médias expostas nos gráficos, conclui-se que as variações entre os valores médios se mantêm acentuadas para os cereais em iogurte quando aplicados em xarope com um °Brix de 30, sobretudo quando se comparam os resultados entre o 1º e o 30º dia. Contudo, no caso do preparado com um °Brix de 50, os desvios-padrão associados permitem diluir as diferenças obtidas nos diferentes períodos de tempo de amostragem.

Comparando os resultados da aplicação dos cereais revestidos em iogurte com os obtidos apenas em xaropes e dos cereais secos antes da sua incorporação, conclui-se que a influência das diferentes matrizes hidrofílicas na resistência dos componentes foi significativa, sendo que a resistência dos cereais à força de compressão diminuiu com o tempo face ao contacto com os meios.

#### 4.7.6. Ensaio 9

- **Aplicação nos xaropes**

Foram estudados os perfis de compressão obtidos antes da incorporação dos referidos cereais extrudidos revestidos com a formulação 4 nos xaropes, revelados na Figura 54.

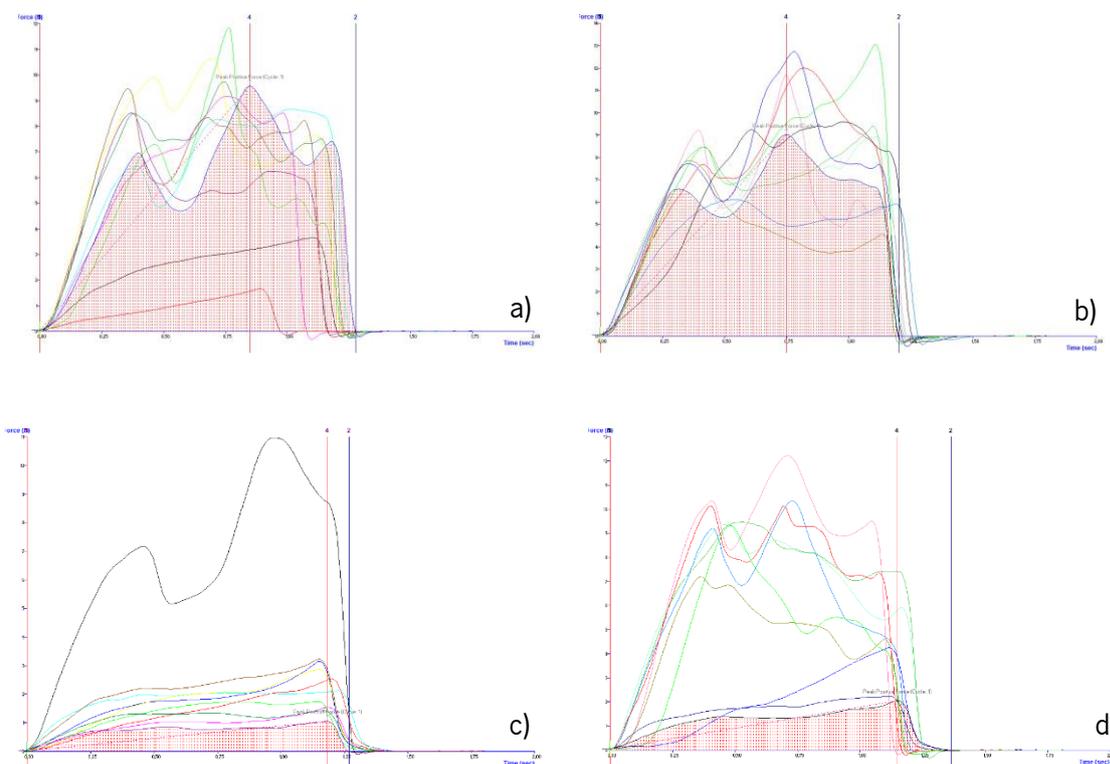


**Figura 54.** Perfis de compressão dos cereais de arroz extrudido revestidos com a formulação 4, antes de serem aplicados nos xaropes.

Pela análise da Figura 54, conclui-se que, aquando a compressão, no geral, os cereais revelaram um pico ligeiro inicial, que surge quando a sonda tem o primeiro contacto com o revestimento, seguido de picos mais elevados, relativos à quebra do revestimento e das diversas estruturas existentes no

interior do cereal seco. Isto pode ser justificado pelo facto de estes cereais, por serem mais pequenos e frágeis, não têm o mesmo perfil que outros tipos de cereais. No entanto, existiu uma exceção, sendo que o perfil a sombreado mostra um pico inicial elevado, onde o cereal revestido oferece uma maior resistência inicial, seguido de um decréscimo do pico que o sucede, possivelmente devido ao facto de esta amostra ser mais oca que as restantes, não oferecendo uma resistência tão acentuada como nos restantes casos.

Os perfis de compressão destes cereais após 1 e 30 dias de aplicação nos xaropes encontram-se apresentados na Figura 55, sendo que os perfis correspondentes aos períodos de tempo de 7 e 15 dias são expostos no Anexo A2.



**Figura 55.** Perfis de compressão dos cereais de arroz extrudido revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b) e 30 dias em xarope com °Brix de 30 (c) e de 50 (d).

Analisando os perfis da Figura 55 e comparando-os aos presentes na Figura 54, conclui-se que, após a incorporação, no caso do xarope com um °Brix de 30, os cereais foram perdendo a sua resistência à compressão ao longo do tempo, facto que não se registou no caso do preparado com um °Brix de 50, onde os valores das resistências se mantiveram relativamente semelhantes aos

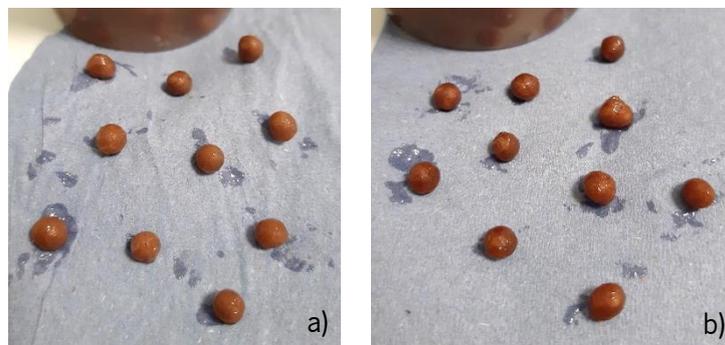
registados antes da aplicação, sendo que se registaram em alguns dos gráficos algumas exceções de amostras moles ou menos resistentes, como se pode observar na Figura 55 a), c) e d).

Porém, em termos visuais, verificou-se que a maior parte dos cereais não exibia quebras evidentes no seu revestimento, mas apresentavam uma cor mais clara e baça, principalmente as amostras em xarope com um °Brix de 30, como se apresenta na Figura 56.

Em termos de prova sensorial, verificou-se que, ao longo do tempo, os cereais foram perdendo gradualmente a sua crocância.

Estes resultados devem-se, possivelmente, ao facto de ter existido uma entrada de humidade nos cereais, facilitada pela baixa espessura (0.08 cm), valor de atividade de água (0.6814) deste revestimento e pela sua percentagem de constituintes lipídicos hidrofóbicos não suficientemente elevada, de 87 %, quando em comparação com outros revestimentos diferentes.

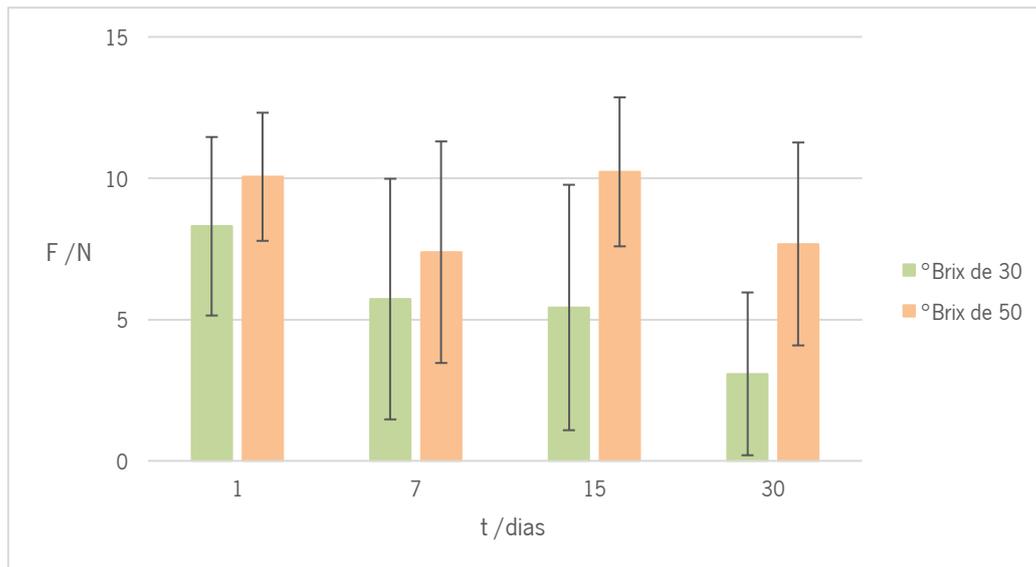
Desta forma, conclui-se que o revestimento destes cereais não se mostrou ser capaz de manter os cereais secos e com a crocância adequada quando em contacto com as matrizes hidrofílicas.



**Figura 56.** Cereais de arroz extrudido revestidos com a formulação 4, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Na Figura 57 é realizada a comparação das médias das resistências destes cereais revestidos ao longo do tempo, quando incorporados nos diferentes tipos de preparado.

Conclui-se que o comportamento dos cereais revestidos quando em contacto com os diferentes xaropes foi distinto, sendo que a força necessária para comprimir os cereais aplicados no xarope com um °Brix de 30 vai decrescendo com o decorrer do tempo, não acontecendo o mesmo no outro xarope, onde as pequenas flutuações entre as médias se diluem quando se observam os desvios-padrão associados. Conclui-se que existiram diferenças visíveis entre colocar estes cereais nos diferentes xaropes, pelo que, dados os resultados, se considerou desnecessária a aplicação destes em iogurte.

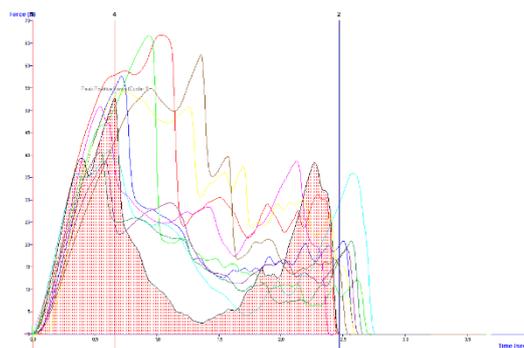


**Figura 57.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais de arroz extrudido revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.

#### 4.7.7. Ensaio 11

- **Aplicação nos xaropes**

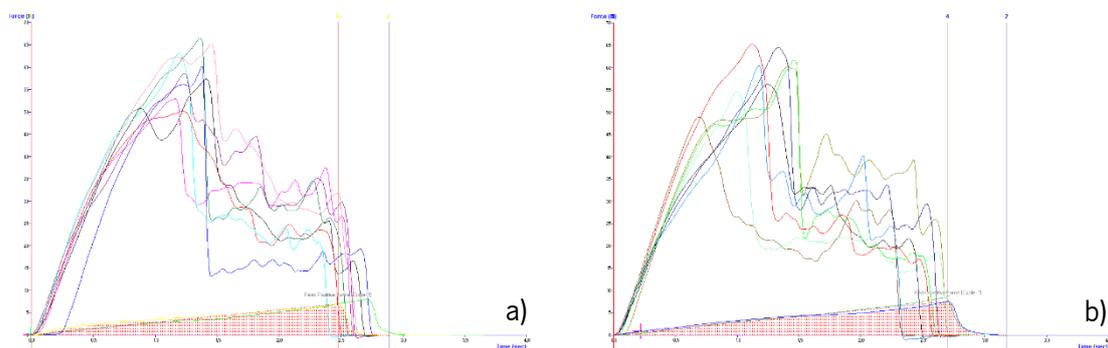
Começou-se por avaliar os perfis de compressão obtidos antes da incorporação dos cereais 1 revestidos com a formulação 6 nos xaropes, ilustrados na Figura 58.



**Figura 58.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, antes de serem aplicados nos xaropes.

Analisando a Figura 58, verifica-se a existência de um pico inicial elevado em todos os perfis, correspondente à quebra do revestimento, seguido de um decréscimo da resistência oferecida à compressão, comprovado pelos vários picos mais baixos sucessivos relativos à quebra constante das diversas estruturas existentes no interior do cereal seco.

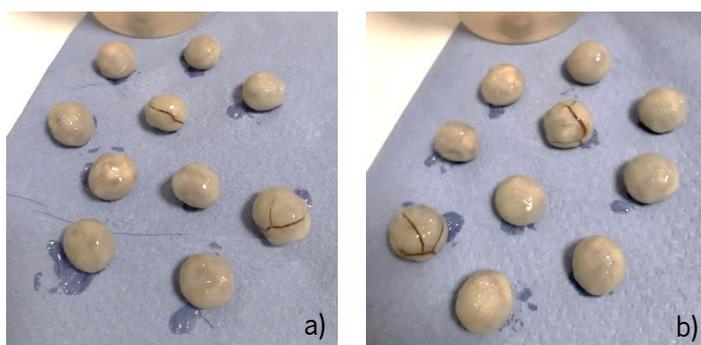
Os perfis de compressão obtidos destes cereais revestidos após 60 dias aplicados nos xaropes encontram-se presentes na Figura 59, sendo que os perfis obtidos ao fim de 1, 7, 15 e 30 dias de incorporação são expostos no Anexo A2.



**Figura 59.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Analisando a Figura 59, percebe-se que, tanto para amostras aplicadas em xarope com um °Brix de 30, como de 50, os cereais revestidos apresentam o mesmo perfil de resistência à compressão, o que se observa pela presença, em cada perfil, de um pico inicial elevado correspondente à compressão do revestimento, seguido de um decréscimo da resistência ao longo da compressão, provado pelos picos mais baixos que sucedem o inicial, relativos à quebra do próprio cereal. No entanto, registaram-se algumas amostras moles em algumas das análises, sendo que, contudo, a maioria dos cereais analisados apresentaram perfis idênticos.

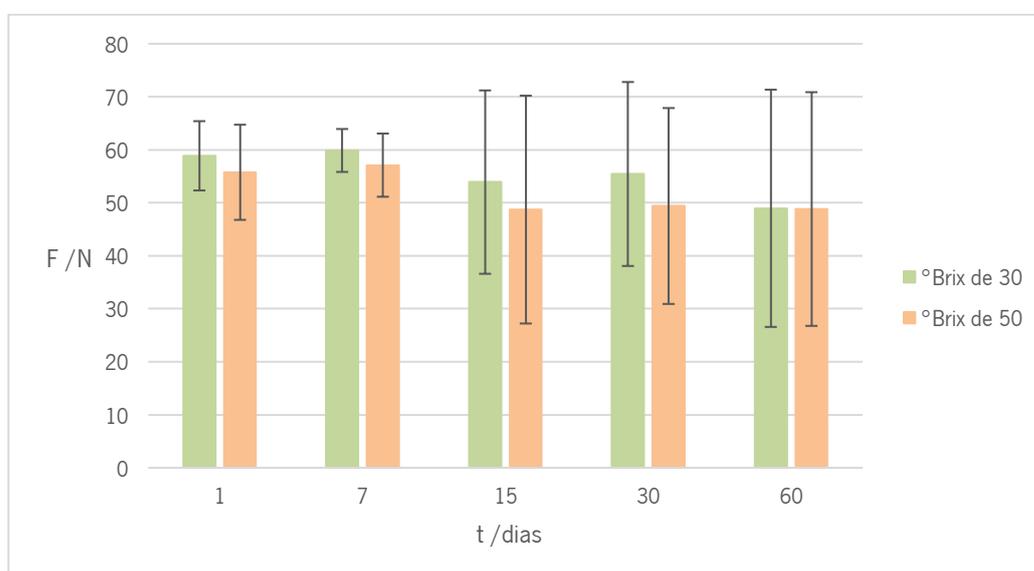
Desta maneira, conclui-se que, no geral, o revestimento teve a capacidade de proteger os cereais contra a entrada de água e de os manter crocantes ao longo do tempo, tendo-se registrado, porém, algumas amostras moles, como se pode também comprovar a nível visual pela Figura 60.



**Figura 60.** Cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Comparando com os perfis dos cereais antes da sua aplicação nos xaropes, presentes na Figura 58, constata-se que os perfis da Figura 59 se mantiveram com valores de forças de compressão idênticos ao longo do tempo.

De seguida, compararam-se as médias das resistências à compressão destes cereais revestidos quando em contacto com os dois xaropes ao longo do tempo, como se pode observar pela Figura 61.



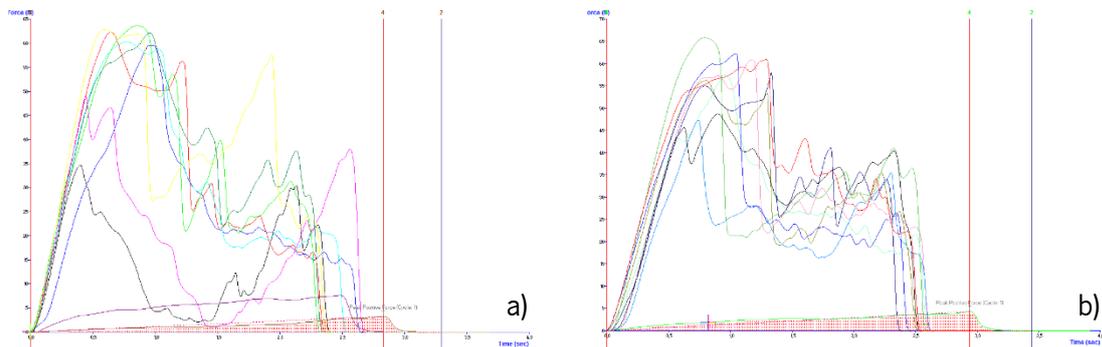
**Figura 61.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.

Pela análise da mesma, verifica-se que não existiram variações significativas ao nível da textura dos cereais revestidos entre ambos os xaropes utilizados, sendo que se registaram algumas pequenas flutuações entre as médias, sobretudo a partir dos 15 dias de análise, no caso de ambos os xaropes. No entanto, estas diferenças diluem-se quando considerando os respetivos desvios-padrão associados. Denota-se que estes desvios, a partir dos 15 dias, aumentam notoriamente, sendo que isto acontece devido ao facto de a amostra não ser homogénea, existindo algumas amostras moles com baixa resistência à compressão que influenciam o valor da respetiva média.

- **Aplicação em iogurte**

Foram avaliados os perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, sendo que os correspondentes aos períodos de tempo de 1, 7, 15 e 21 dias se encontram expostos no Anexo A2, e os perfis relativos aos 30 dias de análise são apresentados na Figura 62. Foram apenas analisadas 6 amostras para o xarope com um °Brix de 30 e 5 para o de °Brix de 50 no primeiro ponto

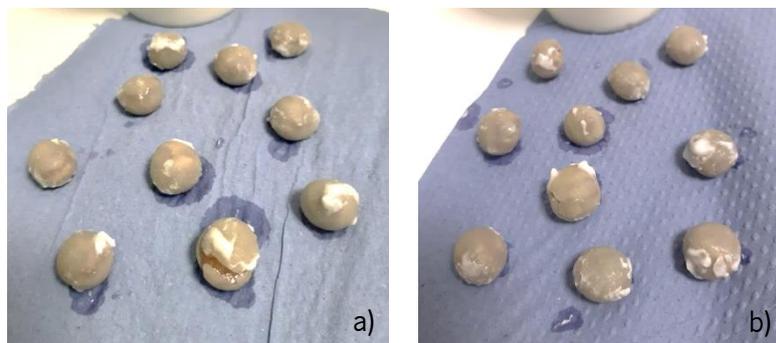
de amostragem e 9 cereais no preparado com um °Brix de 50 ao fim de 7 dias, pois algumas amostras mostraram-se ser demasiado resistentes e duras, não se conseguindo efetuar a sua compressão.



**Figura 62.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

Pela análise da Figura 62, afere-se que, no geral, o revestimento da maior parte das amostras foi capaz de resistir à hidratação face ao contacto com o iogurte, como se comprova pela visualização de um pico inicial elevado em cada perfil relativo à compressão do revestimento, seguido dos picos sucessivos correspondentes à quebra dos cereais secos em si. Contudo, embora a maior parte dos cereais tenha apresentado um perfil idêntico entre si, denota-se a existência de algumas exceções de cereais cujo revestimento quebrou e sofreram perda de textura.

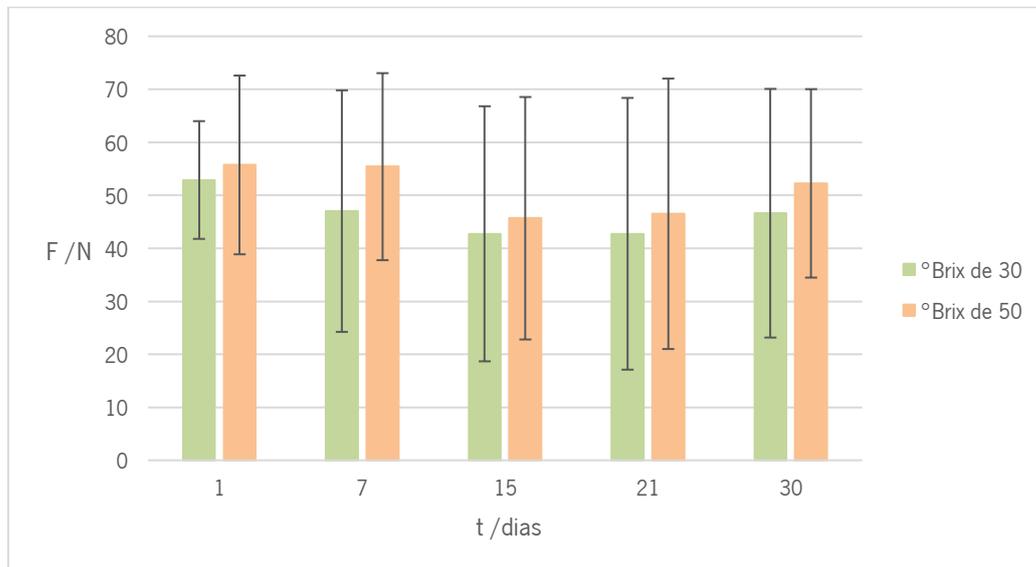
Pode-se concluir, em termos de prova sensorial, que o revestimento foi capaz de manter a crocância adequada dos cereais. No entanto, como já foi referido, existiram algumas exceções de amostras que amoleceram, possíveis de se observar na Figura 63.



**Figura 63.** Cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

Comparando os resultados da aplicação dos cereais revestidos em iogurte com os obtidos apenas em xaropes e dos cereais secos antes da sua incorporação, percebe-se que a influência das várias matrizes hidrofílicas na resistência das amostras em análise não foi considerável, mantendo-se os perfis de compressão e a intensidade dos picos similares ao longo do tempo.

Compararam-se as médias de resistências à compressão destes cereais revestidos ao longo do tempo, doseados nos xaropes e incorporados em iogurte, como se pode observar na Figura 64.



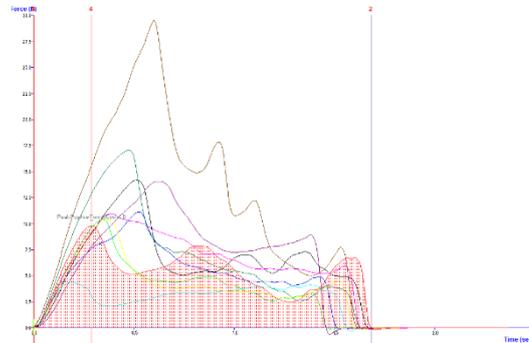
**Figura 64.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.

Analisando a mesma, constata-se que parece existir um comportamento idêntico dos cereais revestidos em iogurte, entre o caso de ambos os xaropes, em quase todos os períodos de amostragem, salientando-se um decréscimo ligeiramente mais acentuado do valor médio da resistência das amostras em preparado com °Brix de 30 no 7° e 30° dias de amostragem, quando comparado com o valor médio em xarope com °Brix de 50 nos mesmos períodos de tempo. No entanto, considerando os valores dos desvios-padrão inerentes a cada média, estas diferenças diluem-se. Assim, comparando ambos os casos, conclui-se que não existiram diferenças significativas entre os valores médios das resistências das amostras em iogurte ao longo do tempo. Salienta-se que os valores dos desvios-padrão obtidos foram bastante mais elevados do que nos restantes ensaios. Isto deveu-se ao facto de a amostra não ser homogênea, sendo que, a partir dos 7 dias, se encontraram várias amostras moles, com baixa resistência à compressão.

#### 4.7.8. Ensaio 12

- Aplicação nos xaropes

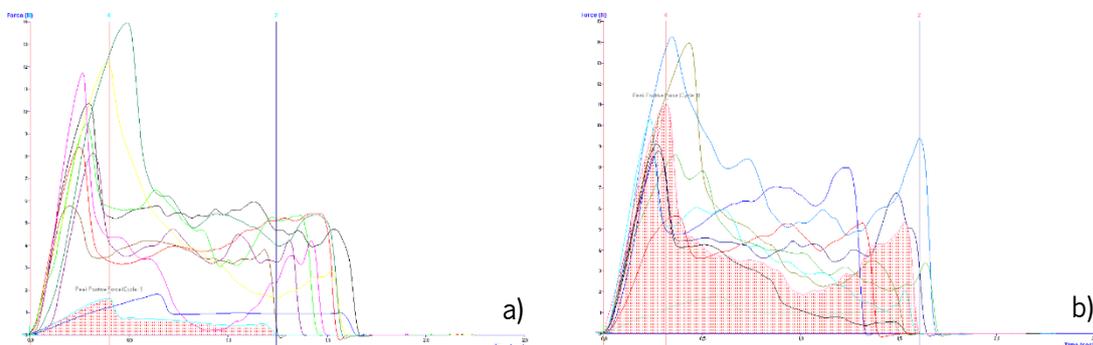
A Figura 65 expõe os perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6 antes da sua incorporação nos xaropes.



**Figura 65.** Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, antes de serem aplicados nos xaropes.

Analisando a Figura 65, regista-se a presença, em cada perfil, de um pico inicial elevado ou ligeiro, relativo à compressão do revestimento, seguido de picos sucessivos relativos à compressão do cereal em si. Nota-se, porém, a presença de uma amostra menos resistente do que as restantes.

Os perfis de compressão destes cereais revestidos, 60 dias após terem sido incorporados nos xaropes, estão expostos na Figura 66, sendo que os perfis relativos aos períodos de tempo de 1, 7, 15 e 30 dias encontram-se no Anexo A2.

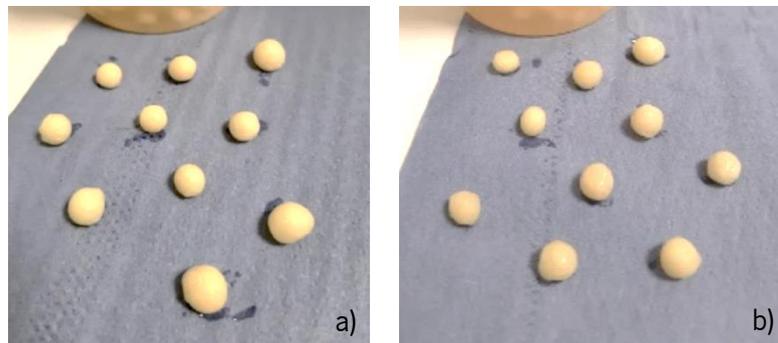


**Figura 66.** Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Observando os perfis de compressão da Figura 66, constata-se que os cereais sofreram uma diminuição das resistências ao longo do tempo, comparativamente aos perfis dos cereais antes da sua aplicação nos xaropes. É de constatar que se assinalaram algumas amostras moles ou menos

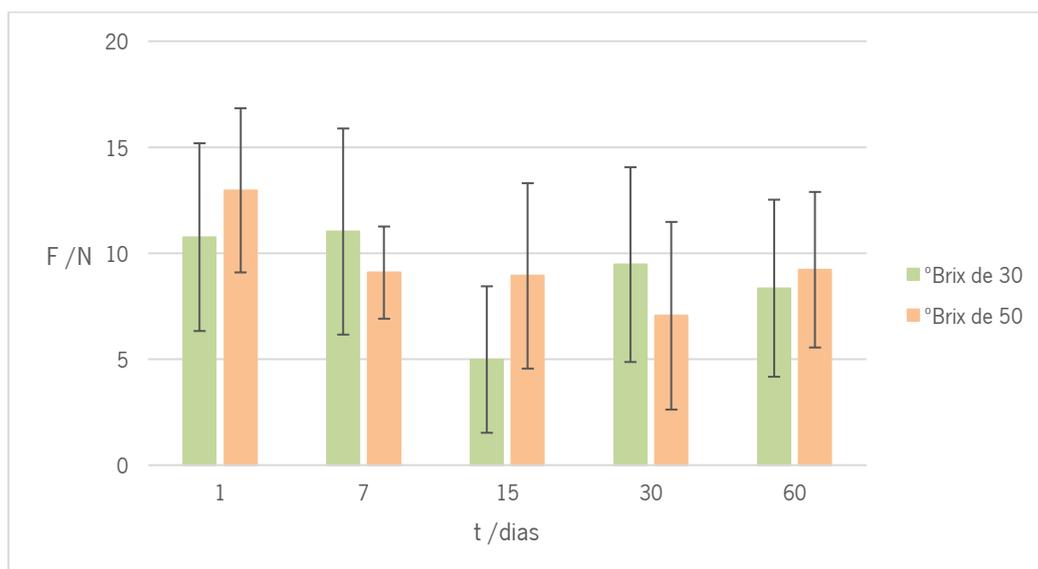
resistentes em algumas das análises. Em termos de prova sensorial, retira que, ao fim de 60 dias, os cereais não apresentavam a crocância adequada.

A Figura 67 permite observar os cereais revestidos ao fim de 60 dias nos preparados, onde não se notam quebras evidentes nos respetivos revestimentos.



**Figura 67.** Cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Posteriormente, procedeu-se à comparação das médias das resistências à compressão das amostras entre os dois tipos de preparados ao longo do tempo, estando estas expostas na Figura 68.



**Figura 68.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.

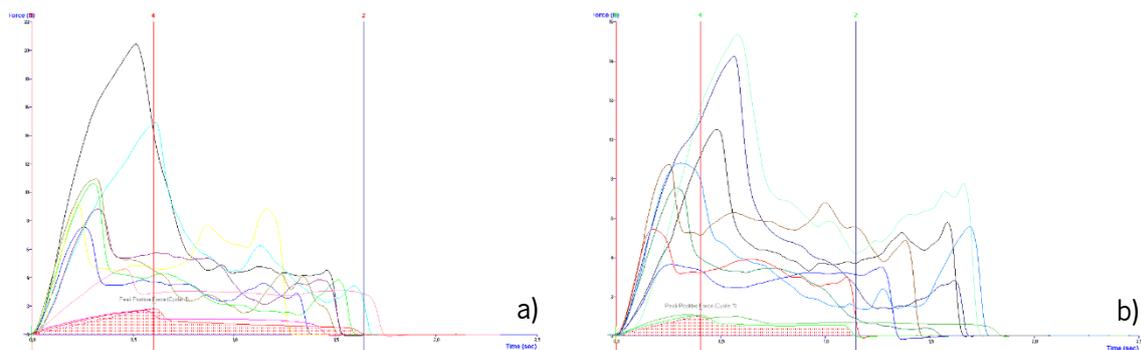
Analisando a Figura 68, verifica-se que, no caso do xarope com um °Brix de 30, as médias das resistências mantêm-se idênticas ao longo do tempo, exceto na análise realizada ao fim de 15 dias, onde se denota uma descida acentuada da média, possivelmente, devido à presença de uma

percentagem superior de amostras moles ou menos resistentes cujo valor da resistência influenciou de forma saliente a referida média. Relativamente ao caso do preparado com um °Brix de 50, após o 7º dia é possível observar um ligeiro decréscimo nos valores médios das resistências, sendo que a força necessária para comprimir os cereais decresceu ligeiramente, havendo depois uma ligeira subida dos valores ao fim de 60 dias. Por outro lado, considerando os valores dos desvios-padrão associados às médias, estas diferenças diluem-se, sobretudo no caso do xarope com um °Brix de 50.

No entanto, em ambos os casos, após a última análise constatou-se que os cereais não tinham a crocância adequada, como já foi referido, pelo que pode ter existido alguma entrada de água nos cereais, possivelmente facilitada devido à baixa espessura (0.08 cm) e valor da atividade da água (0.6591) do revestimento. Assim, comparando a influência dos dois xaropes na textura dos cereais revestidos ao longo do tempo, conclui-se que não existiram diferenças significativas entre colocar as amostras num xarope com um °Brix de 30 ou de 50.

- **Aplicação em iogurte**

A Figura 69 expõe os perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 30 dias em iogurte, sendo que os perfis relativos aos 1, 7, 15 e 21 dias encontram-se no Anexo A2.



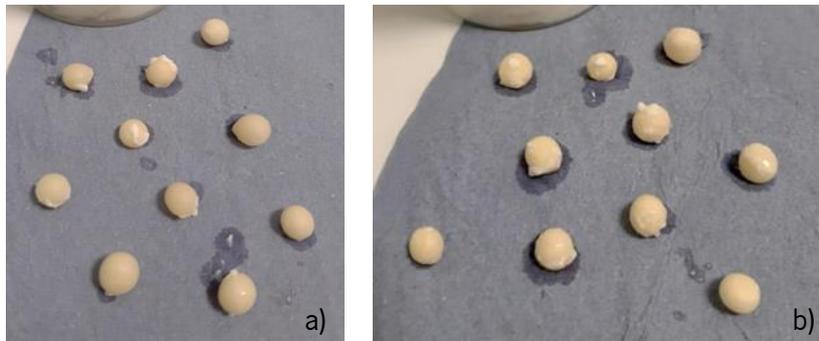
**Figura 69.** Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

Analisando a Figura 69, verificou-se que os perfis se mostraram semelhantes entre si, tendo-se registado a presença de alguns cereais moles ou menos resistentes, em ambos os gráficos.

Embora a maior parte das amostras já tenham exibido quebras evidentes no seu revestimento, praticamente todos os cereais já não estavam crocantes ao fim de 1 mês. Assim, isto indica que pode ter havido entrada de água nos cereais, possivelmente facilitada devido à baixa espessura e valor de atividade de água do revestimento.

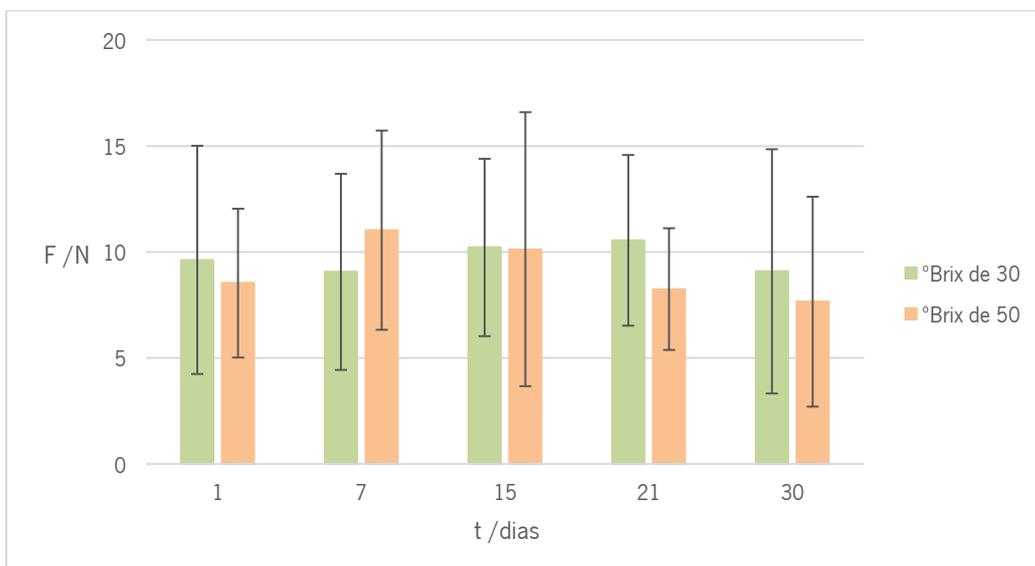
Comparando os resultados da aplicação dos cereais revestidos em iogurte com os obtidos apenas em xaropes e dos cereais secos antes da sua incorporação, percebe-se que a influência das várias matrizes hidrofílicas na resistência das amostras em análise foi considerável, em termos de perda da sua crocância ao longo do tempo, quando em contacto com estes meios.

Assim, conclui-se que o revestimento dos cereais não foi capaz de os manter crocantes ao longo do período de contacto com o iogurte, encontrando-se estes componentes ilustrados na Figura 70.



**Figura 70.** Cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

De maneira a se poder comparar as médias das resistências à compressão destes cereais revestidos aplicados nos xaropes e incorporados em iogurte, procedeu-se à análise da Figura 71.



**Figura 71.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.

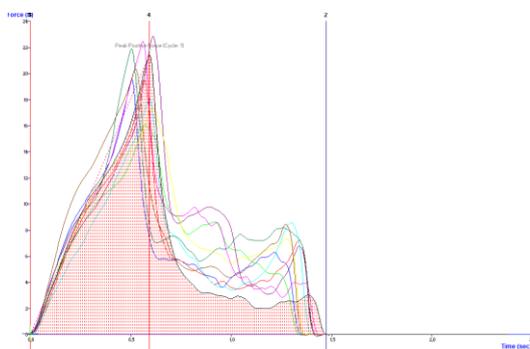
Pela análise da Figura 71, constata-se que, no caso do xarope com um °Brix de 30, não existiram diferenças significativas entre os diversos valores médios obtidos nos vários períodos de amostragem. Já em relação ao xarope com um °Brix de 50, verifica-se um ligeiro decréscimo das médias a partir do 7º dia, sendo que o valor médio das resistências no último dia de amostragem é semelhante ao obtido no primeiro dia. No entanto, considerando os valores dos desvios-padrão inerentes, também estas pequenas variações se diluem, sendo os desvios elevados por a amostra não ser homogênea.

Comparando ambos os casos, conclui-se que não existiram diferenças significativas entre os valores médios das resistências das amostras em iogurte ao longo do tempo.

#### 4.7.9. Ensaio 13

- **Aplicação nos xaropes**

Começou-se por estudar os perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7 antes da sua incorporação nos xaropes, presentes na Figura 72.



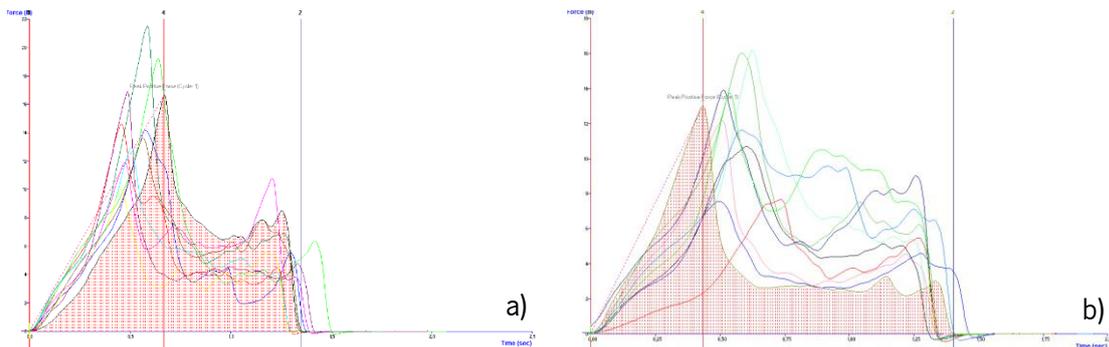
**Figura 72.** Perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, antes de serem aplicados nos xaropes.

Analisando a Figura 72, conclui-se que os cereais revestidos mantiveram um perfil idêntico de resistência à compressão, registando-se a presença de um pico inicial em cada perfil, correspondente à compressão do revestimento, seguido dos picos relativos à compressão do cereal seco em si.

Os perfis de compressão destes cereais após 1, 7, 15 e 30 dias nos xaropes encontram-se apresentados no Anexo A2, sendo que os perfis correspondentes aos 60 dias de análise estão expostos na Figura 73.

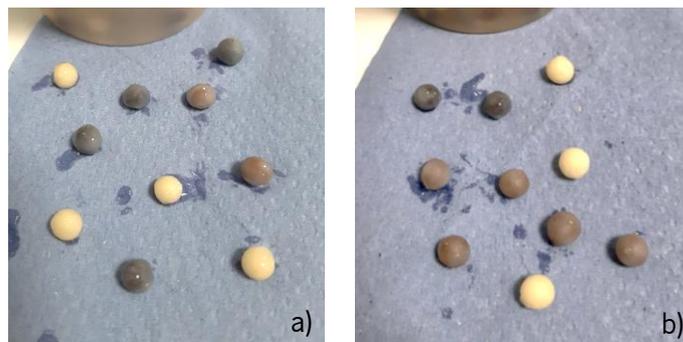
Observando a Figura 73, percebe-se que os perfis de compressão se mantiveram similares em ambos os xaropes ao longo do tempo, comparando com os perfis observados antes da aplicação das amostras nos preparados, presenciando-se um pico inicial em cada perfil correspondente à

compressão do revestimento, seguido dos picos sucessivos relativos à quebra dos próprios cereais, sem nenhum registo de cereais moles.



**Figura 73.** Perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Pela análise da Figura 74 percebe-se que o revestimento foi capaz de manter os cereais secos e intactos ao longo do tempo. Em termos de prova sensorial, os cereais mantiveram-se com a crocância adequada após o período de contacto com os preparados.

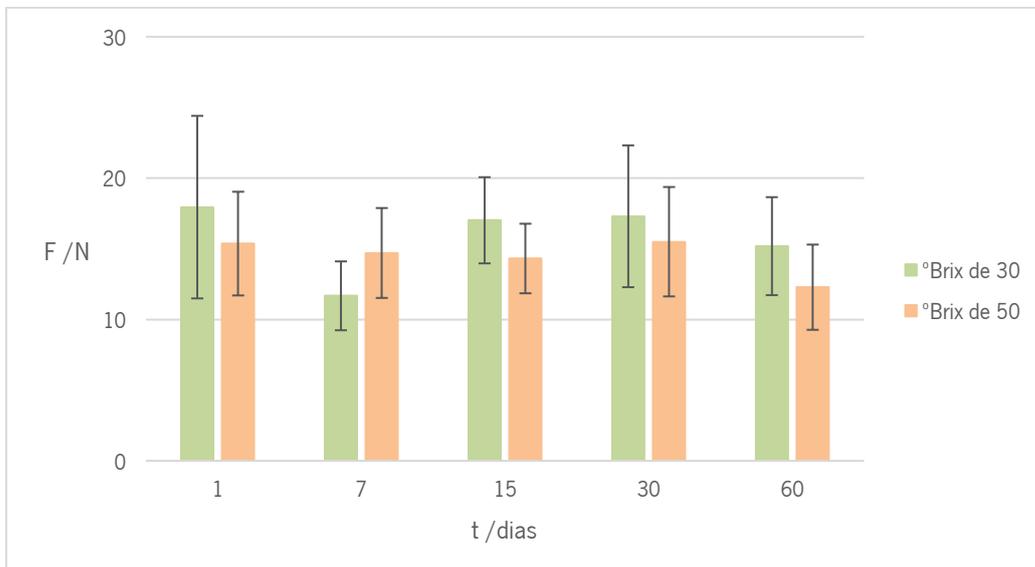


**Figura 74.** Cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Foi realizada uma comparação entre as médias das resistências à compressão destes cereais revestidos para os dois tipos de preparados, ao longo do tempo, apresentadas na Figura 75.

Analisando a Figura 75, no caso do xarope com um °Brix de 30, percebe-se que os valores médios das resistências se mantiveram idênticos ao longo dos vários períodos de amostragem, exceto um ligeiro decréscimo no 7º dia da média. Contudo, estas diferenças diluem-se quando se consideram os valores dos desvios-padrão associados. Relativamente ao preparado com um °Brix de 50, as médias mantêm-se constantes até ao último dia de amostragem, onde ocorre uma pequena diminuição do valor médio, sendo uma diferença também residual considerando os desvios-padrão.

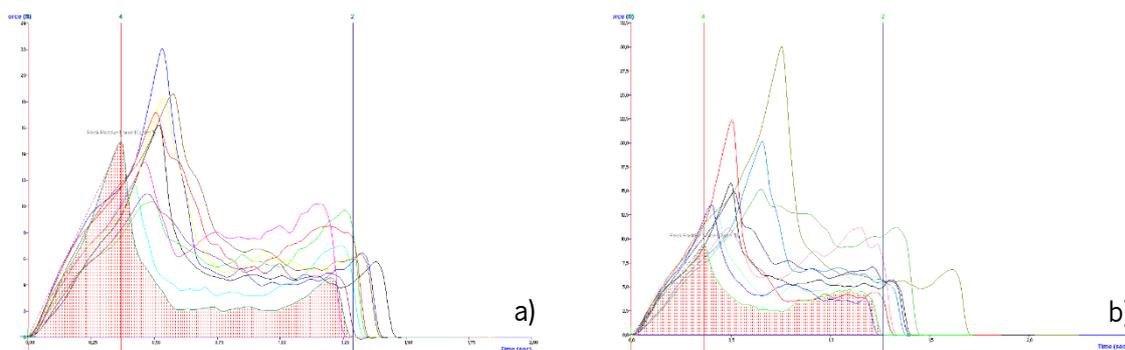
No geral, as variações entre as médias podem estar relacionadas com as diferenças de espessura do revestimento das amostras analisadas, levando ao registo de valores de resistência superiores ou inferiores à média. Comparando os dados de ambos os xaropes, denota-se que não existiram diferenças consideráveis entre as médias das resistências das amostras nos preparados, ao longo do tempo.



**Figura 75.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.

- **Aplicação em iogurte**

Os perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, ao fim de 1, 7, 15 e 21 dias em iogurte encontram-se no Anexo A2, sendo que os perfis após 30 dias de aplicação são exibidos na Figura 76.

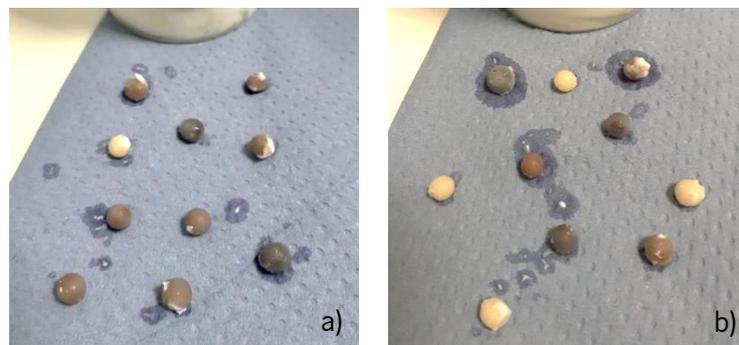


**Figura 76.** Perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

Pela sua análise, percebe-se que a força de compressão destes cereais aplicados em iogurte foi semelhante, em ambos os gráficos, tendo-se registado um pico inicial elevado em cada perfil, correspondente à compressão do revestimento, seguido dos picos relativos à quebra das estruturas internas de cereais secos, sem registo de qualquer amostra mole.

Comparando os resultados da aplicação dos cereais revestidos em iogurte com os obtidos da incorporação apenas em xaropes e com os dos cereais secos antes da sua incorporação, afere-se que a influência das diversas matrizes hidrofílicas na resistência das componentes não foi significativa, mantendo-se, com o decorrer do tempo, uma resistência e um perfil de compressão idênticos ao longo do tempo.

Conclui-se que este revestimento foi capaz de revestir corretamente estes cereais, sendo que esta conclusão também pode ser retirada em termos visuais, uma vez que o revestimento das amostras não revelou quaisquer quebras, como se observa na Figura 77. Ao nível de prova sensorial, estes cereais revestidos mostraram-se crocantes em todas as análises.

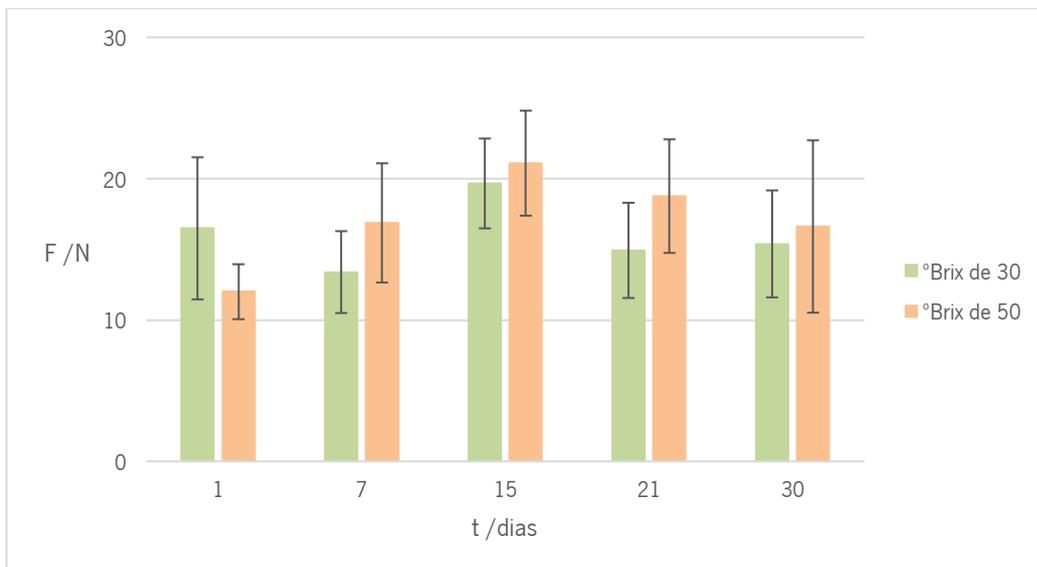


**Figura 77.** Cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

Na Figura 78 procedeu-se à comparação das médias das resistências à compressão destes componentes revestidos ao longo do tempo, doseados nos xaropes e incorporados em iogurte.

Analisando a Figura 78, verificou-se a existência de algumas oscilações nos valores médios ao longo do tempo, para ambos os xaropes. No caso do xarope com um °Brix de 50, percebe-se que estes valores foram superiores na análise aos 30 dias, relativamente à do 1º dia, no entanto, estas diferenças são diluídas pelos valores dos desvios-padrão associados. No geral, as variações entre as médias podem estar relacionadas com as diferenças de espessura do revestimento das amostras analisadas, levando ao registo de valores de resistência superiores ou inferiores à média. Assim,

constata-se que as variações referidas não foram significativas o suficiente para se poder concluir que houve degradação da textura dos cereais revestidos em iogurte com o decorrer do tempo.

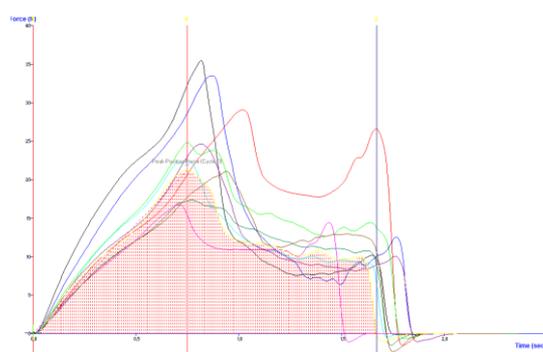


**Figura 78.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, aplicados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.

#### 4.7.10. Ensaio 14

- **Aplicação nos xaropes**

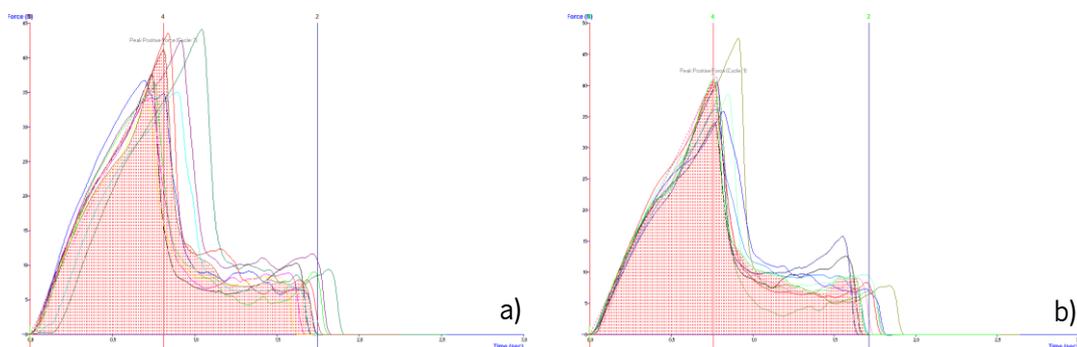
Analisaram-se os perfis de compressão dos cereais 5 revestidos com a formulação 7 antes da sua incorporação nos xaropes, sendo estes revelados na Figura 79.



**Figura 79.** Perfis de compressão dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, antes de serem aplicados nos xaropes.

Pela sua observação, constata-se que os perfis de compressão são similares entre os cereais analisados, com um pico elevado inicial em cada perfil, relativo à compressão do revestimento, seguidos dos picos correspondentes à quebra do cereal seco em si e das suas estruturas internas.

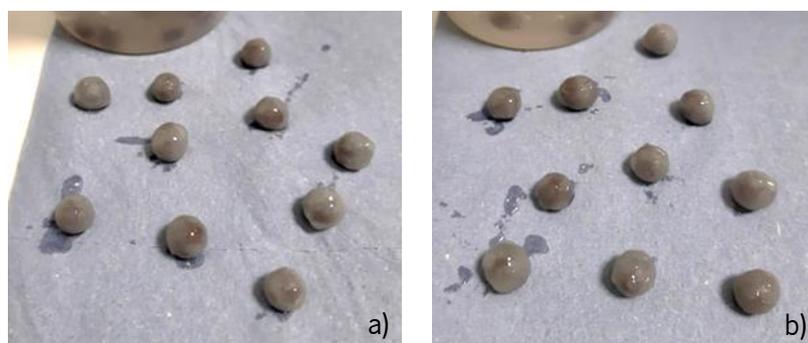
Os perfis de compressão destes cereais após 1, 7, 15 e 30 dias em xarope encontram-se expostos no Anexo A2, sendo que os perfis relativos aos 60 dias de análise são apresentados na Figura 80.



**Figura 80.** Perfis de compressão dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

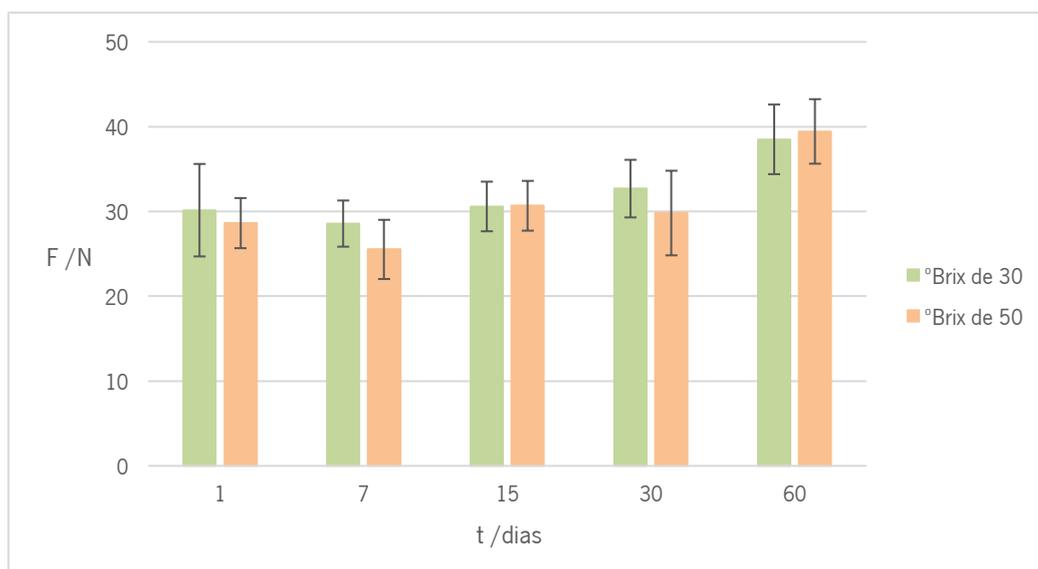
Através da análise da Figura 80, verifica-se que os cereais em ambos os xaropes mantiveram um perfil de resistência à compressão idêntico ao longo do tempo, comparando com os perfis observados antes da aplicação das amostras nos preparados, notando-se a presença de um pico inicial correspondente à compressão do revestimento, seguidos dos picos sucessivos relativos à quebra dos próprios cereais, sem nenhum registo de cereais moles em qualquer uma das análises.

A nível visual também se percebe que todos os cereais mantiveram um revestimento sem quebras, como se verifica na Figura 81. Em termos de prova sensorial, verificou-se que mantiveram com o decorrer do tempo uma crocância adequada.



**Figura 81.** Cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 60 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Na Figura 82 são apresentados os gráficos das médias das resistências à compressão destes cereais revestidos, quando em contacto com os dois tipos de preparados utilizados ao longo do tempo.



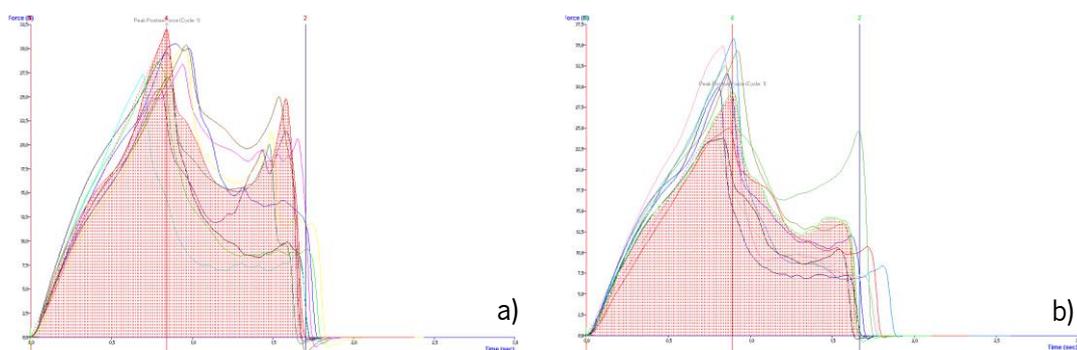
**Figura 82.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.

Através da análise da Figura 82, percebe-se que, no geral, os valores médios de resistências se mantiveram relativamente constantes até aos 60 dias, onde a média subiu, sendo que, no caso do xarope com um °Brix de 30, os valores dos desvios-padrão permitem diluir estas diferenças, mas o mesmo não acontece no de °Brix de 50. As pequenas flutuações registadas entre as médias podem estar relacionadas com o facto de a amostra geral não ser homogénea, em termos de espessura do revestimento. No entanto, comparando os dados, verifica-se que não houve diferenças consideráveis na influência que os dois tipos de xarope tiveram na textura dos cereais revestidos ao longo do tempo.

- **Aplicação em iogurte**

Na Figura 83 estão presentes os perfis de compressão dos cereais 5, após 30 dias de aplicação em iogurte, sendo que os perfis correspondentes aos períodos de tempo de 1, 7, 15 e 21 dias se encontram no Anexo A2.

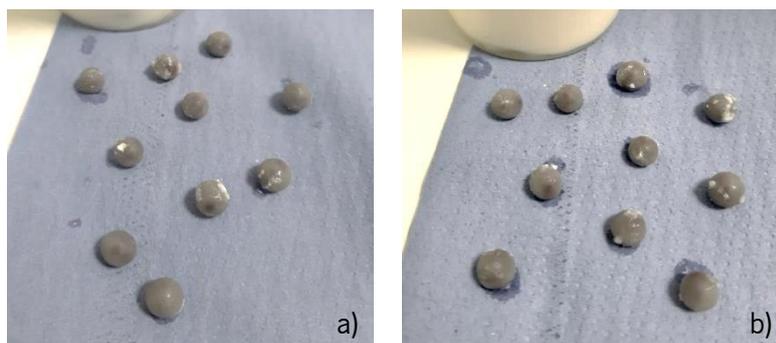
Analisando a Figura 83, verifica-se que os cereais aplicados em iogurte mantiveram um perfil semelhante de resistência à compressão entre si ao longo do tempo, em ambos os gráficos, notando-se a presença de um pico elevado inicial em cada perfil, relativo à compressão do revestimento, seguido dos picos correspondentes à quebra dos próprios cereais secos, sem registo de quaisquer amostras moles.



**Figura 83.** Perfis de compressão dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

Comparando os resultados da aplicação dos cereais revestidos em iogurte com os obtidos apenas em xaropes e com os dos cereais secos antes da sua incorporação, percebe-se que a influência das matrizes hidrofílicas na resistência das amostras não foi considerável, tendo-se mantido um perfil de compressão dos cereais e uma intensidade dos picos idênticos ao longo do tempo nos vários meios.

Assim, constata-se que o revestimento foi capaz de proteger os cereais da hidratação e manter a sua integridade física, sem quebrar ou comprometer a sua crocância, como também se pode verificar em termos visuais, pela análise da Figura 84.

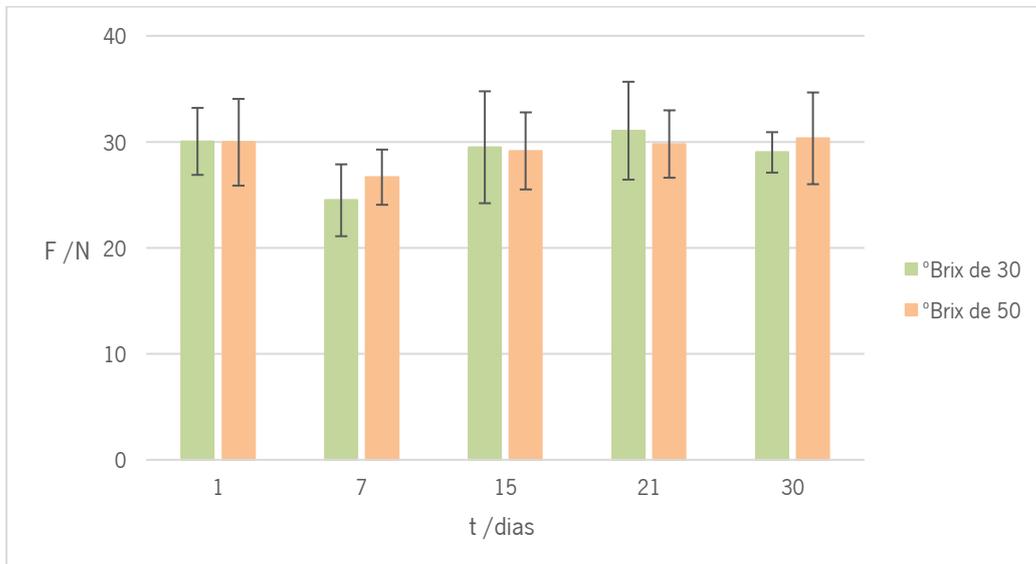


**Figura 84.** Cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), aplicados em iogurte.

Compararam-se as médias das resistências à compressão destes cereais revestidos doseados nos dois tipos de xaropes e incorporados em iogurte, pela análise da Figura 85.

Pela observação da Figura 85, constata-se que não se registam flutuações significativas ao nível da textura dos cereais revestidos aplicados em iogurte, tanto ao longo dos 30 dias de amostragem, como entre ambos os xaropes utilizados. Pode-se aferir que as pequenas flutuações verificadas entre

as médias, em ambos os xaropes, diluídas pelos valores dos desvios-padrão associados, podem estar relacionadas com as diferenças de espessura do revestimento das amostras analisadas, levando ao registo de valores de resistência superiores ou inferiores à média.

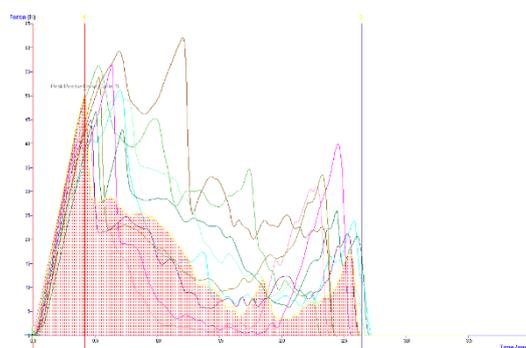


**Figura 85.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, aplicados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.

#### 4.7.11. Ensaio 15

- **Aplicação nos xaropes**

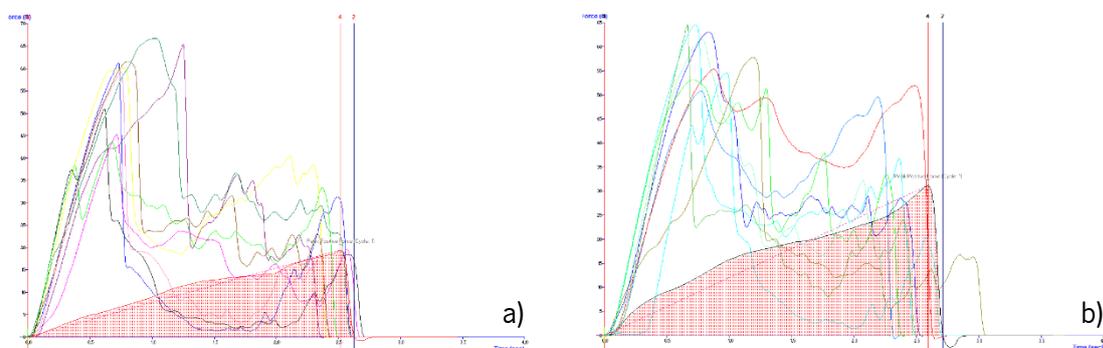
Os perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 8 antes de serem aplicados nos xaropes estão apresentados na Figura 86.



**Figura 86.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 8, antes de serem aplicados nos xaropes.

Através da análise da Figura 86, conclui-se que estes cereais revestidos mantiveram um perfil de compressão idêntico, constatando-se, em cada perfil, a presença de um pico elevado inicial, relativo à compressão do revestimento, seguido dos diversos picos correspondentes à quebra dos próprios cereais secos e das suas estruturas internas.

A Figura 87 mostra os perfis de compressão destes cereais ao fim de 15 dias de aplicação nos xaropes, sendo que os perfis relativos aos 1 e 7 dias de análise se encontram expostos no Anexo A2.



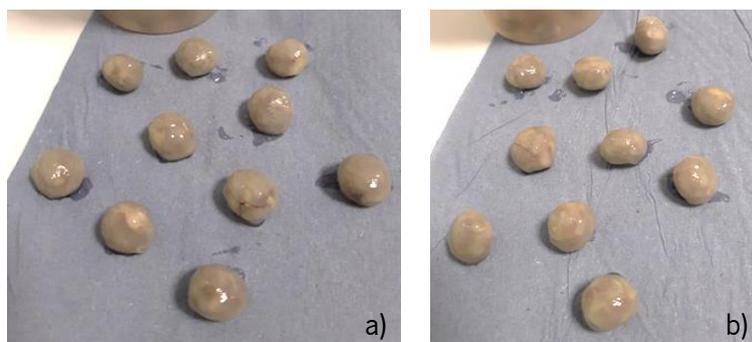
**Figura 87.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 8, após 15 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Observando a Figura 87, verifica-se que os perfis de compressão dos cereais em ambos os xaropes se mantiveram idênticos ao longo do tempo, presenciando-se o pico inicial em cada perfil correspondente à compressão do revestimento, seguido dos picos sucessivos relativos à quebra dos próprios cereais, tendo existido algumas amostras menos resistentes nos dois gráficos.

Comparando estes perfis com os relativos aos cereais revestidos antes da sua aplicação nos xaropes, presentes na Figura 86, percebe-se que não existiram diferenças significativas nas forças de compressão após a referida incorporação, sendo os perfis semelhantes em ambos os casos.

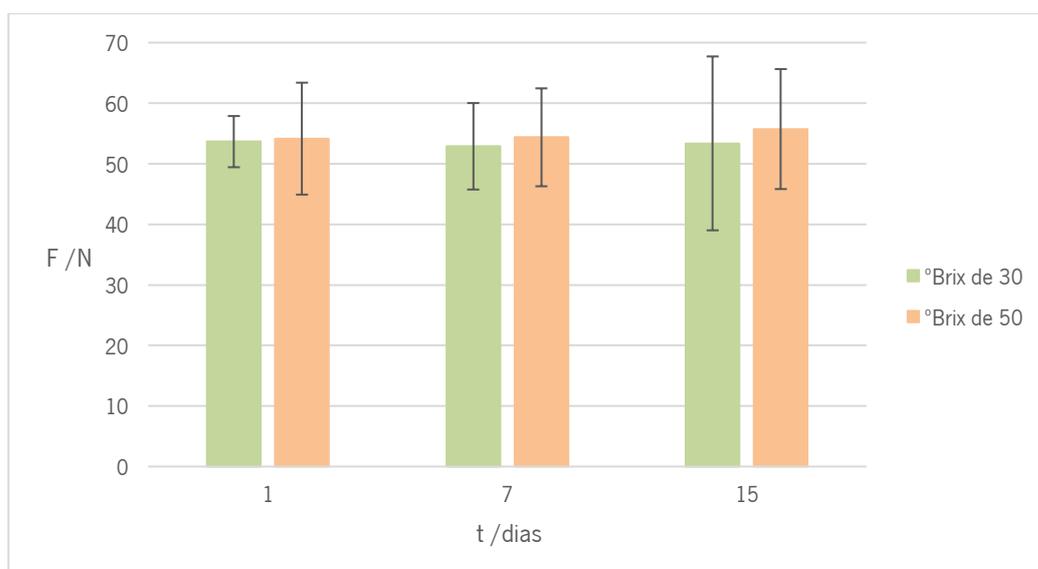
Pode-se, portanto, concluir que, no geral, este revestimento foi capaz de proteger os mesmos contra a entrada de água proveniente das matrizes hidrofílicas e mantê-los crocantes ao longo do tempo analisado.

Em termos visuais, retiram-se as mesmas conclusões, denotando-se que o revestimento se manteve intacto, com exceção de uma amostra que aparece quebrada nos xaropes com °Brix de 30 e de 50, como se constata pela análise da Figura 88.



**Figura 88.** Cereais 1 revestidos com a formulação 8, após 15 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

A Figura 89 expõe uma comparação entre as médias das resistências à compressão destes cereais revestidos ao longo do tempo quando incorporados nos dois tipos de xarope utilizados.



**Figura 89.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 revestidos com a formulação 8, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.

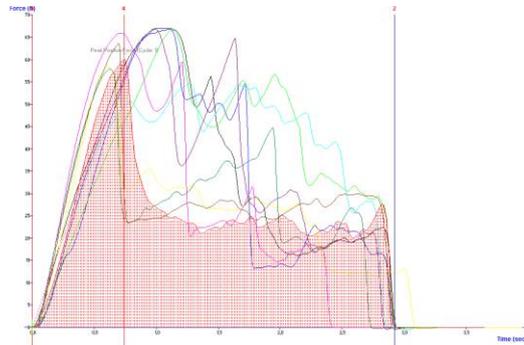
Pela observação da mesma, verifica-se que não existiram variações consideráveis ao nível da textura dos cereais revestidos, quer ao longo dos 15 dias de armazenamento, quer entre ambos os xaropes utilizados.

Salienta-se que os valores elevados dos desvios-padrão podem estar associados ao facto de a amostra não ser homogénea.

#### 4.7.12. Ensaio 16

- Aplicação nos xaropes

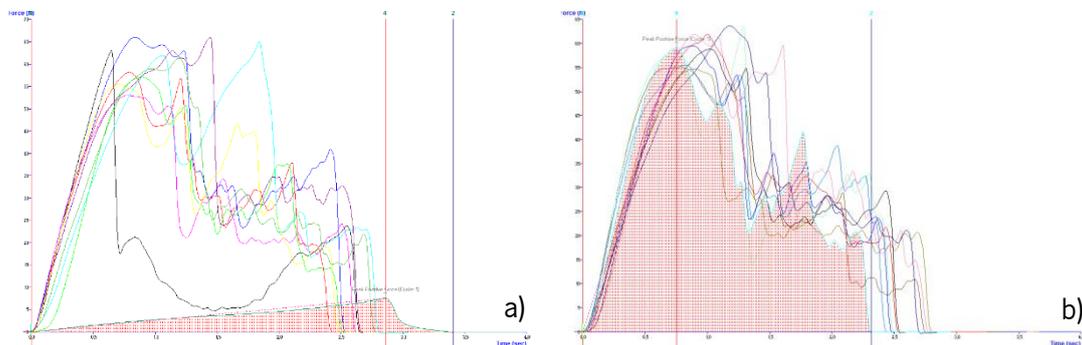
Os perfis de compressão da mistura dos cereais 1 e 2 revestidos com a formulação 9 antes de serem aplicados nos xaropes são exibidos na Figura 90.



**Figura 90.** Perfis de compressão dos cereais 1 e 2 revestidos com a formulação 9, antes de serem aplicados nos xaropes.

Pela análise da mesma, verifica-se que as amostras em estudo revelaram possuir perfis de compressão semelhantes, registrando-se a presença de picos iniciais correspondentes à compressão do revestimento, seguidos dos picos relativos à quebra de estruturas dos próprios cereais.

Os perfis de compressão destes cereais revestidos após 30 dias em xarope estão exibidos na Figura 91, sendo que os perfis relativos aos 1, 7 e 15 dias de análise se encontram no Anexo A2.



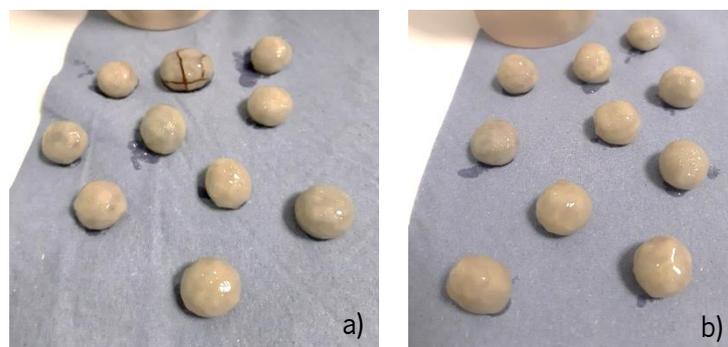
**Figura 91.** Perfis de compressão dos cereais 1 e 2 revestidos com a formulação 9, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

É de mencionar que, ao fim de 1 dia, foram avaliadas apenas 9 amostras para o xarope com um °Brix de 30 e 8 para o com °Brix de 50, e, após 7 e 15 dias, estudaram-se apenas 8 amostras para o preparado com um °Brix de 30, ao invés das 10 amostras habituais, uma vez que a maior

parte dos cereais revestidos disponíveis para fazer a avaliação da resistência no texturómetro se encontravam demasiado resistentes, pelo que a célula de carga não foi capaz de os comprimir.

Através da análise da Figura 91, afere-se que, no geral, os cereais em ambos os xaropes mantiveram um perfil de compressão idêntico ao longo do tempo, quando comparado aos perfis relativos aos cereais antes da sua aplicação nas matrizes, constatando-se que não existiram diferenças significativas entre os perfis antes e após esta aplicação, presenciando-se um pico inicial elevado, correspondente à compressão do revestimento, seguido dos picos sucessivos relativos à quebra dos próprios cereais. Porém, registou-se a presença de algumas amostras moles ou menos resistentes em algumas das análises realizadas, como se pode observar na Figura 91 a).

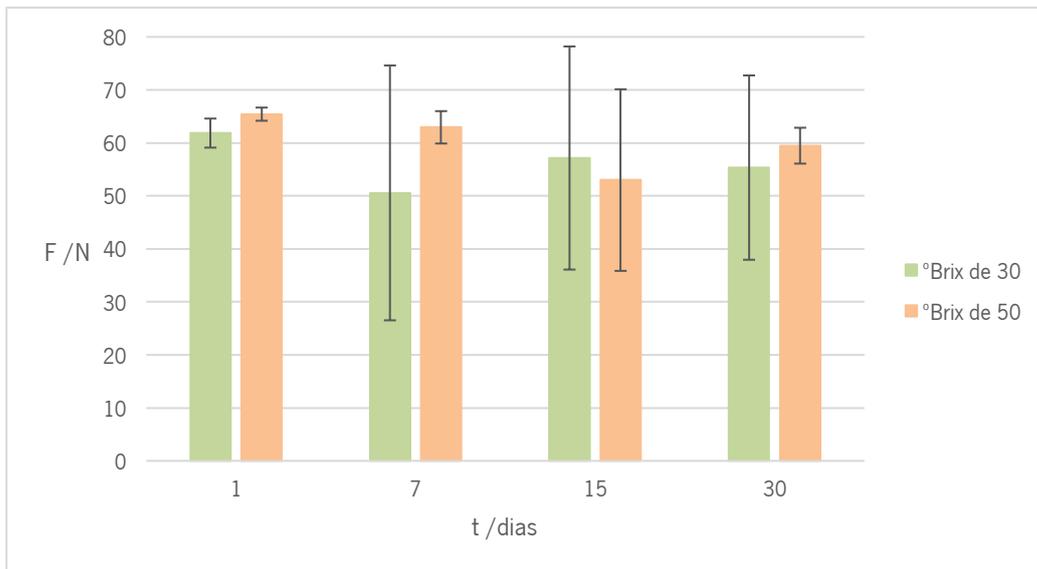
Face aos resultados obtidos, constata-se que o revestimento, no geral, conseguiu proteger os cereais contra a hidratação, como se pode observar na Figura 92, excetuando um cereal com um revestimento quebrado na Figura 92 a). Além disto, também se conclui que os cereais intactos conseguiram manter-se crocantes com o decorrer do tempo.



**Figura 92.** Cereais 1 e 2 revestidos com a formulação 9, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Na Figura 93 é realizada uma comparação entre as médias das resistências à compressão destes cereais revestidos quando em contacto com os dois tipos de xarope ao longo do tempo.

Analisando a mesma, afere-se que, no geral, não se observaram variações consideráveis das médias das resistências das amostras ao longo do tempo entre ambos os xaropes, apesar de existir uma exceção, ao fim de 7 dias, em que a média das resistências das amostras em xarope com um °Brix de 30 foi acentuadamente inferior ao com °Brix de 50, devido ao facto se ter registado a presença de algumas amostras moles. No entanto, os valores dos desvios-padrão associados anulam esta diferença, sendo alguns destes desvios elevados, uma vez que a amostra não é homogénea. Conclui-se que não houve diferenças consideráveis na textura dos cereais revestidos quando aplicados em ambos os xaropes.

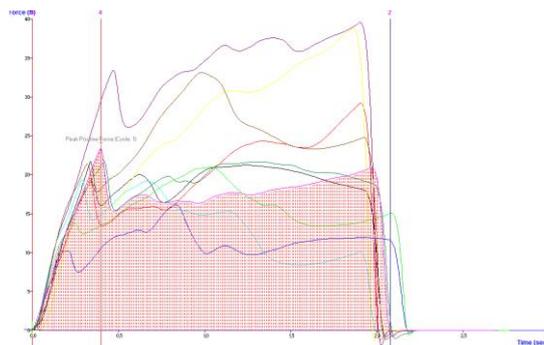


**Figura 93.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos cereais 1 e 2 revestidos com a formulação 9, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.

#### 4.7.13. Ensaio 17

- **Aplicação nos xaropes**

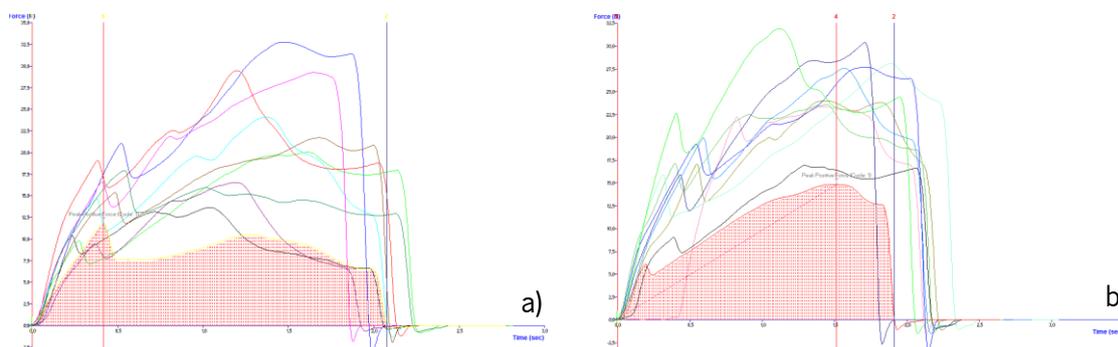
Os perfis de compressão dos componentes 6 revestidos com a formulação 4 antes da sua aplicação nos xaropes encontram-se na Figura 94.



**Figura 94.** Perfis de compressão dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, antes de serem aplicados nos xaropes.

Observando os perfis da Figura 94, denota-se a presença de um pico mais elevado após a compressão do revestimento, pelo que se retira que estes componentes, por serem uma goma, são mais resistentes do que o revestimento em si.

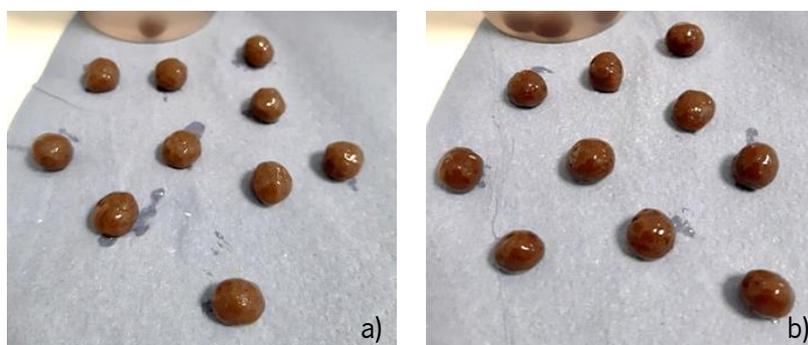
Na Figura 95 estão expostos os perfis de compressão destas amostras ao fim de 30 dias após a sua incorporação nos xaropes, sendo que os perfis correspondentes aos períodos de tempo de 1, 7 e 15 dias são apresentados no Anexo A2.



**Figura 95.** Perfis de compressão dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

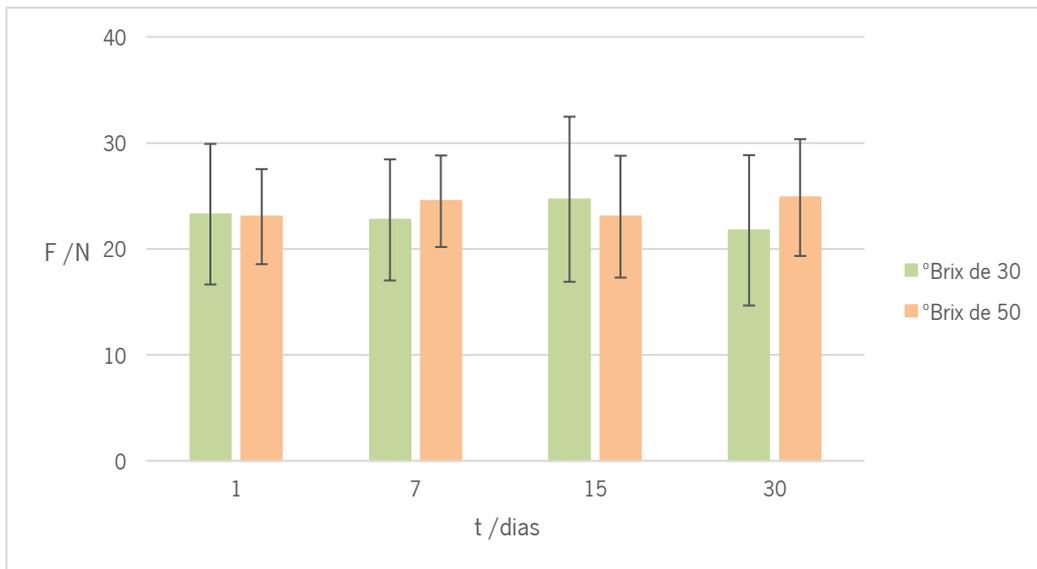
Como se pode concluir pelo estudo da Figura 95, denota-se que os componentes revestidos mantiveram perfis de compressão semelhantes ao longo do tempo, quando em comparação com os perfis obtidos antes da sua aplicação nos xaropes, tendo-se registado, em cada perfil, um pico inicial correspondente à quebra do revestimento destas amostras, seguido de um pico mais elevado relativo à compressão dos componentes em si.

Assim, conclui-se que, ao longo do tempo, o revestimento destes componentes foi capaz de manter a sua integridade física face ao seu contacto com as matrizes hidrofílicas, não se tendo observado quebras na sua superfície, como se observa pela Figura 96.



**Figura 96.** Componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b).

Na Figura 97 compararam-se as médias das resistências à compressão dos componentes revestidos quando em contacto com os dois preparados ao longo do tempo.



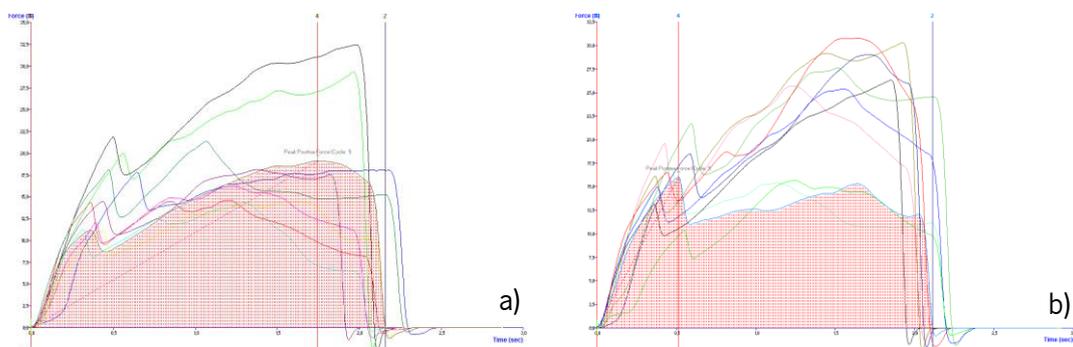
**Figura 97.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, incorporados em xarope com °Brix de 30 e de 50 após vários períodos de tempo, em dias.

Analisando a Figura 97, conclui-se que não existem variações consideráveis na resistência à compressão destes componentes revestidos, quer ao longo dos 30 dias de armazenamento, quer entre ambos os xaropes utilizados.

Salienta-se que os valores dos desvios-padrão foram elevados por a amostra não ser homogênea.

- **Aplicação em iogurte**

A Figura 98 revela os perfis de compressão dos componentes 6 após 30 dias em iogurte, sendo que os perfis relativos aos 1, 7, 15 e 21 dias de análise se encontram expostos no Anexo A2.

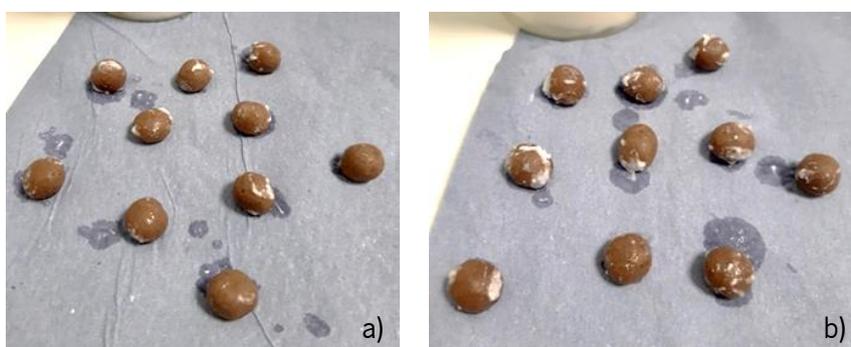


**Figura 98.** Perfis de compressão dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), incorporados em iogurte.

Através do estudo da Figura 98, afere-se que, comparando ambos os casos dos dois xaropes, os perfis de compressão destes componentes aplicados em iogurte se mantiveram idênticos ao longo do tempo, verificando-se a existência de um pico inicial em cada perfil relativo à quebra do revestimento em si, seguido de picos mais elevados, correspondentes à compressão dos próprios pedaços gelificados.

Comparando os resultados da aplicação dos componentes revestidos em iogurte com os obtidos apenas em xaropes e com os dos componentes secos antes da sua incorporação, conclui-se que a influência das matrizes hidrofílicas na resistência das amostras ao longo dos vários períodos de amostragem não foi considerável, mantendo estas um perfil de compressão e uma intensidade dos picos similar nos vários meios.

Observando a Figura 99, denota-se que, a nível visual, os componentes revestidos mantiveram-se intactos e sem quebras no respetivo revestimento, concluindo-se, portanto, que os resultados foram satisfatórios.

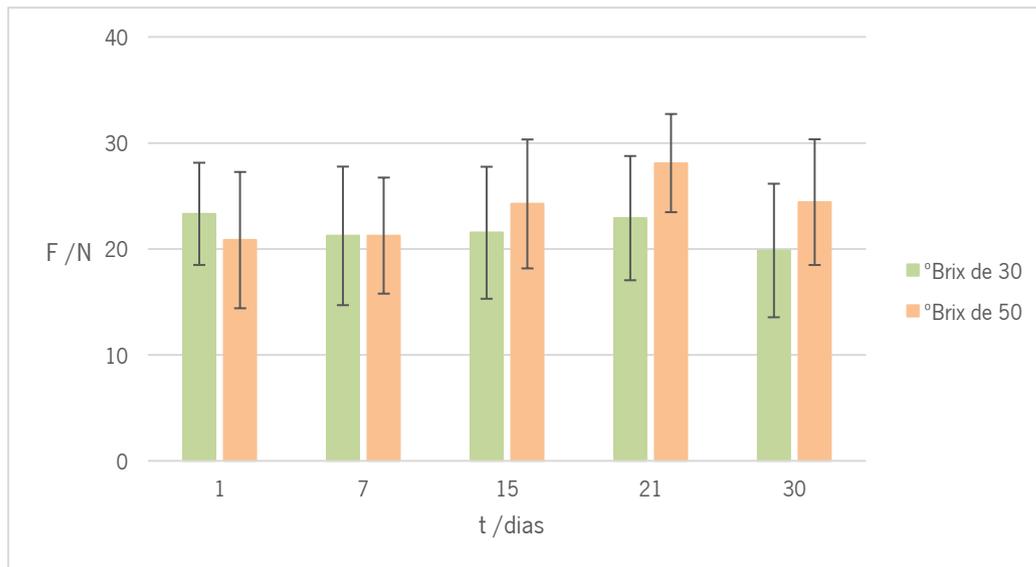


**Figura 99.** Componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 30 dias em xarope com °Brix de 30 (a) e de 50 (b), incorporados em iogurte.

A Figura 100 permite comparar as médias das resistências à compressão dos componentes ao longo do tempo doseados nos dois tipos de xaropes e aplicados em iogurte.

Através da observação da Figura 100, conclui-se que não existem variações consideráveis ao nível da resistência dos cereais revestidos em iogurte, tanto ao longo dos 30 dias de armazenamento, como entre ambos os xaropes utilizados.

Salienta-se que os valores dos desvios-padrão foram elevados, uma vez que a amostra não é homogênea.



**Figura 100.** Média da força de compressão, em Newtons (N), dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, aplicados em xarope com °Brix de 30 e de 50 e aplicados em iogurte, após vários períodos de tempo, em dias.

Concluindo, analisando todos os ensaios, constata-se que os resultados obtidos dos vários tipos de componentes revestidos aplicados nos xaropes não diferiram dos que se obtiveram em água, no sentido em que os componentes que resistiram nas primeiras análises também obtiveram bons resultados quando incorporados em xarope, com exceção dos ensaios 8, 9 e 12.

O mesmo se pode concluir em relação aos resultados obtidos das análises em iogurte para cada ensaio, que não diferiram dos que se obtiveram das análises em xarope.

Face aos resultados obtidos, afere-se que, no geral, a influência que os dois xaropes e o iogurte tiveram na resistência das diversas amostras ao longo dos vários períodos de amostragem não foi significativa, com exceção dos ensaios 8, 9 e 12 anteriormente referidos, onde os resultados não foram satisfatórios, quer nas análises em xaropes, quer em iogurte. Assim, no geral, não se conseguem tirar conclusões relativamente a qual dos xaropes teve melhores resultados, ou seja, não se consegue concluir em qual dos preparados as amostras registaram uma melhor resistência e crocância ao longo do tempo, sendo que a influência dos dois xaropes na textura dos componentes não surtiu um impacto considerável nos cereais revestidos. Desta forma, conclui-se que, apesar de o xarope com °Brix de 50 possuir uma atividade da água menor do que o xarope com um °Brix de 30, levando a que, teoricamente, a quantidade de água livre disponível para interagir com os cereais revestidos seja inferior no preparado com um °Brix de 50, sendo, portanto, na teoria, maior a probabilidade de as amostras se manterem crocantes e não amolecerem tão facilmente neste último

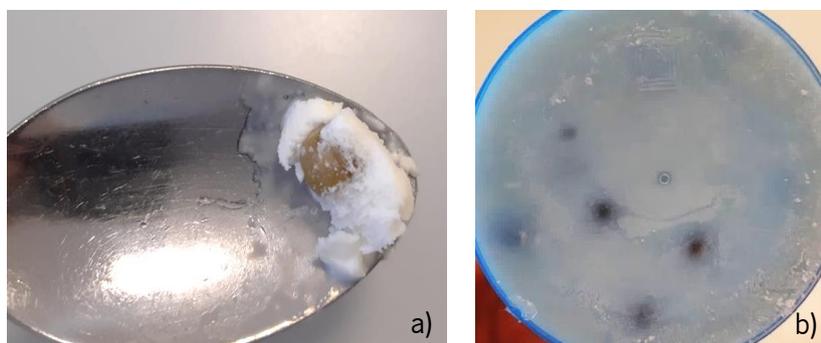
xarope, esta menor “agressividade” não se verificou, na maior parte dos ensaios, tendo este xarope produzido o mesmo efeito que o com menos açúcar, ou seja, o de °Brix igual a 30.

#### 4.8. Permeabilidade dos cereais revestidos em gelado

De forma a avaliar a aplicação dos cereais revestidos numa matriz hidrofílica diferente, foi ainda possível testar a resistência e permeabilidade dos mesmos através da sua incorporação em gelado, sendo que esta análise foi realizada apenas visualmente após um período de aplicação de 1 dia e de 1 mês e meio. Com estas análises, espera-se que não haja migração de água livre na matriz congelada. Assim, os cereais que resistirem nesta matriz sem quebrar no período que decorre desde que estes são adicionados ao gelado ainda líquido até este ficar congelado, não é expectável que quebrem após a congelação da matriz. No entanto, não foram incorporados todos os cereais revestidos que se obtiveram, tendo sido apenas doseadas amostras das formulações 1, 4 e 7, particularmente, dos ensaios 1, 8 e 13, além de algumas amostras dos cereais 13 revestidas pelo fornecedor, mas sem o revestimento da formulação 7, de forma a avaliar se o revestimento aplicado posteriormente fazia diferença em termos de proteção dos cereais contra a hidratação quando em contacto com o gelado.

##### 4.8.1. Ensaio 1

A Figura 101 ilustra os cereais de chocolate 1 revestidos com a formulação 1 aplicados em gelado.



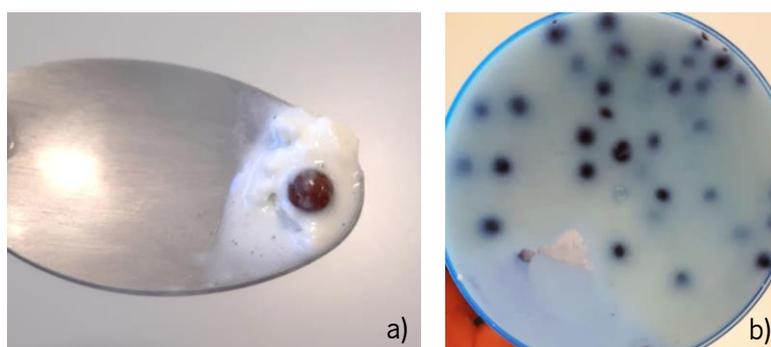
**Figura 101.** Amostra de um cereal 1 revestido com a formulação 1, após 45 dias incorporados em gelado (a) e verificação visual geral das várias referidas amostras incorporadas em gelado, em termos de integridade física (b).

Após ter decorrido 1 dia, percebeu-se que, em termos de prova sensorial, as amostras permaneceram crocantes, sem se notar a presença de quaisquer falhas no revestimento das mesmas. Ao fim de 45 dias, tirou-se a mesma conclusão.

#### 4.8.2. Ensaio 8

Na Figura 102 estão expostos os cereais 3 revestidos com a formulação 4 aplicados em gelado.

Observando a mesma figura, após 1 dia em gelado, as amostras revelaram ter capacidade de resistir à hidratação, sendo que se verificou, a nível visual e de paladar, que se encontravam crocantes e sem quebras ao longo do seu revestimento. Ao fim de 45 dias, tiraram-se as mesmas conclusões.

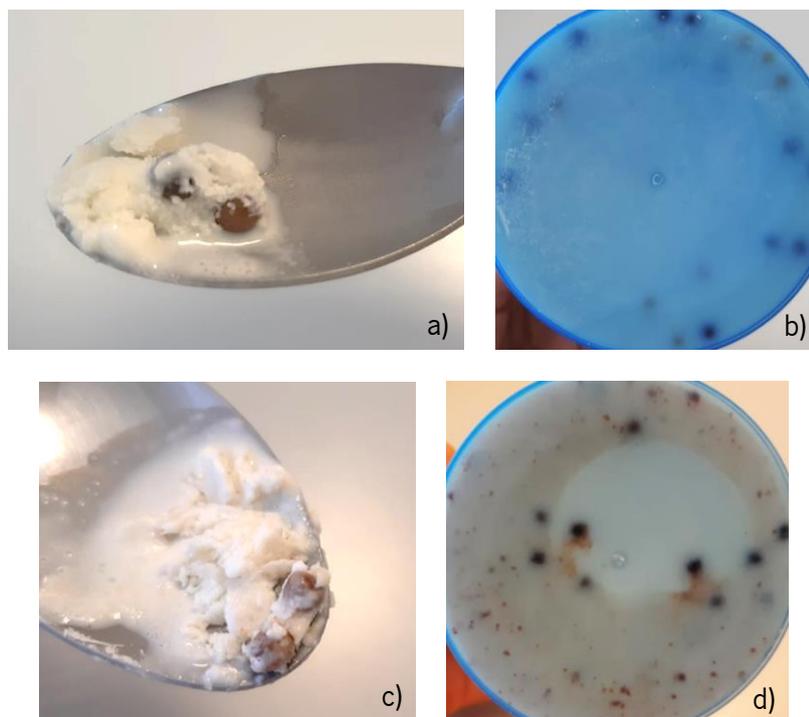


**Figura 102.** Amostra de um cereal 3 revestido com a formulação 4, após 45 dias incorporados em gelado (a) e verificação visual geral das várias referidas amostras incorporadas em gelado, em termos de integridade física (b).

#### 4.8.3. Ensaio 13

Na Figura 103 são apresentadas amostras de alguns cereais revestidos com a formulação 7 aplicadas em gelado.

Após ter decorrido 1 dia, observou-se que os cereais revestidos com a formulação 7 mostraram-se crocantes e sem quebras, enquanto que as amostras sem este revestimento se revelaram amolecidas e com o revestimento quebrado. Ao fim de 45 dias, as amostras revestidas encontravam-se crocantes e sem quaisquer falhas, sendo que o revestimento demonstrou ter a capacidade de proteger os cereais contra a entrada de água. Contudo, analisando os cereais sem o revestimento da formulação 7, conclui-se que estes amoleceram quando em contacto com o gelado, tendo o revestimento com que estes cereais já vinham revestidos perdido a sua resistência contra a hidratação. Na Figura 103 d) denota-se a existência de pedaços espalhados pela base, resultantes do amolecimento do revestimento.



**Figura 103.** Amostras de cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 45 dias incorporados em gelado (a) e sem o revestimento da formulação 7 (c), verificação visual geral das várias referidas amostras revestidas incorporadas em gelado, em termos de integridade física (b) e verificação visual geral das várias referidas amostras sem revestimento incorporadas em gelado, em termos de integridade física (d).

Face a estas observações, conclui-se que os diversos revestimentos aplicados obtiveram bons resultados face ao seu contacto com o gelado, tendo-se denotado neste último ensaio a diferença na resistência entre os cereais com e sem revestimento da formulação aplicada. Desta forma, constata-se que os cereais se encontravam uniformemente revestidos e que estes revestimentos tiveram a capacidade de resistir contra a entrada de água proveniente da referida matriz hidrofílica. Porém, estes resultados já eram esperados, uma vez que, como os cereais revestidos se encontravam numa matriz em congelação, a água livre presente no gelado não circula tão facilmente como se estivesse em refrigeração, pelo que dificilmente os revestimentos obteriam quebras na sua superfície.



## 5. Conclusão

Através da análise de todos os ensaios realizados, os revestimentos que obtiveram melhores resultados, no sentido de terem conseguido revestir uniformemente os componentes alimentares e protegê-los da hidratação e amolecimento, mantendo-os resistentes à compressão e crocantes ao longo do tempo, foram os correspondentes aos das formulações 1, 4, 6, 7, 8 e 9, relativos aos ensaios 1, 7, 11, 13, 14, 15, 16 e 17. Pode-se também aferir que, em qualquer uma das matrizes hidrofílicas testadas, os componentes de qualquer ensaio que se encontravam uniformemente revestidos na sua superfície conseguiram resistir satisfatoriamente à entrada de água, pelo que se constata que, de facto, os vários revestimentos referidos funcionam.

Relativamente à comparação entre a influência que os dois tipos de xarope tiveram na resistência dos cereais revestidos ao longo do tempo, conclui-se que, no geral, esta influência não foi considerável o suficiente para se poder afirmar que houve diferença na forma como os componentes revestidos resistiam em qualquer um dos xaropes, excetuando no ensaio onde se dosearam nos preparados os cereais revestidos de arroz extrudido, em que resistiram melhor em xarope com um °Brix de 50, sendo que, no entanto, não se obtiveram bons resultados nas análises de permeabilidade dos mesmos, tendo estes sido, posteriormente, inviabilizados. Assim, afere-se que qualquer um dos preparados Frulact pode ser utilizado para incorporar os componentes revestidos.

Já as formulações 2, 3 e 5 não funcionaram, devido ao facto de não terem conseguido revestir uniformemente os cereais, não originando resultados satisfatórios e tendo, portanto, sido estas inviabilizadas.

Comparando os dois métodos de aplicação utilizados neste projeto, a pistola com ar comprimido foi a que obteve melhores resultados, comparativamente à pipeta, em termos de dispersão da solução de revestimento e diminuição do tempo necessário para revestir corretamente os componentes.

Por outro lado, aquando a aplicação das soluções de revestimento, salienta-se que se registaram elevados desperdícios de soluções ao longo da aplicação das mesmas nos diversos ensaios laboratoriais, o que leva a que, em termos industriais, fossem gerados elevados prejuízos, quando utilizadas as mesmas condições das usadas neste projeto.

É de mencionar, em relação aos dois tipos de chocolates usados, com percentagens de gordura diferentes, nas formulações 3 e 4, que se constatou que o chocolate com 73 % de gordura possuía mais impurezas na sua constituição, como se percebeu aquando a sua aspersão nos cereais com a pistola com ar comprimido, onde se observou que estas impurezas ficavam retidas no fundo do recipiente da solução e do copo constituinte da pistola.

No que concerne ao objetivo inicial de obter cereais bem revestidos, mas de pequenas dimensões, que mantivessem as suas propriedades texturais quando em contacto com as diversas matrizes hidrofílicas e onde se pudesse incorporar a maior percentagem possível de cereais, não foi bem sucedido, no sentido em que não se obtiveram os resultados pretendidos em componentes de baixas dimensões, como os de arroz extrudido ou os cereais 3. Estes resultados justificam-se pelo facto de que não foi possível revestir corretamente os componentes, devido à sua elevada porosidade e ao facto de estes ficavam muito facilmente colados uns aos outros e às paredes do bombo de gragear aquando o seu funcionamento, por serem muito leves. No entanto, os cereais com dimensões relativamente baixas e com uma massa maior que estes últimos, como os da receita caseira, obtiveram melhores resultados, por serem mais pesados, menos porosos e, conseqüentemente, por não ficarem tão facilmente aderidos às paredes do bombo.

Por outro lado, além de os cereais terem de ser o mais pequenos possível, o próprio revestimento também necessita de ter uma espessura relativamente reduzida, de forma a não se obter uma espessura elevada no produto final, o que se verificou na maior parte dos casos, exceto nos ensaios 7, 11, 15, 16 e 17, onde o revestimento revelou ser bastante espesso.

Avaliando os resultados da porosidade superficial dos cereais 1, 3 e de arroz extrudido, com recurso à microscopia eletrónica de varrimento, verificou-se que estes últimos foram os mais porosos, com maior rugosidade e com maior tamanho dos poros, sendo que os cereais de chocolate 1 foram os menos rugosos, mas com poros maiores do que os cereais 3.

Em termos de porosidade interior, os cereais de arroz extrudido também são os que possuem mais poros, além de que os cereais 3 também são bastante porosos no seu interior. Estes resultados sobre a porosidade exterior e interior destes dois tipos de componentes alimentares podem ter tido influência nos resultados da aplicação dos respetivos revestimentos destes dois tipos de cereais.

Já em relação à avaliação dos resultados microbiológicos dos cereais revestidos testados, constata-se que, no geral, estes encontravam-se satisfatórios em termos de aceitação para consumo, excetuando os componentes correspondentes aos ensaios 9 e 17, ou seja, os cereais revestidos de arroz extrudido e os componentes 6 revestidos.

Após analisar os resultados obtidos, conclui-se que será necessário realizar melhorias ao processo de revestimento, mais concretamente, em termos de tratamento térmico das diversas matérias-primas utilizadas ou das soluções com as mesmas já misturadas. No entanto, deve-se ter em consideração que este seria mais facilmente aplicável a nível industrial, uma vez que se conseguiria que a solução de revestimento fosse aspergida de forma assética nos componentes no

interior do bombo de gragear. A nível laboratorial, nas condições usadas neste projeto, este processo teria algumas condicionantes, pois as matérias-primas utilizadas nas soluções de revestimento dos vários ensaios não foram aplicadas nos componentes em condições de assepsia, tendo ocorrido o manuseamento e exposição ao ambiente das mesmas, pelo que pode ter ocorrido contaminação microbiológica dos revestimentos antes e após a sua aplicação.

Por último, poderão se testar outros tipos de cereais com diferentes formas, além da esférica, pois o bombo de gragear mostrou-se eficaz para revestir cereais esféricos, mas não foram testadas outras formas de cereais, sendo necessário, talvez, utilizar novas condições de aplicação, uma vez que componentes alimentares não esféricos poderão não rolar corretamente no interior do bombo, ficando colados nas paredes do mesmo aquando a aplicação de uma solução de revestimento.



## Referências bibliográficas

- Baldwin, E., Hagenmaier, Baldwin, Hagenmaier, J. B., & Krochta, J. M. (1994). Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions and testing methods. In *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*.
- Baldwin, E. A., Hagenmaier, R. D., & Bai, J. (2011). Edible coatings and films to improve food quality, second edition. In *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality, Second Edition*.
- Barišić, V., Kopjar, M., Jozinović, A., Flanjak, I., Ačkar, Đ., Miličević, B., Šubarić, D., Jokić, S., & Babić, J. (2019). The Chemistry behind Chocolate Production. *Molecules*, *24*(17), 3163.
- Beckett, S. T. (2008). The science of chocolate. 2nd edition. *The Science of Chocolate. 2nd Edition*.
- Beckett, S. T. (2009). Industrial Chocolate Manufacture and Use: Fourth Edition. In *Industrial Chocolate Manufacture and Use: Fourth Edition*.
- Borchers, A. T., Keen, C. L., Hannum, S. M., & Gershwin, M. E. (2000). Cocoa and chocolate: Composition, bioavailability, and health implications. *Journal of Medicinal Food*, *3*(2), 77–105.
- Boukouvalas, C. J., Krokida, M. K., Maroulis, Z. B., & Marinos-Kouris, D. (2006). International Journal of Food Properties Density and Porosity: Literature Data Compilation for Foodstuffs DENSITY AND POROSITY: LITERATURE DATA COMPILATION FOR FOODSTUFFS. *International Journal of Food Properties*, *9*, 715–746.
- Cerqueira, M. Â. P. R., Pereira, R. N. C., Ramos, Ó. L. da S., Teixeira, J. A. C., & Vicente, A. A. (2017). Edible food packaging: Materials and processing technologies. In *Edible Food Packaging: Materials and Processing Technologies*.
- Chen, X. D. (2008). Drying as a Means of Controlling Food Biodeterioration. In *Food Biodeterioration and Preservation*.
- Comissão Europeia. (2005). REGULAMENTO N° 2073/2005 - Relativo a critérios microbiológicos aplicáveis aos géneros alimentícios. *Jornal Oficial Da União Europeia*, *338*, 1–26.
- Embuscada, M. E., & Huber, K. (2009). Edible Films and Coatings for Food Applications. In *Edible Films and Coatings for Food Applications*.
- FDA. (2014). *Water Activity (aw) in Foods*. (18/02/2020). Obtido de FDA: <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/inspection-technical-guides/water-activity-aw-foods>
- Featherstone, S. (2008). Control of Biodeterioration in Food. In *Food Biodeterioration and Preservation*.
- Hammann, F., & Schmid, M. (2014). Determination and quantification of molecular interactions in

- protein films: A review. *Materials*, 7(12), 7975–7996.
- Han, J. H. (2012). Emerging Technologies in Food Packaging. Overview. In *Plastic Films in Food Packaging: Materials, Technology and Applications*.
- Harmsen, J. (2019). *Industrial process scale-up: a practical innovation guide from idea to commercial implementation*. Elsevier.
- Instituto Ricardo Jorge. (2019). *Interpretação de resultados de ensaios microbiológicos em alimentos prontos para consumo e em superfícies do ambiente de preparação e distribuição alimentar Valores-guia*.
- Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Nik Norulaini, N. A., Sahena, F., Kamaruzzaman, B. Y., Ghafoor, K., & Omar, A. K. M. (2014). Cocoa butter replacers from blends of mango seed fat extracted by supercritical carbon dioxide and palm stearin. *Food Research International*, 65(PC), 401–406.
- Jornal Oficial da União Europeia. (2011). Regulamento (UE) N°1129/2011. *Jornal Oficial Da União Europeia*, 6, 25.
- Kadam, S.; Tiwari, B.; O'Donnell, C. . (2015). Improved thermal processing for food texture modification. In *Modifying Food Texture: Novel Ingredients and Processing Techniques*.
- Komes, D., Oskomić, M., Šeremet, D., Martinić, A., Mandura, A., Champion, E., & Vojvodić Cebin, A. (2019). RUBY CHOCOLATE – BIOACTIVE POTENTIAL AND SENSORY QUALITY CHARACTERISTICS COMPARED WITH DARK, MILK AND WHITE CHOCOLATE. *Hrana u Zdravlju i Bolesti : Znanstveno-Stručni Časopis Za Nutricionizam i Dijetetiku*, 89–96.
- Labuza, T. P., & Hyman, C. R. (1998). Moisture migration and control in multi-domain foods. In *Trends in Food Science and Technology*.
- Munjal, S., Mathur, H., Lodha, L., & Singh, A. (2019). The Chemistry Of Chocolate. *International Journal of Innovative Research and Growth*, 8(10).
- Naik, B., & Kumar, V. (2014). Cocoa Butter and Its Alternatives: A Reveiw. *Journal of Bioresource Engineering and Technology*, 1(January 2014), 7–17.
- Nanakoudis, A. (2019). What is SEM? Scanning electron microscope technology explained. *ThermoFisher Scientific*. (10/07/2020). Obtido de: <https://doi.org/https://blog.phenom-world.com/what-is-sem>
- Nasrollahzadeh, M., Sajadi, M. S., Atarod, M., Sajjadi, M., & Isaabadi, Z. (2019). *An Introduction to Green Nanotechnology*.
- Pereira, D., Correia, P. M. R., & Guiné, R. P. F. (2013). Analysis of the physical-chemical and

- sensorial properties of Maria type cookies. *Acta Chimica Slovaca*, 269–280.
- Pinheiro, a C., Cerqueira, M. a, Souza, B. W. S., Martins, J. T., Teixeira, J. a, & Vicente, a a. (2010). Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares. *Boletim Da Biotecnologia, Outubro*, 18–29.
- Rhim, J. W., & Shellhammer, T. H. (2005). Lipid-based edible films and coatings. In *Innovations in Food Packaging*.
- S. Sahin, & Sumnu, S. (2007). *Physical Properties of Foods*.
- Sandulachi, E. (2012). (PDF) *WATER ACTIVITY CONCEPT AND ITS ROLE IN FOOD PRESERVATION*.
- Sereno, A. M., Silva, M. A., & Mayor, L. (2007). Determination of particle density and porosity in foods and porous materials with high moisture content. *International Journal of Food Properties*, 10(3), 455–469.
- Shukla, R., & Cheryan, M. (2001). Zein: The industrial protein from corn. *Industrial Crops and Products*, 13(3), 171–192.
- Solano-Umaña, V., & Vega-Baudrit, J. R. (2015). Micro, Meso and Macro Porous Materials on Medicine. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 06(04), 247–256.
- Suput, D., Lazic, V., Popovic, S., & Hromis, N. (2015). Edible films and coatings: Sources, properties and application. *Food and Feed Research*.
- Suter, A. F. (n.d.). *UK Shellac, Waxes, Natural Gums, Resins, Menthol Crystals & Zein*. (04/11/2020) . Obtido de: <https://www.afsuter.com/products/>
- Swapp, S. (2017). *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. (10/07/2020). Obtido de: [https://serc.carleton.edu/research\\_education/geochemsheets/techniques/SEM.html](https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/SEM.html)
- Tan, J., & Kerr, W. L. (2018). Determination of chocolate melting properties by capacitance based thermal analysis (CTA). *Journal of Food Measurement and Characterization*.
- Thompson, S. (2009). Microbiological Spoilage of High-Sugar Products. In *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages*.
- Weiss, J., Kanjanapongkul, K., Wongsasulak, S., & Yoovidhya, T. (2012). Electrospun fibers: Fabrication, functionalities and potential food industry applications. In *Nanotechnology in the Food, Beverage and Nutraceutical Industries*.
- Wittaya, T. (2012). Protein-Based Edible Films: Characteristics and Improvement of Properties. In *Structure and Function of Food Engineering*.
- Zhou, W., Apkarian, R., Wang, Z. L., & Joy, D. (2007). Fundamentals of scanning electron microscopy (SEM). In *Scanning Microscopy for Nanotechnology: Techniques and Applications*.



## Anexos

### A1. Dados das resistências à compressão dos componentes revestidos dos diversos ensaios

- Ensaio 1

**Tabela A1.1.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 1, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	67.121
2	58.066
3	56.375
4	66.205
5	59.971
6	59.365
7	55.660
8	62.702
9	59.347
10	56.487
<b>Média</b>	<b>60.130</b>
<b>Desvio-Padrão</b>	<b>4.017</b>

#### Em xarope:

**Tabela A1.2.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 1, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	58.356	64.070	48.627	59.667	49.683
2	65.988	64.496	62.116	65.184	61.905
3	59.731	57.589	64.596	35.522	60.025
4	60.692	53.831	50.608	49.860	61.461
5	65.040	59.583	58.122	51.871	59.496
6	45.337	49.152	58.130	54.730	50.373
7	53.976	62.875	57.238	61.512	47.224
8	58.393	54.580	63.043	53.573	58.227
9	61.342	63.943	45.461	48.052	48.403
10	49.59	61.150	54.931	64.272	48.069
<b>Média</b>	<b>57.845</b>	<b>59.127</b>	<b>56.287</b>	<b>54.424</b>	<b>54.921</b>
<b>Desvio-Padrão</b>	<b>6.516</b>	<b>5.222</b>	<b>6.380</b>	<b>8.923</b>	<b>5.944</b>

**Tabela A1.3.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 1, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	59.593	62.026	47.191	61.963	63.904
2	58.582	64.430	49.630	60.318	46.060
3	63.234	64.149	57.980	57.865	56.944
4	59.194	63.549	54.694	57.415	51.504
5	58.892	58.560	48.111	62.846	53.607
6	49.972	64.353	60.850	57.716	63.499
7	62.306	61.650	66.085	61.225	59.016
8	57.510	59.300	57.157	41.888	61.950
9	62.473	65.153	49.360	62.899	62.694
10	57.466	47.053	54.139	57.916	63.367
<b>Média</b>	58.922	61.022	54.520	58.205	58.255
<b>Desvio-Padrão</b>	3.764	5.390	6.130	6.134	5.905

**Em iogurte:**

**Tabela A1.4.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 1, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	56.583	61.814	54.244	48.188	54.119
2	62.673	43.976	55.155	39.976	59.982
3	52.379	50.841	51.259	56.439	57.717
4	53.957	52.696	43.261	53.027	42.269
5	55.07	49.502	54.992	51.686	57.314
6	55.98	53.98	57.9	44.842	57.947
7	48.205	48.248	51.441	45.019	52.802
8	53.411	57.426	63.368	55.836	64.717
9	49.746	55.938	50.804	48.689	3.816
10	49.643	-	3.201	3.6	58.525
<b>Média</b>	53.765	52.713	48.563	44.73	50.921
<b>Desvio-Padrão</b>	4.217	5.328	16.766	15.347	17.557

**Tabela A1.5.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 1, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	53.247	53.026	52.451	53.899	61.168
2	50.4	53.411	63.803	53.953	54.344
3	48.53	47.977	54.787	42.879	42.959
4	53.834	46.772	53.476	61.081	40.862
5	65.076	55.267	56.439	48.274	50.628
6	49.066	36.006	38.707	52.934	52.152
7	46.726	48.939	52.788	53.55	60.548
8	51.804	62.091	47.642	48.892	52.459
9	51.377	56.244	39.123	48.161	58.583
10	47.763	51.31	58.89	48.775	3.734
<b>Média</b>	51.782	51.104	51.81	51.24	47.744
<b>Desvio-Padrão</b>	5.216	6.95	8.017	4.936	16.873

- **Ensaio 4**

**Tabela A1.6.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 4, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	51.020
2	35.148
3	58.159
4	51.851
5	31.045
6	56.079
7	57.348
8	61.199
9	41.315
10	46.678
<b>Média</b>	48.984
<b>Desvio-Padrão</b>	10.238

**Em xarope:**

**Tabela A1.7.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 4, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N			
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias
1	53.160	7.416	3.380	2.006
2	56.087	6.587	1.767	7.300
3	64.845	56.482	3.535	1.823
4	42.776	54.663	8.161	5.890
5	66.924	3.499	5.136	2.039
6	48.268	59.476	50.458	2.426
7	52.896	3.950	9.410	6.823
8	50.002	6.111	3.098	3.675
9	54.510	8.175	-	5.006
10	54.462	6.631	-	4.782
<b>Média</b>	54.393	21.299	15.1357	4.177
<b>Desvio-Padrão</b>	7.185	24.616	22.641	2.079

**Tabela A1.8.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 4, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N			
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias
1	16.470	59.476	48.033	19.749
2	49.525	64.143	63.786	14.895
3	55.382	44.533	49.534	54.669
4	32.075	65.121	27.625	10.304
5	55.609	9.741	18.100	44.067
6	62.721	63.961	55.824	29.709
7	35.969	56.747	62.156	14.182
8	64.761	56.998	52.089	17.105
9	53.918	41.747	33.898	49.998
10	53.454	12.231	56.528	15.148
<b>Média</b>	47.988	47.470	48.313	26.983
<b>Desvio-Padrão</b>	15.164	20.788	15.367	15.997

- Ensaio 7

**Tabela A1.9.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 7, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	37.318
2	28.476
3	25.766
4	35.012
5	30.337
6	30.741
7	30.837
8	22.689
9	19.781
10	33.400
<b>Média</b>	53.231
<b>Desvio-Padrão</b>	10.524

**Em xarope:**

**Tabela A1.10.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 7, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	22.535	22.641	15.992	38.106	37.000
2	19.929	12.689	10.645	26.369	23.868
3	19.163	27.110	22.220	14.401	0.507
4	21.610	26.798	28.661	22.681	35.561
5	31.609	28.415	23.334	27.011	16.741
6	28.917	25.370	16.852	13.402	0.742
7	30.214	27.140	22.623	17.894	18.343
8	24.698	16.426	22.640	25.740	17.551
9	17.755	32.944	20.489	21.375	1.451
10	29.438	17.676	18.455	22.051	31.039
<b>Média</b>	24.587	23.721	20.191	22.903	18.280
<b>Desvio-Padrão</b>	5.100	6.281	4.952	7.140	13.955

**Tabela A1.11.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 7, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	14.705	25.861	17.083	23.983	24.265
2	25.043	26.315	20.692	20.303	17.752
3	16.451	25.683	13.350	28.686	28.648
4	30.703	25.100	19.723	37.155	24.535
5	18.803	20.393	36.097	21.968	0.685
6	21.751	26.630	28.707	18.533	16.459
7	16.603	13.212	18.545	34.290	24.291
8	25.032	27.574	34.130	19.313	1.373
9	16.353	23.101	28.765	1.207	19.676
10	21.091	35.488	33.822	16.664	25.429
<b>Média</b>	20.653	24.936	25.091	22.210	18.311
<b>Desvio-Padrão</b>	5.079	5.637	8.156	10.065	9.835

**Em iogurte:**

**Tabela A1.12.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 7, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	29.146	25.14	20.434	22.768	37.092
2	27.782	28.655	35.441	29.896	38.692
3	30.079	17.157	21.169	8.715	22.36
4	32.332	23.176	23.917	30.474	19.531
5	18.904	24.295	29.564	22.435	14.314
6	27.197	18.363	28.286	46.288	20.284
7	16.978	15.61	33.198	23.706	36.813
8	16.877	23.533	38.535	22.732	31.106
9	19.311	14.745	5.645	13.468	35.268
10	28.354	36.444	32.488	0.752	0.604
<b>Média</b>	24.696	22.712	26.868	22.123	25.606
<b>Desvio-Padrão</b>	5.958	6.64	9.566	12.6	12.386

**Tabela A1.13.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 7, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	22.01	31.305	21.637	20.255	26.632
2	12.709	23.866	23.273	21.61	15.619
3	15.974	21.952	28.075	17.379	11.193
4	19.367	15.389	22.238	23.033	34.855
5	28.303	34.568	39.226	17.826	17.308
6	12.051	19.143	14.566	24.59	45.492
7	20.073	18.727	19.554	38.276	23.736
8	17.242	30.129	20.19	33.468	19.615
9	22.445	16.446	11.498	18.102	15.47
10	9.82	28.048	21.948	27.716	1.198
<b>Média</b>	17.999	23.957	22.22	24.225	21.112
<b>Desvio-Padrão</b>	5.609	6.715	7.526	7.028	12.447

- **Ensaio 8**

**Tabela A1.14.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 8, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	20.179
2	17.626
3	23.577
4	23.358
5	27.418
6	21.077
7	18.952
8	17.351
9	24.035
10	18.637
<b>Média</b>	21.371
<b>Desvio-Padrão</b>	3.158

**Em xarope:**

**Tabela A1.15.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 8, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	21.367	27.457	25.857	25.131	7.438
2	13.776	26.681	36.285	25.741	10.915
3	20.679	15.396	31.139	16.507	10.792
4	29.656	25.070	16.336	19.473	0.823
5	21.446	33.331	18.686	21.784	9.316
6	12.579	32.045	17.348	13.841	7.405
7	21.128	15.631	25.810	26.224	11.182
8	19.242	34.964	20.929	15.513	3.178
9	21.727	17.599	15.831	21.920	12.937
10	16.154	19.935	14.776	23.574	1.544
<b>Média</b>	19.775	24.811	22.300	20.971	7.553
<b>Desvio-Padrão</b>	4.837	7.358	7.243	4.457	4.316

**Tabela A1.16.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 8, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	37.297	23.399	17.666	13.658	15.945
2	15.609	21.905	26.059	10.266	12.603
3	31.164	29.897	24.707	15.313	14.802
4	18.219	30.182	18.396	31.154	14.391
5	19.05	24.659	31.251	14.965	14.105
6	34.005	21.904	25.926	26.757	1.154
7	22.862	23.52	23.174	20.082	14.885
8	16.471	14.882	36.18	13.648	19.329
9	42.851	25.923	15.645	10.002	11.468
10	19.539	21.689	24.96	18.838	11.182
<b>Média</b>	25.707	23.796	24.396	17.468	12.986
<b>Desvio-Padrão</b>	9.779	4.404	6.243	6.911	4.771

**Em iogurte:**

**Tabela A1.17.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 8, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	25.903	30.269	11.804	16.531	1.727
2	30.142	32.606	15.263	3.208	1.59
3	34.919	22.45	19.401	8.354	2.475
4	11.615	24.252	2.708	10.609	7.058
5	14.43	18.894	7.291	15.394	7.019
6	14.128	29.795	19.649	5.414	7.215
7	14.054	24.362	28.187	0.302	6.271
8	22.276	29.682	11.245	6.389	9.054
9	20.593	28.78	22.961	11.324	1.898
10	26.463	25.788	29.449	6.721	2.102
<b>Média</b>	21.452	26.688	16.796	8.425	4.641
<b>Desvio-Padrão</b>	7.872	4.239	8.754	5.129	2.92

**Tabela A1.18.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 8, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	16.914	19.797	24.109	14.511	10.387
2	34.533	26.932	38.261	8.509	13.704
3	15.791	10.69	24.878	20.285	7.298
4	16.32	22.707	40.473	21.646	21.383
5	36.382	24.694	32.147	17.03	13.771
6	23.513	16.55	10.8	18.382	12.162
7	20.089	21.451	24.925	22.697	0.969
8	13.794	27.144	15.518	25.2	10.182
9	20.259	14.113	7.582	8.528	4.928
10	17.52	20.835	25.552	4.667	5.023
<b>Média</b>	21.511	20.491	24.425	16.145	9.981
<b>Desvio-Padrão</b>	7.85	5.397	10.848	6.903	5.79

- Ensaio 9

**Tabela A1.19.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 9, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	8.775
2	8.483
3	9.497
4	13.094
5	9.433
6	12.538
7	10.117
8	7.258
9	12.332
10	9.442
<b>Média</b>	<b>10.097</b>
<b>Desvio-Padrão</b>	<b>1.931</b>

**Em xarope:**

**Tabela A1.20.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 9, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N			
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias
1	3.655	1.975	1.851	10.992
2	9.578	7.980	8.063	3.157
3	1.672	11.710	2.414	2.551
4	11.863	2.271	2.727	1.76
5	8.675	7.863	9.86	2.139
6	9.175	1.819	2.125	1.558
7	8.528	9.686	2.915	1.067
8	10.648	1.839	1.427	2.888
9	9.746	1.289	9.418	1.439
10	9.474	10.815	13.474	3.242
<b>Média</b>	<b>8.301</b>	<b>5.725</b>	<b>5.427</b>	<b>3.079</b>
<b>Desvio-Padrão</b>	<b>3.158</b>	<b>4.257</b>	<b>4.342</b>	<b>2.88</b>

**Tabela A1.21.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 9, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N			
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias
1	11.732	8.563	11.619	12.249
2	7.862	7.567	10.838	7.218
3	9.406	3.280	13.804	9.477
4	8.936	8.008	13.139	9.375
5	9.026	2.217	7.562	2.242
6	6.117	9.266	9.875	10.369
7	9.607	1.030	12.011	2.07
8	12.743	11.875	5.106	4.268
9	12.015	12.139	9.068	10.153
10	13.073	9.888	9.25	9.334
<b>Média</b>	10.052	7.383	10.227	7.675
<b>Desvio-Padrão</b>	2.267	3.920	2.636	3.59

- **Ensaio 11**

**Tabela A1.22.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 11, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	52.810
2	57.670
3	66.908
4	66.797
5	40.946
6	50.908
7	38.769
8	54.215
9	40.820
10	62.467
<b>Média</b>	53.231
<b>Desvio-Padrão</b>	10.524

**Em xarope:**

**Tabela A1.23.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 11, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	63.532	52.586	57.374	57.821	60.256
2	57.632	63.666	56.562	62.162	57.417
3	61.290	61.634	63.980	50.601	50.199
4	60.853	63.569	60.346	63.641	8.131
5	57.298	60.377	52.144	63.994	63.169
6	63.881	59.098	6.155	58.239	52.980
7	41.854	65.917	64.404	64.369	58.669
8	60.740	55.215	54.141	64.891	7.048
9	57.416	58.585	60.084	7.605	66.546
10	64.267	58.178	-	61.110	65.222
<b>Média</b>	58.876	59.882	53.910	55.443	48.964
<b>Desvio-Padrão</b>	6.540	4.053	17.301	17.359	22.386

**Tabela A1.24.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 11, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	41.076	64.278	59.365	61.547	48.876
2	58.021	49.167	61.743	57.872	60.277
3	58.346	58.484	58.233	48.757	8.479
4	62.584	56.411	56.291	67.115	54.706
5	64.645	60.914	51.706	48.314	64.644
6	46.258	49.184	6.603	65.226	60.494
7	43.519	57.397	10.575	33.161	56.294
8	64.445	57.920	59.729	44.671	7.537
9	63.300	50.894	56.840	6.203	65.325
10	55.449	66.430	66.136	61.133	61.659
<b>Média</b>	55.764	57.108	48.722	49.400	48.829
<b>Desvio-Padrão</b>	8.978	5.967	21.497	18.484	22.054

**Em iogurte:**

**Tabela A1.25.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 11, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	56.041	62.583	56.247	53.168	34.738
2	35.219	62.732	58.79	10.554	59.726
3	45.271	61.193	64.46	59.282	62.341
4	62.412	34.437	19.278	55.688	63.76
5	53.44	63.534	56.152	60.909	60.366
6	64.969	42.443	42.067	60.071	49.157
7	-	15.088	59.945	4.388	7.69
8	-	2.369	61.442	2.635	62.948
9	-	65.497	4.387	60.148	62.196
10	-	60.369	4.624	60.557	3.269
<b>Média</b>	52.892	47.024	42.739	42.74	46.619
<b>Desvio-Padrão</b>	11.109	22.791	24.065	25.639	23.46

**Tabela A1.26.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 11, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	61.159	66.018	48.645	6.932	60.887
2	66.321	9.122	63.543	57.871	56.273
3	66.413	59.731	58.27	66.07	65.91
4	26.169	59.85	55.338	66.334	57.533
5	58.615	62.991	45.514	64.239	58.104
6	-	59.76	58.288	60.972	47.333
7	-	65.257	62.219	65.666	48.781
8	-	60.264	57.777	9.696	62.302
9	-	55.7	4.909	13.51	61.021
10	-	-	2.213	53.85	4.376
<b>Média</b>	55.736	55.41	45.672	46.514	52.252
<b>Desvio-Padrão</b>	16.867	17.644	22.877	25.516	17.781

- Ensaio 12

**Tabela A1.27.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 12, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	14.211
2	11.129
3	9.820
4	10.430
5	4.354
6	10.995
7	14.108
8	10.367
9	17.060
10	29.548
<b>Média</b>	13.202
<b>Desvio-Padrão</b>	6.654

**Em xarope:**

**Tabela A1.28.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 12, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	9.702	9.251	2.379	2.711	10.356
2	7.509	10.314	5.799	11.744	1.829
3	9.237	8.235	1.469	9.999	8.403
4	7.143	8.651	10.559	12.543	9.422
5	4.719	15.050	3.309	3.042	8.130
6	10.287	5.868	4.116	4.878	12.197
7	15.652	8.938	9.803	10.242	13.965
8	9.272	23.117	3.128	16.177	5.776
9	19.061	11.248	1.009	14.080	1.651
10	14.964	9.523	8.240	9.171	11.733
<b>Média</b>	10.755	11.019	4.981	9.459	8.346
<b>Desvio-Padrão</b>	4.429	4.862	3.456	4.594	4.177

**Tabela A1.29.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 12, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	20.711	6.824	15.953	2.959	11.031
2	10.784	10.995	9.952	5.665	13.971
3	11.545	12.246	9.046	7.152	8.631
4	14.456	9.669	4.943	11.054	1.819
5	11.063	8.232	6.847	2.412	8.771
6	6.456	9.850	11.111	15.123	14.291
7	12.132	9.714	0.962	9.935	9.109
8	17.047	6.050	13.545	2.154	8.539
9	13.872	11.080	6.060	10.371	5.676
10	11.59	6.161	10.849	3.649	10.346
<b>Média</b>	12.965	9.082	8.927	7.047	9.218
<b>Desvio-Padrão</b>	3.874	2.174	4.373	4.426	3.670

**Em iogurte:**

**Tabela A1.30.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 12, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	10.318	18.507	10.943	12.468	20.471
2	16.406	9.249	13.298	13.876	7.58
3	4.677	11.686	8.557	14.187	1.834
4	9.172	7.088	13.966	11.499	10.625
5	11.276	7.214	14.585	12.254	14.921
6	20.125	0.415	1.362	1.052	1.713
7	3.998	10.551	14.744	10.042	8.852
8	5.921	8.25	8.676	8.585	9.202
9	4.072	11.183	8.343	13.89	4.643
10	10.269	6.425	7.599	7.604	10.978
<b>Média</b>	9.623	9.057	10.208	10.546	9.082
<b>Desvio-Padrão</b>	5.383	4.625	4.184	4.027	5.761

**Tabela A1.31.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 12, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	6.223	9.373	11.96	8.3	7.56
2	10.54	14.664	11.893	10.633	8.752
3	6.747	20.249	1.325	8.135	1.098
4	9.301	10.514	12.456	10.099	15.344
5	6.238	3.074	6.699	6.012	14.243
6	7.487	14.475	9.027	9.528	8.812
7	12.767	9.467	25.877	7.989	10.522
8	3.312	12.247	6.139	7.767	3.667
9	7.41	8.894	7.87	12.243	5.452
10	15.237	7.29	8.037	1.756	1.057
<b>Média</b>	8.526	11.025	10.128	8.246	7.651
<b>Desvio-Padrão</b>	3.51	4.7	6.462	2.871	4.951

- **Ensaio 13**

**Tabela A1.32.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 13, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	21.460
2	19.600
3	19.556
4	16.064
5	18.123
6	22.479
7	22.865
8	17.306
9	21.951
10	20.426
<b>Média</b>	19.983
<b>Desvio-Padrão</b>	2.288

**Em xarope:**

**Tabela A1.33.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 13, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	24.597	15.371	18.648	12.598	16.667
2	16.427	14.654	18.223	13.172	14.205
3	13.922	12.155	14.769	25.850	14.644
4	16.182	13.582	15.305	13.815	19.262
5	20.634	11.044	23.950	24.539	12.992
6	18.270	9.243	19.030	14.834	11.932
7	31.058	12.918	13.612	18.287	16.957
8	18.508	8.421	15.659	11.684	10.034
9	10.969	9.152	16.334	17.617	21.561
10	8.927	10.191	14.668	20.641	13.660
<b>Média</b>	17.949	11.673	17.020	17.304	15.191
<b>Desvio-Padrão</b>	6.459	2.436	3.049	5.018	3.466

**Tabela A1.34.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 13, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	11.767	18.544	18.193	16.486	12.190
2	11.372	19.553	12.688	20.494	13.021
3	16.200	10.477	16.799	16.279	16.050
4	14.089	12.583	13.210	13.893	16.250
5	20.916	16.832	10.414	14.350	13.949
6	19.399	14.364	16.038	13.016	11.650
7	13.127	10.469	15.620	10.241	10.705
8	20.560	17.033	15.456	19.243	7.570
9	12.444	13.497	12.924	10.192	7.678
10	13.839	13.709	11.799	20.832	13.789
<b>Média</b>	15.371	14.706	14.314	15.503	12.285
<b>Desvio-Padrão</b>	3.669	3.181	2.462	3.871	3.015

**Em iogurte:**

**Tabela A1.35.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 13, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	15.473	13.802	22.053	17.342	16.239
2	23.501	16.048	18.215	16.247	22.063
3	15.617	12.815	22.179	18.718	17.198
4	13.567	13.447	17.798	11.698	10.387
5	17.515	9.393	15.051	9.308	11.777
6	12.811	18.248	23.53	17.109	13.403
7	23.082	8.257	21.2	12.96	10.962
8	12.744	13.15	14.318	19.277	18.271
9	22.114	14.24	22.121	11.676	14.967
10	8.466	14.512	20.199	14.951	18.598
<b>Média</b>	16.489	13.391	19.666	14.928	15.386
<b>Desvio-Padrão</b>	5.029	2.897	3.181	3.368	3.785

**Tabela A1.36.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 13, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	12.829	16.57	18.259	21.552	11.264
2	12.432	22.501	23.494	22.551	30.068
3	14.507	23.164	23.464	24.443	15.224
4	15.423	15.603	20.865	12.672	13.13
5	12.823	14.825	18.789	22.475	14.953
6	9.276	11.046	21.326	17.141	20.229
7	10.801	13.717	24.513	14.182	15.835
8	10.61	21.64	14.742	15.881	13.562
9	10.926	16.857	27.35	16.399	22.461
10	10.4	12.825	18.205	20.398	9.456
<b>Média</b>	12.003	16.875	21.101	18.769	16.618
<b>Desvio-Padrão</b>	1.945	4.219	3.717	4.02	6.1

- Ensaio 14

**Tabela A1.37.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 14, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	35.464
2	33.534
3	29.067
4	24.831
5	22.451
6	16.814
7	24.642
8	21.203
9	17.322
10	21.091
<b>Média</b>	24.642
<b>Desvio-Padrão</b>	6.324

**Em xarope:**

**Tabela A1.38.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 14, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	40.931	26.920	29.873	34.138	37.779
2	30.972	24.098	28.207	35.408	36.816
3	30.181	27.689	32.430	36.204	43.659
4	29.129	30.008	29.353	31.020	36.449
5	35.206	30.579	33.804	30.654	35.117
6	33.163	32.159	27.000	37.635	34.246
7	25.899	29.575	29.349	29.776	42.664
8	24.271	25.926	34.974	26.217	32.944
9	22.263	26.670	33.785	32.720	44.177
10	29.552	32.129	27.161	33.227	41.247
<b>Média</b>	30.157	28.575	30.594	32.700	38.510
<b>Desvio-Padrão</b>	5.455	2.724	2.926	3.398	4.105

**Tabela A1.39.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 14, 1, 7, 15, 30 e 60 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias	60 dias
1	31.415	25.183	34.607	38.717	41.47
2	26.606	28.615	25.481	34.104	47.635
3	27.938	23.134	29.511	28.135	38.298
4	33.555	25.378	33.524	26.407	38.768
5	28.278	24.866	26.973	25.961	40.643
6	29.862	20.532	31.499	29.126	36.296
7	28.294	31.559	33.050	30.123	33.958
8	31.241	29.502	28.872	33.884	35.894
9	24.999	25.069	32.174	20.925	40.558
10	24.119	21.463	31.066	30.814	40.944
<b>Média</b>	28.631	25.530	30.676	29.820	39.446
<b>Desvio-Padrão</b>	2.957	3.491	2.936	4.990	3.808

**Em iogurte:**

**Tabela A1.40.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 14, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	33.519	27.355	34.004	29.046	29.581
2	33.071	28.422	30.692	37.149	30.556
3	24.025	23.403	29.803	25.327	32.062
4	30.01	25.749	31.033	31.244	28.599
5	34.587	28.634	24.237	29.076	27.325
6	27.318	18.781	20.839	25.014	28.408
7	29.243	20.848	28.131	29.736	25.821
8	30.744	26.809	35.08	36.642	30.237
9	29.627	22.109	23.873	37.586	27.084
10	28.285	22.771	37.212	29.723	30.412
<b>Média</b>	30.043	24.488	29.49	31.054	29.008
<b>Desvio-Padrão</b>	3.161	3.391	5.281	4.617	1.908

**Tabela A1. 41.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 14, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	39.578	29.039	32.518	28.905	34.959
2	30.163	28.483	34.928	29.578	34.418
3	28.355	29.014	32.775	27.555	32.635
4	28.744	25.874	29.974	34.236	25.742
5	31.267	22.353	27.419	33.191	29.999
6	25.871	26.474	30.709	23.122	35.867
7	30.883	23.716	26.415	32.452	23.774
8	24.311	28.616	25.44	29.267	31.558
9	29.069	23.837	27.785	28.804	25.055
10	31.39	29.285	23.499	30.848	29.314
<b>Média</b>	29.963	26.669	29.146	29.796	30.332
<b>Desvio-Padrão</b>	4.091	2.605	3.636	3.181	4.328

- Ensaio 15

**Tabela A1.42.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 15, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	51.279
2	56.550
3	44.987
4	50.132
5	46.764
6	62.189
7	44.908
8	53.975
9	56.286
10	50.004
<b>Média</b>	51.708
<b>Desvio-Padrão</b>	5.586

**Em xarope:**

**Tabela A1.43.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 15, 1, 7 e 15 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N		
	1 dia	7 dias	15 dias
1	52.927	48.077	50.916
2	57.132	53.235	61.36
3	57.971	49.287	19.453
4	52.819	54.516	43.48
5	55.963	42.757	45.284
6	52.707	61.719	65.378
7	55.287	61.429	60.139
8	56.850	59.155	66.761
9	51.435	56.471	61.632
10	43.411	42.181	59.211
<b>Média</b>	53.650	52.883	53.361
<b>Desvio-Padrão</b>	4.228	7.143	14.357

**Tabela A1.44.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 15, 1, 7 e 15 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N		
	1 dia	7 dias	15 dias
1	40.346	60.543	64.565
2	50.959	47.840	57.847
3	53.790	63.019	61.66
4	59.153	53.818	50.939
5	37.302	61.510	31.238
6	60.493	41.593	63.105
7	60.915	41.642	55.441
8	52.165	59.197	53.228
9	61.348	54.334	64.706
10	64.973	60.140	54.544
<b>Média</b>	54.145	54.364	55.727
<b>Desvio-Padrão</b>	9.241	8.088	9.906

- Ensaio 16

**Tabela A1.45.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 16, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	66.895
2	60.092
3	66.619
4	67.140
5	54.597
6	66.005
7	66.840
8	58.561
9	57.911
10	63.686
<b>Média</b>	62.835
<b>Desvio-Padrão</b>	4.643

**Em xarope:**

**Tabela A1.46.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 16, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N			
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias
1	66.627	67.146	5.259	63.117
2	60.828	58.861	65.030	66.120
3	61.301	62.656	63.690	58.276
4	64.483	64.290	66.154	57.154
5	61.361	25.349	65.356	65.165
6	61.510	57.597	65.320	53.057
7	60.165	1.495	66.035	66.041
8	63.397	67.146	60.358	55.503
9	57.001	-	-	7.592
10	-	-	-	61.402
<b>Média</b>	61.853	50.568	57.150	55.343
<b>Desvio-Padrão</b>	2.743	24.043	21.051	17.389

**Tabela A1.47.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 16, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N			
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias
1	64.528	62.372	6.557	54.772
2	65.392	66.175	63.687	55.310
3	66.887	65.252	60.936	63.701
4	66.755	58.686	53.741	61.962
5	64.983	61.763	63.369	63.753
6	65.382	60.405	54.374	55.639
7	66.312	58.346	46.731	58.923
8	63.156	66.500	59.738	59.591
9	-	65.073	58.930	61.953
10	-	64.872	61.821	59.152
<b>Média</b>	65.425	62.945	52.988	59.476
<b>Desvio-Padrão</b>	1.244	3.057	17.133	3.384

- **Ensaio 17**

**Tabela A1.48.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 17, antes da sua aplicação em xarope

Amostra	Pico inicial de resistência /N
1	21.709
2	16.166
3	29.227
4	20.975
5	19.465
6	23.379
7	39.601
8	38.879
9	21.725
10	33.158
<b>Média</b>	26.428
<b>Desvio-Padrão</b>	8.293

**Em xarope:**

**Tabela A1.49.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 17, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N			
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias
1	23.034	21.824	17.276	13.668
2	28.719	15.092	17.607	32.802
3	14.906	13.178	27.072	29.51
4	13.115	23.305	31.096	20.077
5	26.842	20.456	33.636	24.137
6	32.426	24.732	22.719	29.286
7	21.365	28.821	21.194	16.55
8	29.858	20.826	12.037	11.829
9	25.785	29.423	35.837	17.936
10	16.711	29.681	28.378	21.745
<b>Média</b>	23.276	22.734	24.685	21.754
<b>Desvio-Padrão</b>	6.632	5.713	7.788	7.094

**Tabela A1.50.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 17, 1, 7, 15 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N			
	1 dia	7 dias	15 dias	30 dias
1	17.593	18.871	31.211	23.379
2	19.244	24.261	20.73	24.024
3	18.421	17.816	25.001	23.608
4	21.352	22.914	31.568	28.09
5	26.476	25.976	17.699	30.399
6	27.466	21.881	14.887	27.558
7	27.792	28.553	16.276	16.945
8	18.232	30.398	23.022	27.7
9	28.599	24.454	25.306	14.855
10	25.267	29.851	24.712	31.923
<b>Média</b>	23.044	24.498	23.041	24.848
<b>Desvio-Padrão</b>	4.487	4.318	5.748	5.513

**Em iogurte:**

**Tabela A1.51.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 17, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope com um °Brix de 30 e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_30 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	24.597	10.105	19.045	21.622	32.502
2	28.16	27.791	31.439	17.387	18.119
3	17.385	25.526	18.144	31.411	14.659
4	21.423	27.123	25.469	23.947	29.362
5	29.318	29.68	18.9	18.804	14.388
6	28.515	23.665	15.412	20.518	16.195
7	15.355	14.762	18.198	30.677	18.181
8	19.799	16.11	23.273	26.795	14.543
9	25.797	20.633	31.522	12.852	19.153
10	22.726	16.896	13.831	25.02	21.396
<b>Média</b>	23.308	21.229	21.523	22.904	19.85
<b>Desvio-Padrão</b>	4.821	6.536	6.227	5.861	6.302

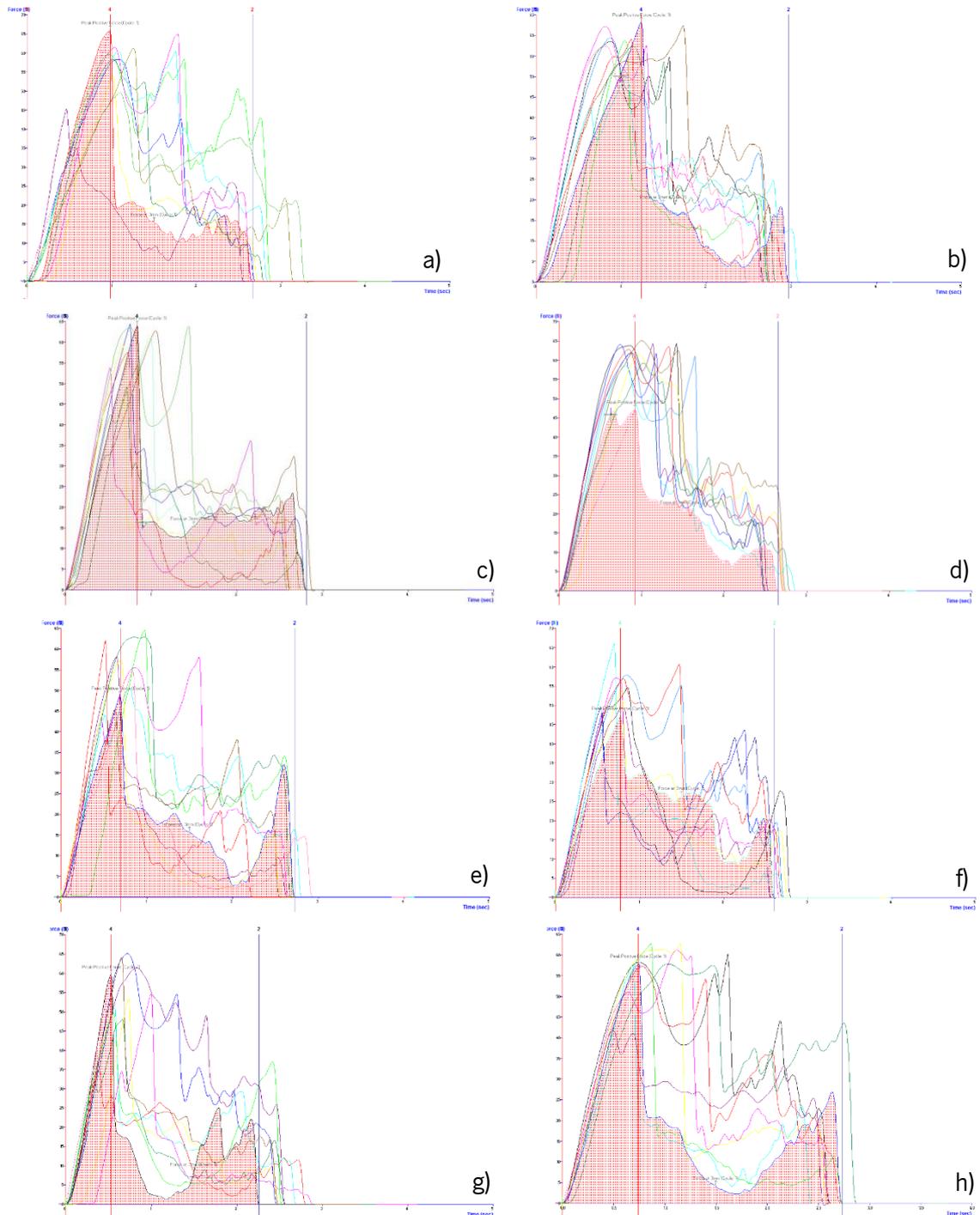
**Tabela A1.52.** Valores dos picos iniciais das resistências à compressão das amostras do ensaio 17, 1, 7, 15, 21 e 30 dias após a sua aplicação em xarope de 50 °Brix e incorporação em iogurte

Amostra	Pico inicial de resistência_50 °Brix /N				
	1 dia	7 dias	15 dias	21 dias	30 dias
1	13.854	25.739	16.509	34.542	25.76
2	21.555	23.671	17.003	31.754	30.365
3	26.612	17.534	29.654	23.711	27.637
4	15.076	27.234	23.053	28.394	16.917
5	17.139	23.307	27.543	20.723	29.072
6	23.709	22.489	21.429	31.085	16.074
7	28.404	13.903	25.519	23.562	26.39
8	30.962	15.88	28.228	24.467	25.395
9	18.445	28.649	18.335	30.874	30.818
10	12.53	14.12	35.153	31.855	15.698
<b>Média</b>	20.829	21.253	24.243	28.097	24.413
<b>Desvio-Padrão</b>	6.431	5.475	6.084	4.632	5.934

## A2. Gráficos dos perfis de compressão dos componentes revestidos dos diversos ensaios

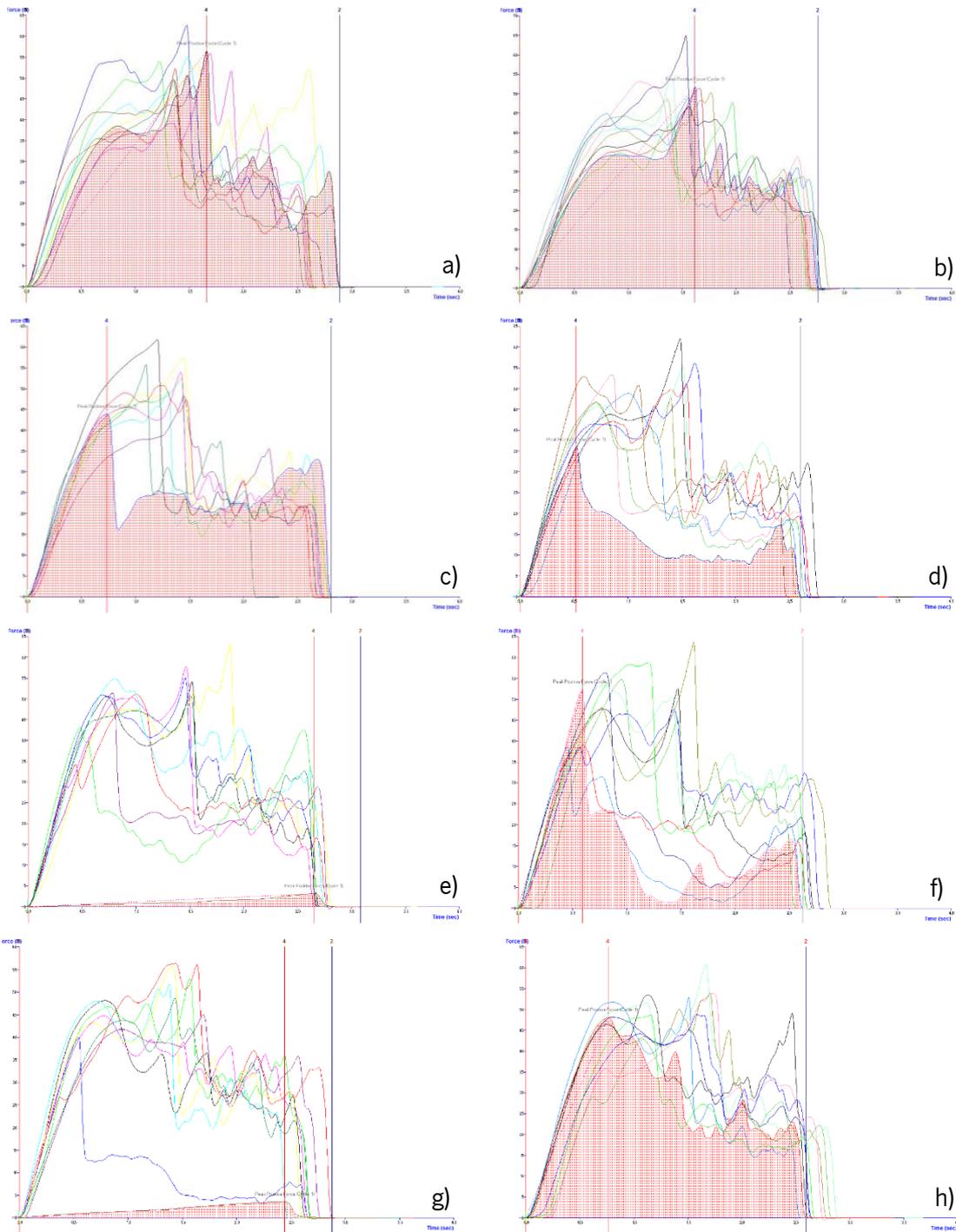
- Ensaio 1

Em xarope:



**Figura A2.1.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h).

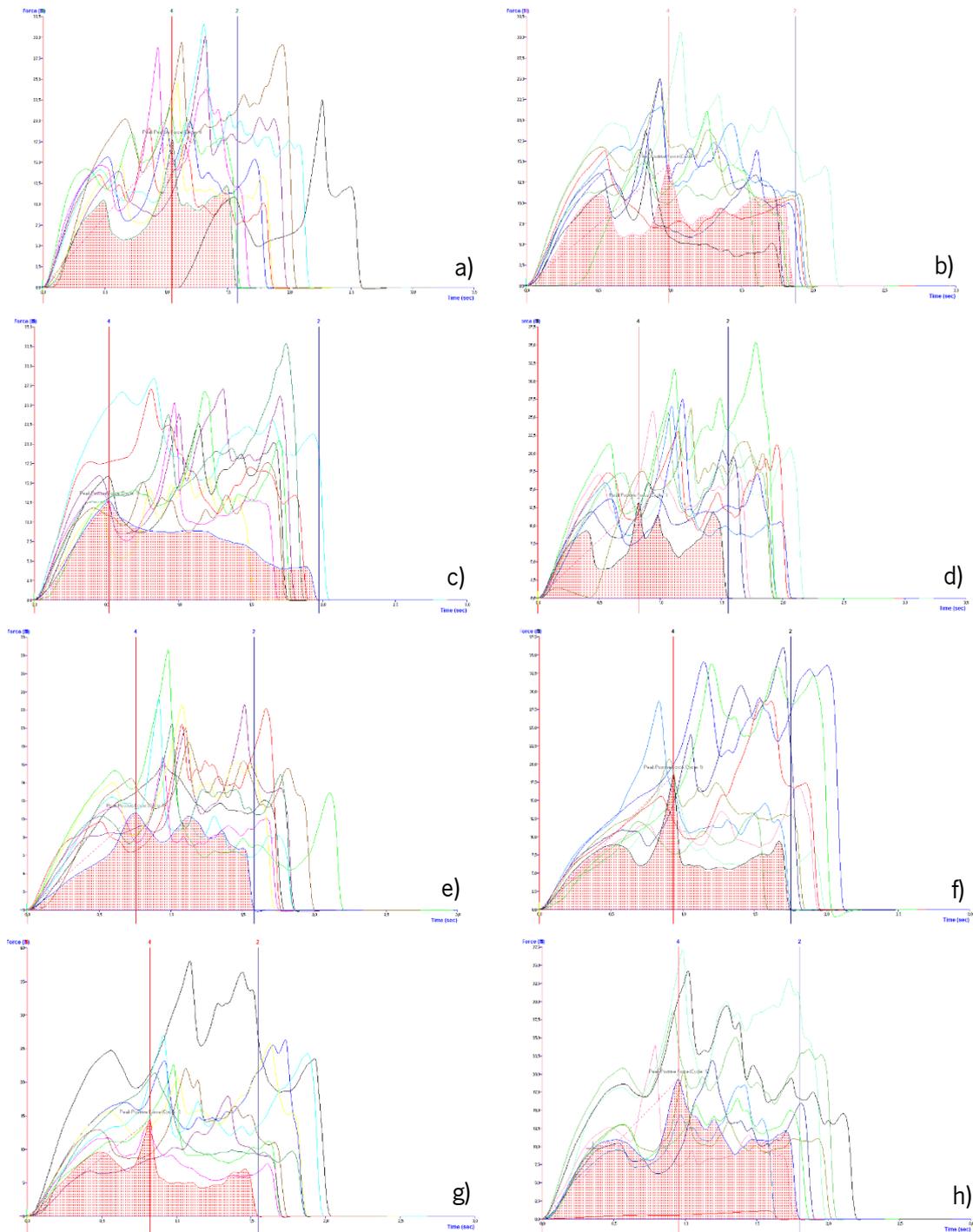
**Em iogurte:**



**Figura A2.2.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 1, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte.

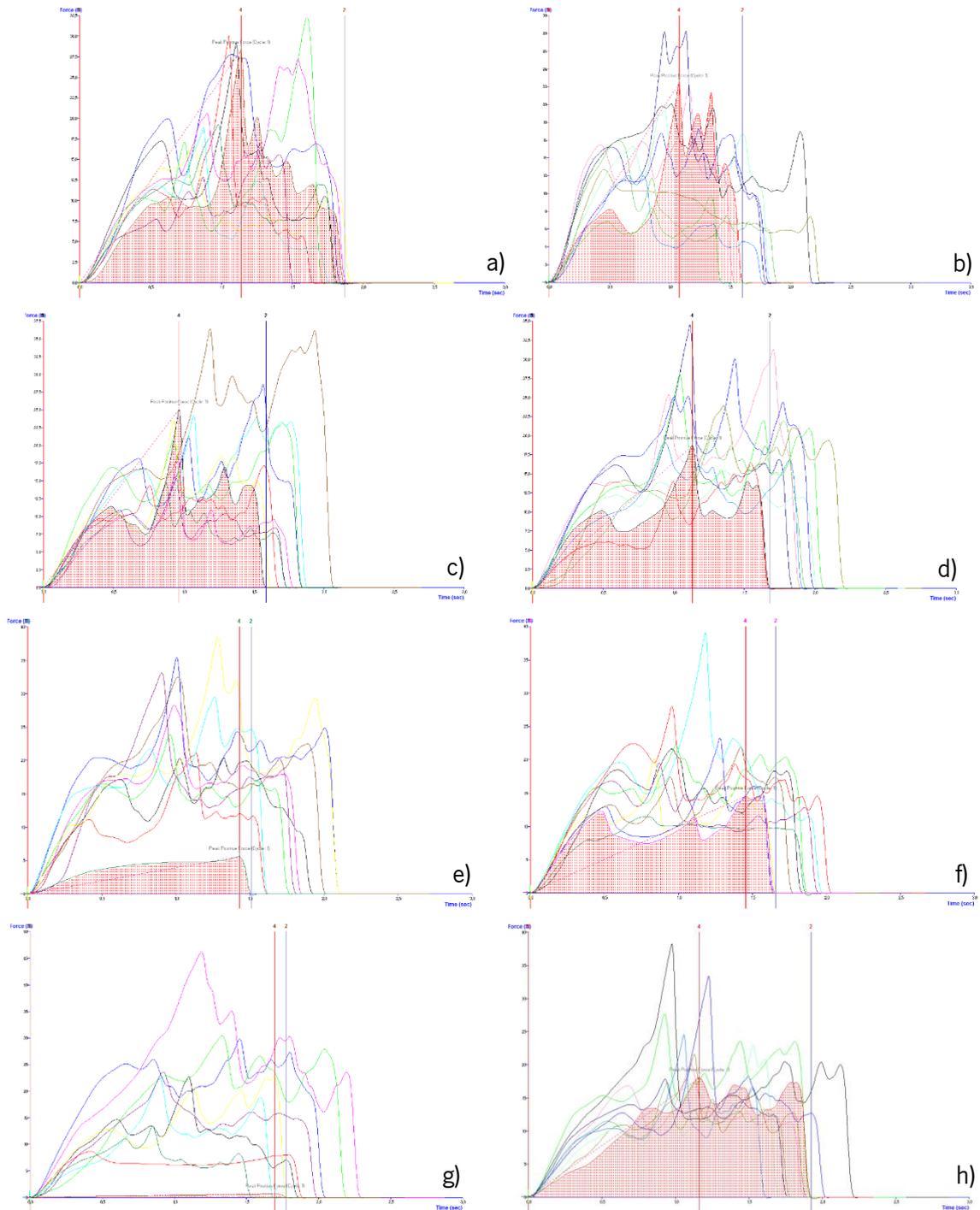
- Ensaio 7

**Em xarope:**



**Figura A2.3.** Perfis de compressão dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h).

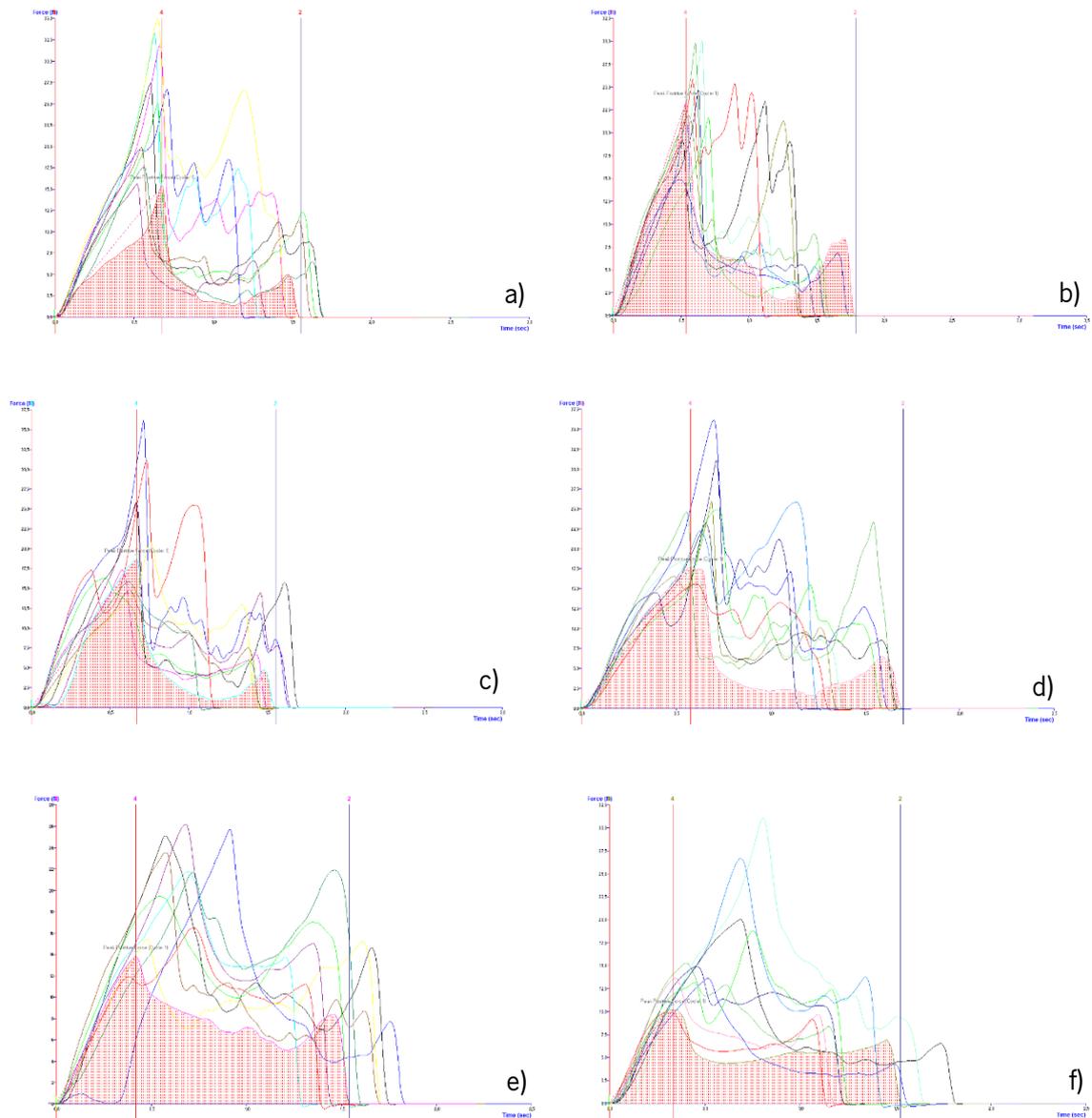
**Em iogurte:**



**Figura A2.4.** Perfis de compressão dos cereais da receita caseira revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte.

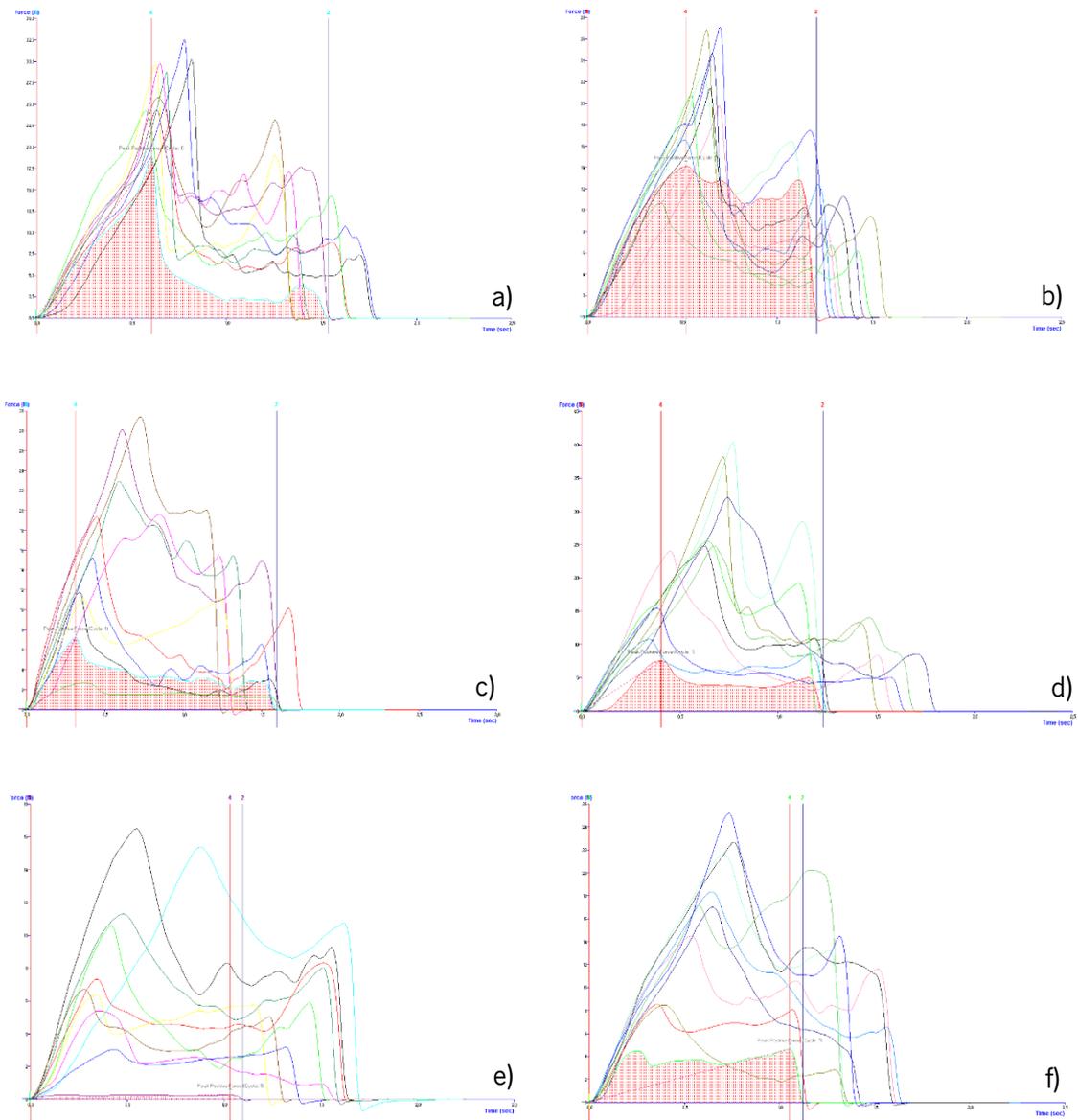
- Ensaio 8

Em xarope:



**Figura A2.5.** Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f).

**Em iogurte:**



**Figura A2.6.** Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 4, após 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f), aplicados em iogurte.

- Ensaio 9

Em xarope:

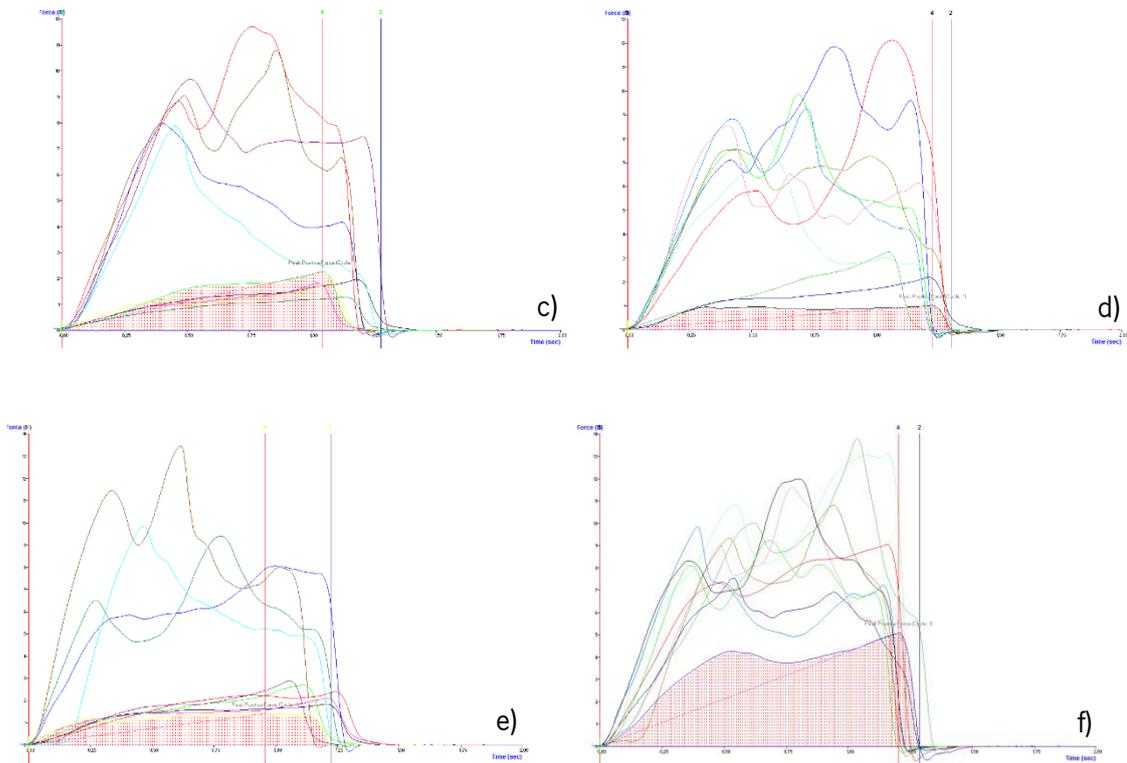
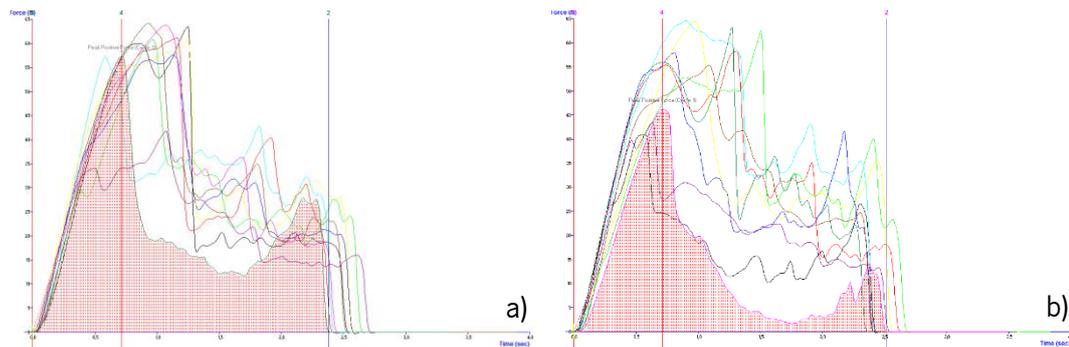
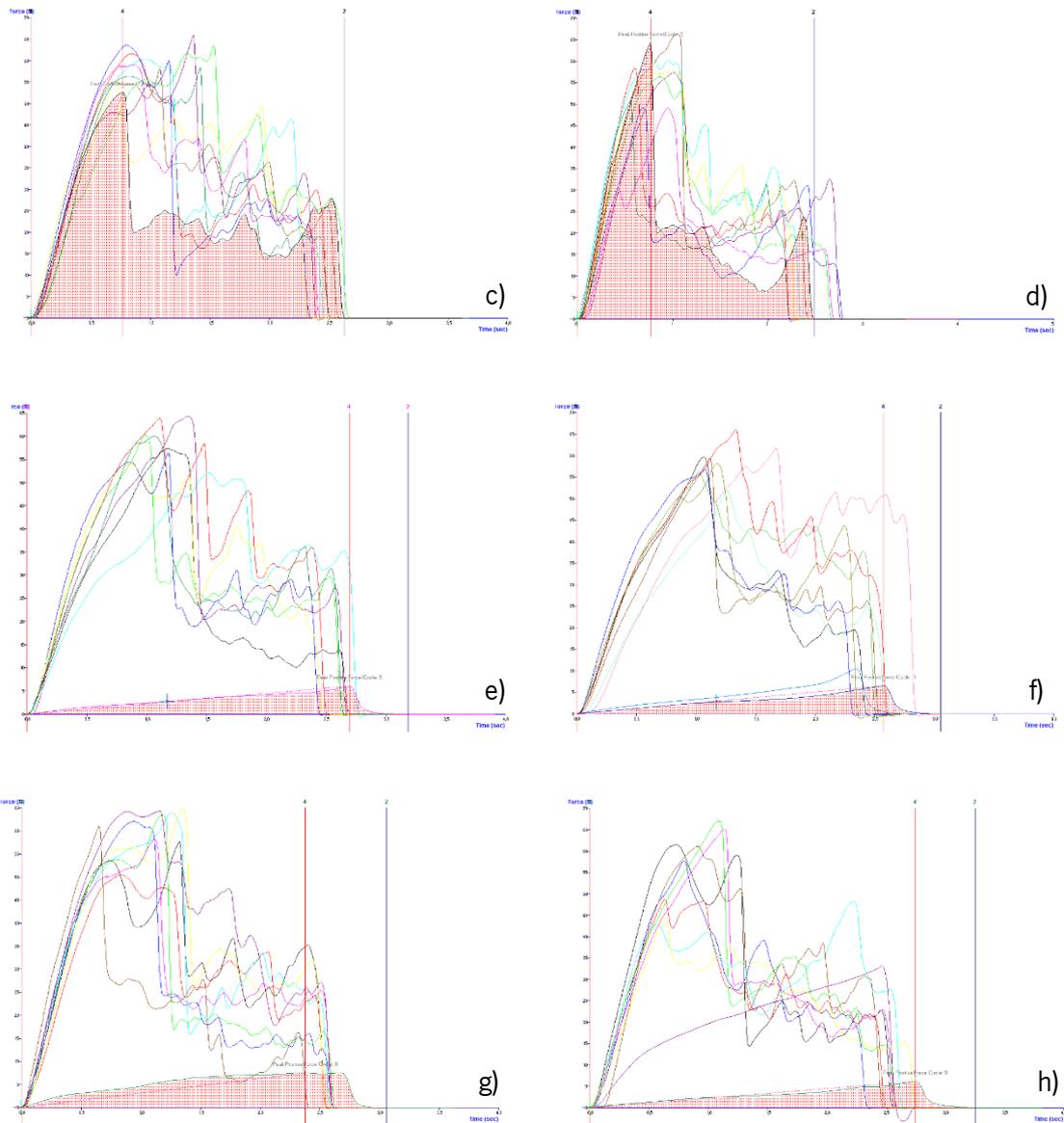


Figura A2.7. Perfis de compressão dos cereais de arroz extrudido revestidos com a formulação 4, após 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b) e 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d).

- Ensaio 11

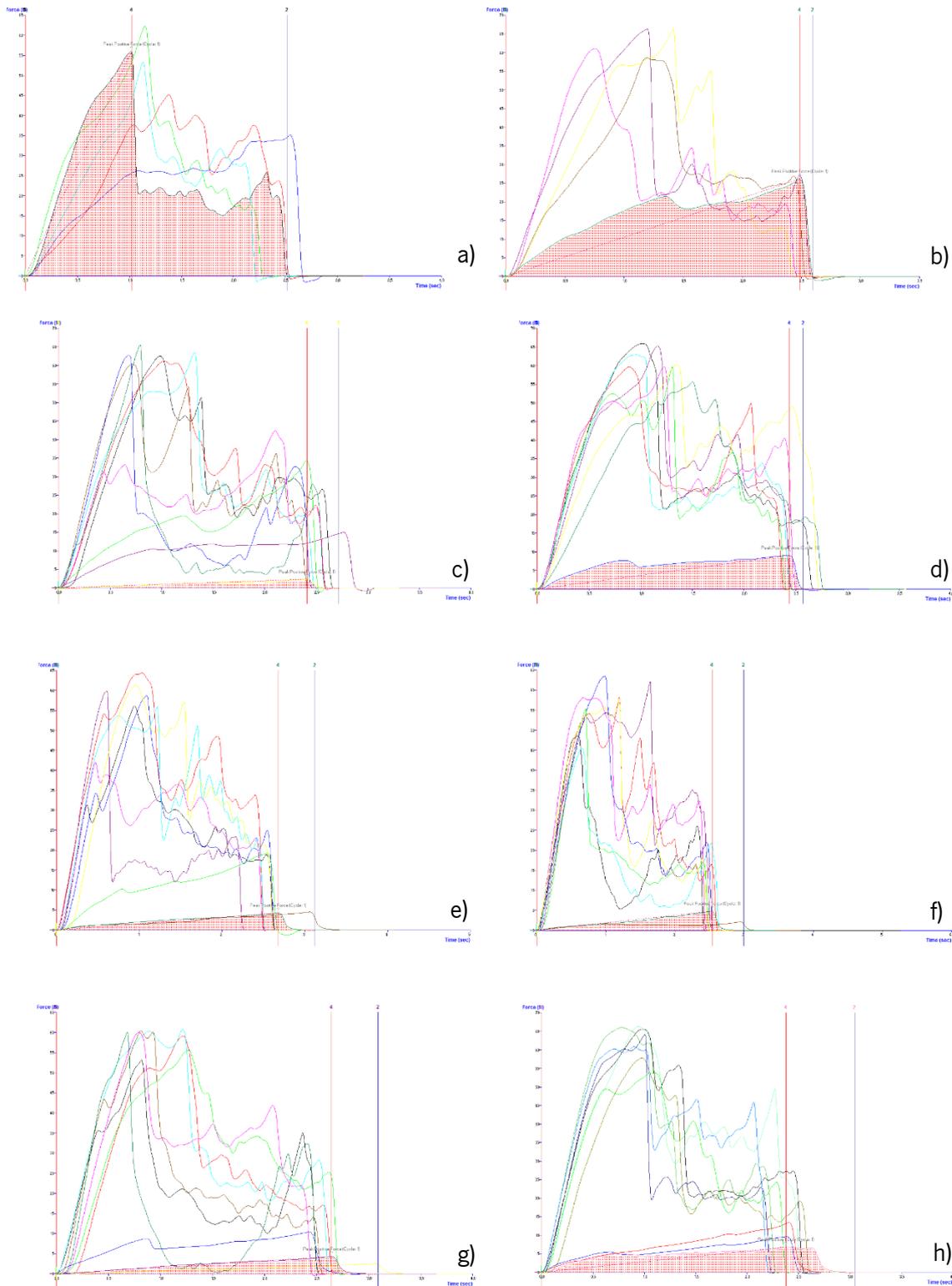
Em xarope:





**Figura A2.8.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h).

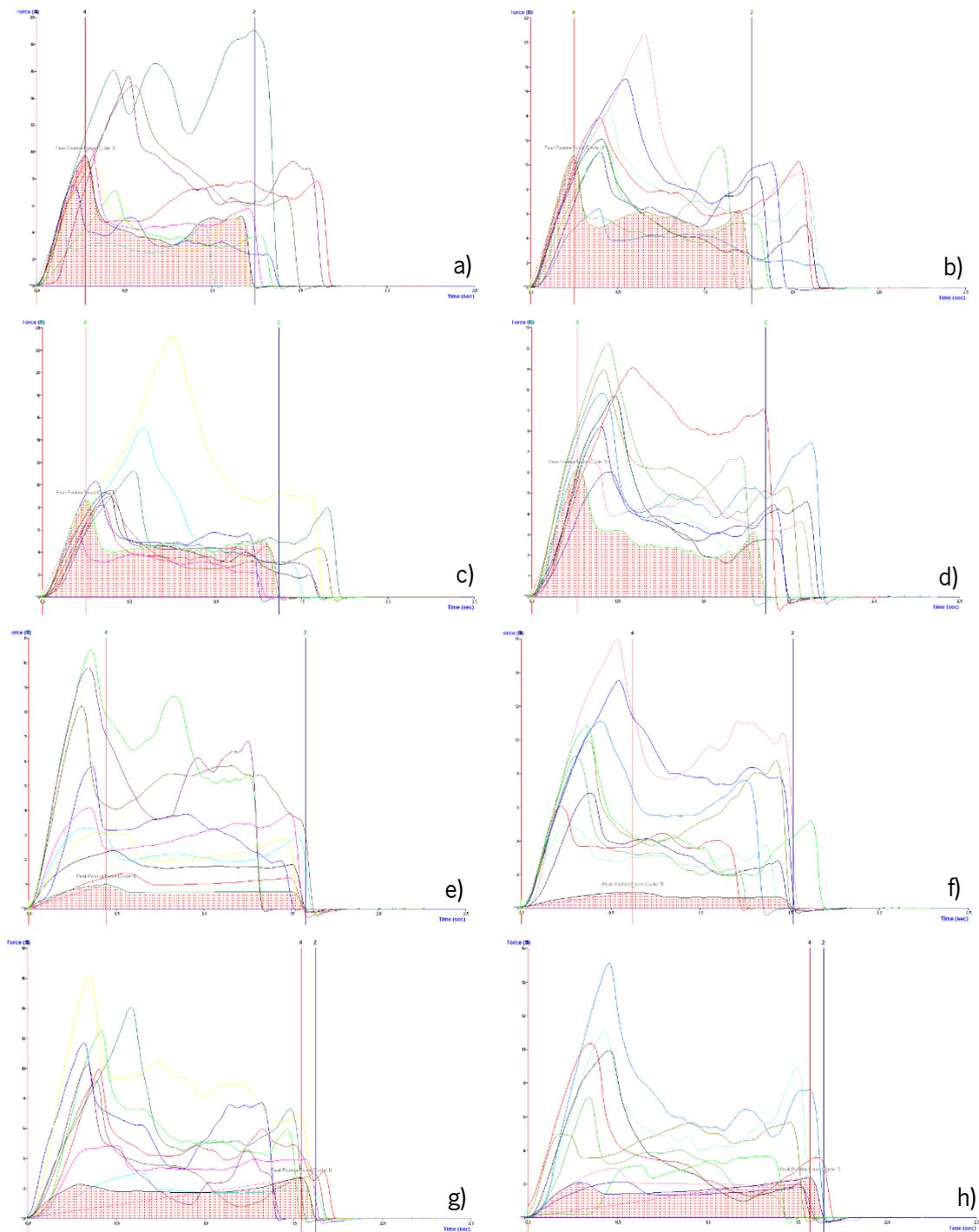
**Em iogurte:**



**Figura A2.9.** Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 6, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte.

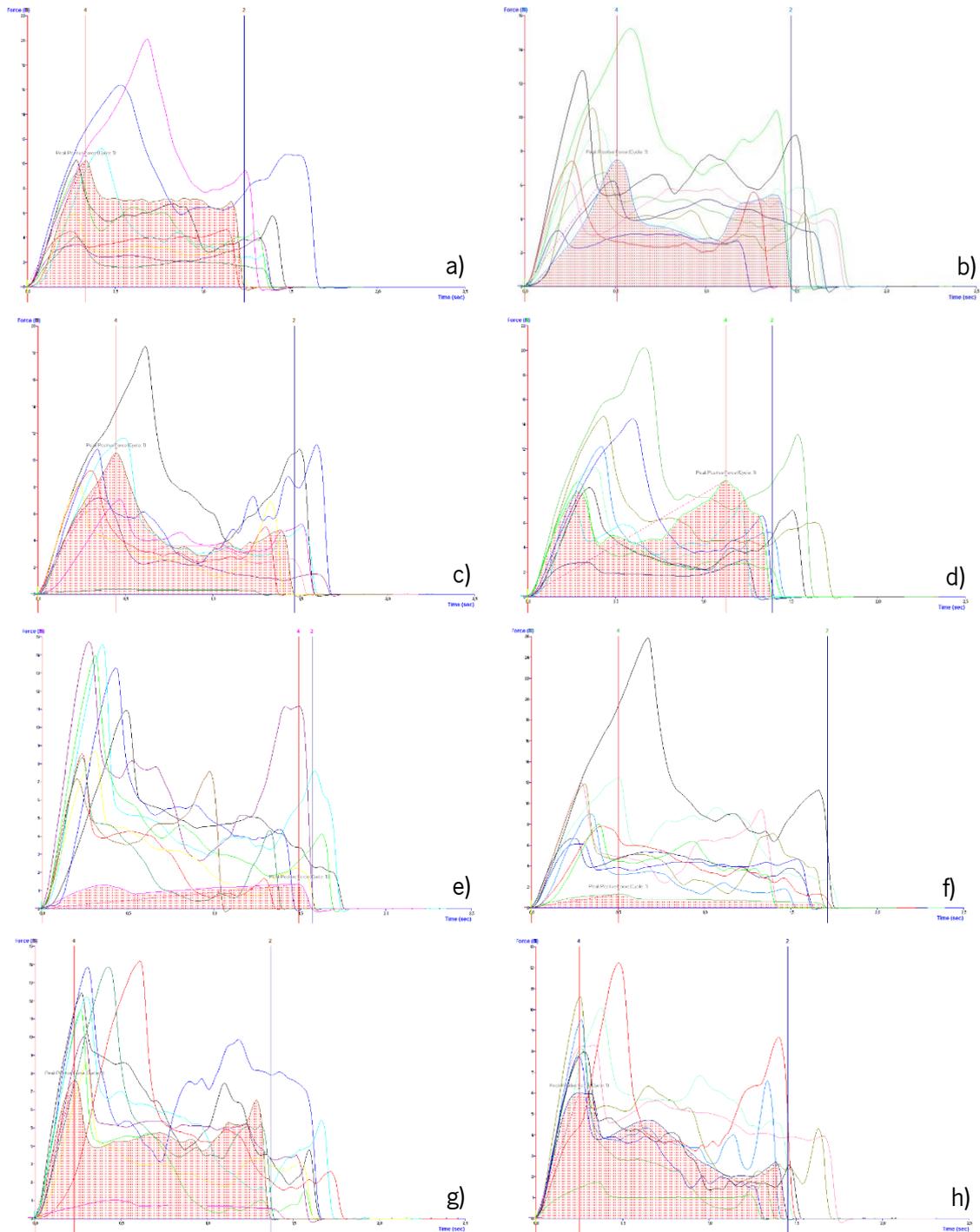
- Ensaio 12

**Em xarope:**



**Figura A2.10.** Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h).

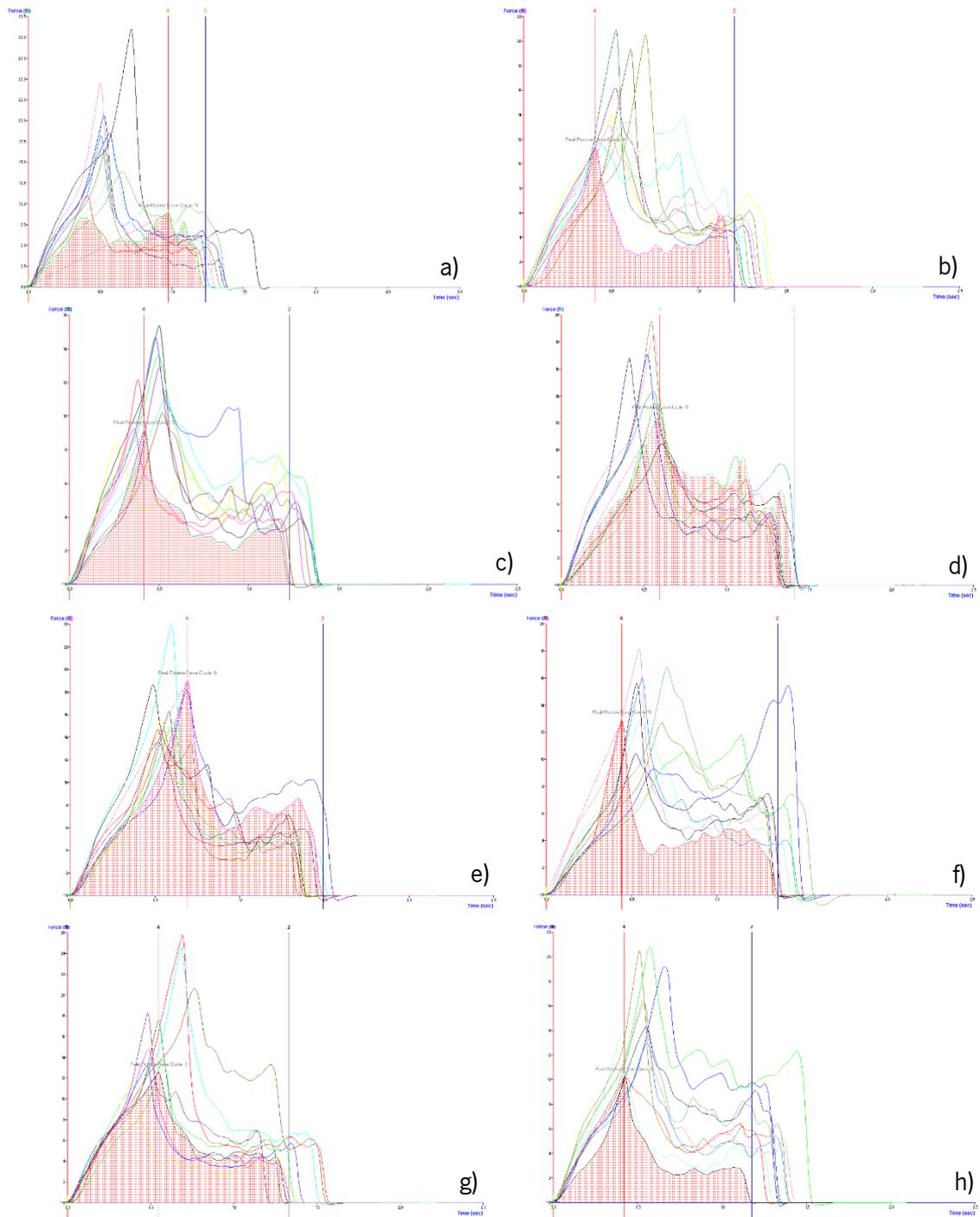
**Em iogurte:**



**Figura A2.11.** Perfis de compressão dos cereais 3 revestidos com a formulação 6, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte.

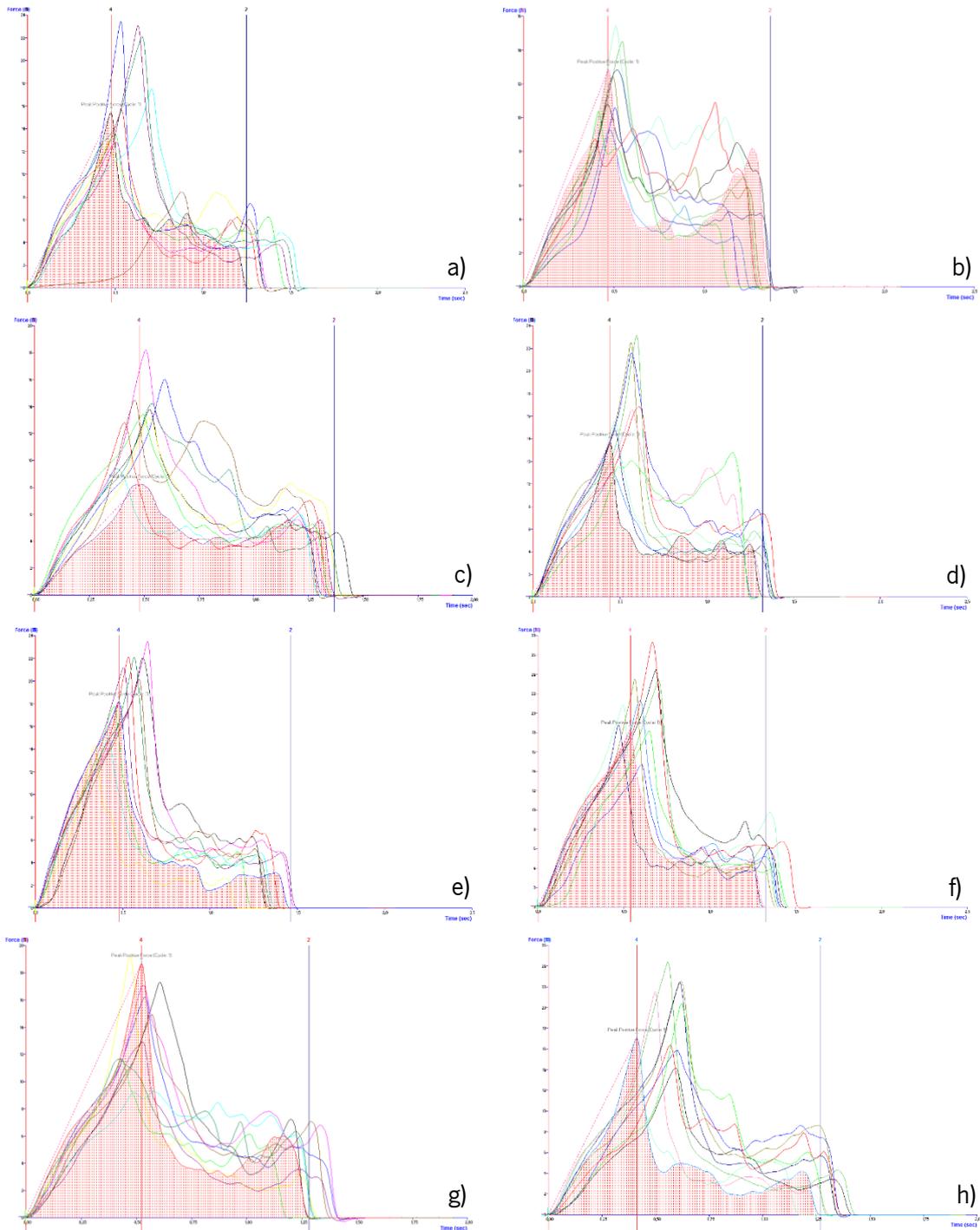
- Ensaio 13

**Em xarope:**



**Figura A2.12.** Perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h).

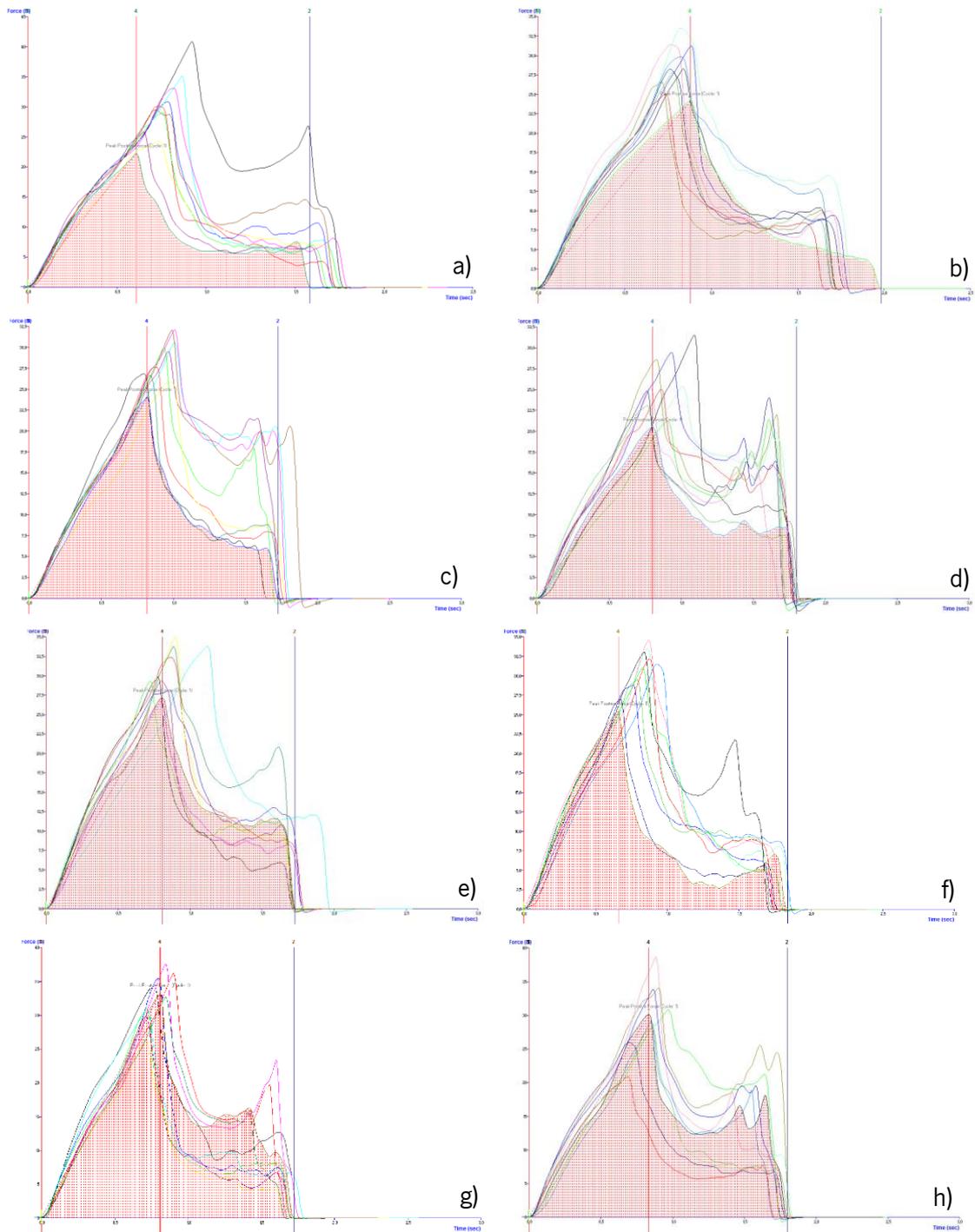
**Em iogurte:**



**Figura A2.13.** Perfis de compressão dos cereais 4 revestidos com a formulação 7, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte.

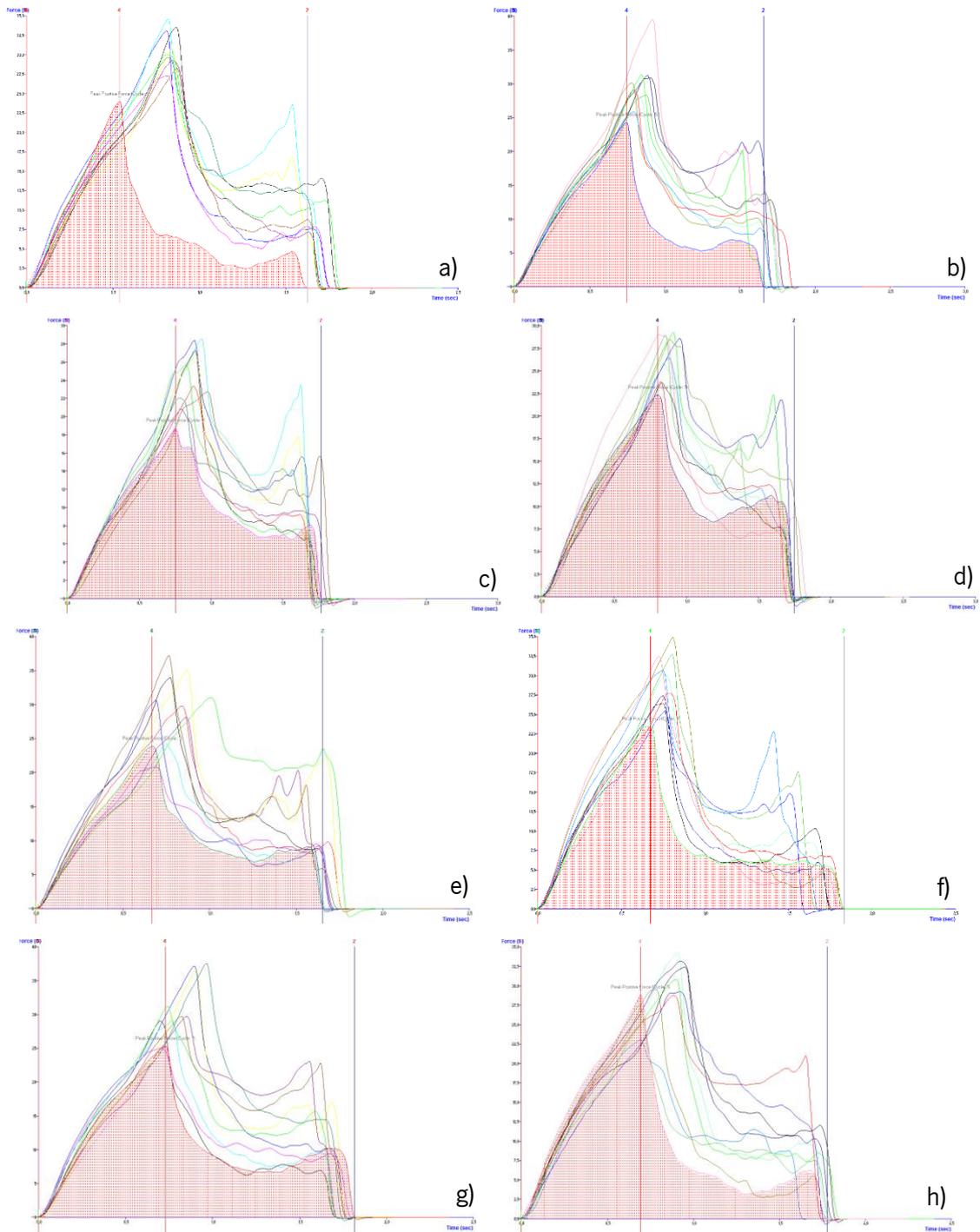
- Ensaio 14

**Em xarope:**



**Figura A2.14.** Perfis de compressão dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 30 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h).

**Em iogurte:**



**Figura A2.15.** Perfis de compressão dos cereais 5 revestidos com a formulação 7, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), aplicados em iogurte.

- Ensaio 15

Em xarope:

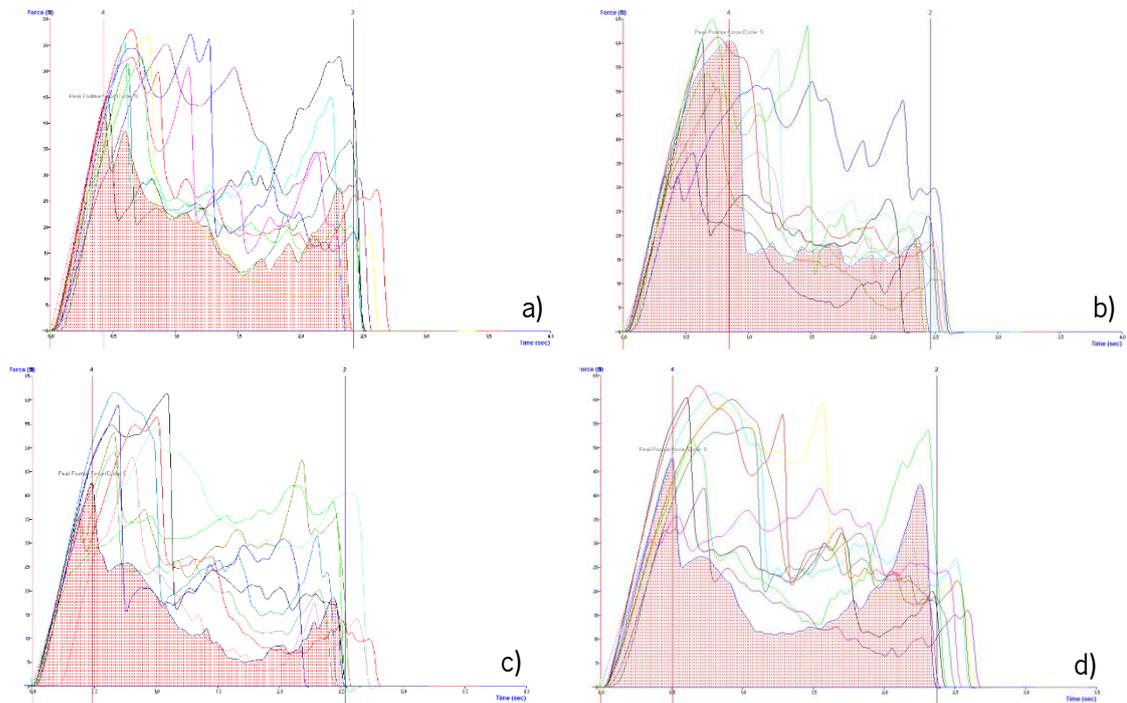
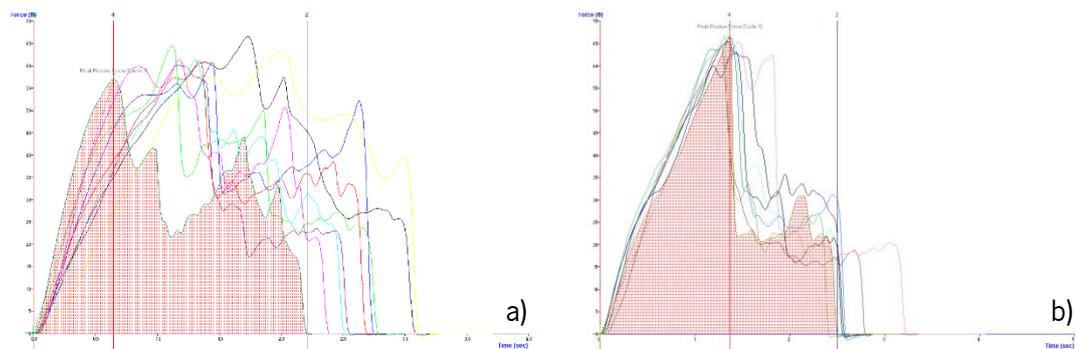
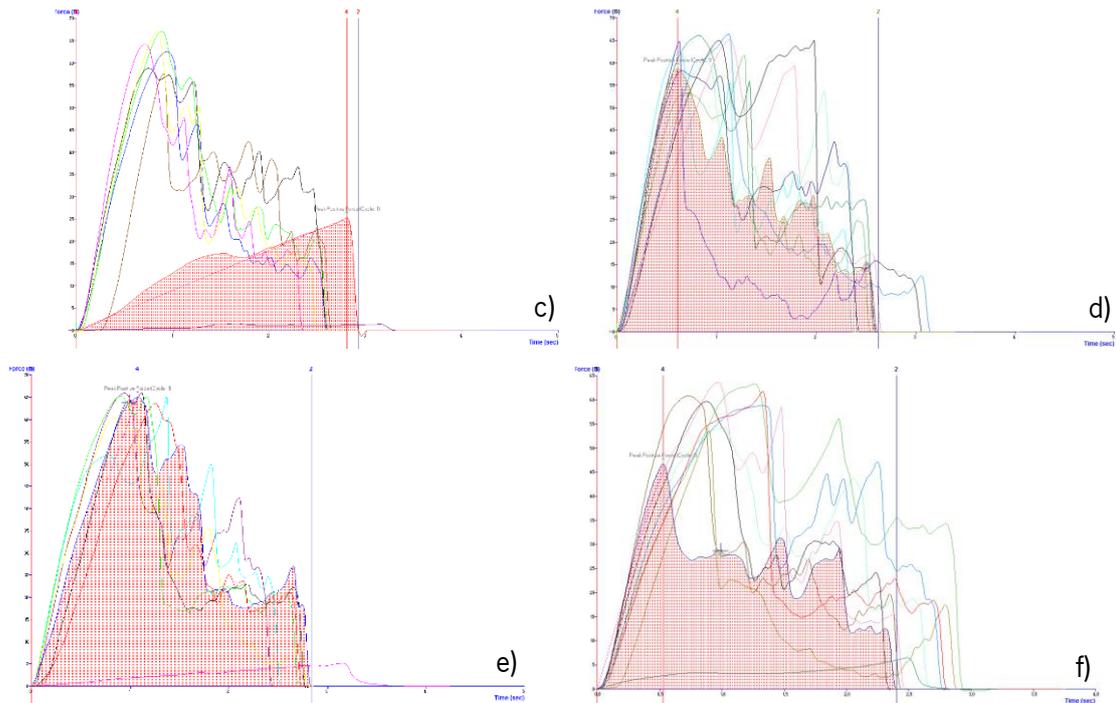


Figura A2.16. Perfis de compressão dos cereais 1 revestidos com a formulação 8, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b) e 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d).

- Ensaio 16

Em xarope:

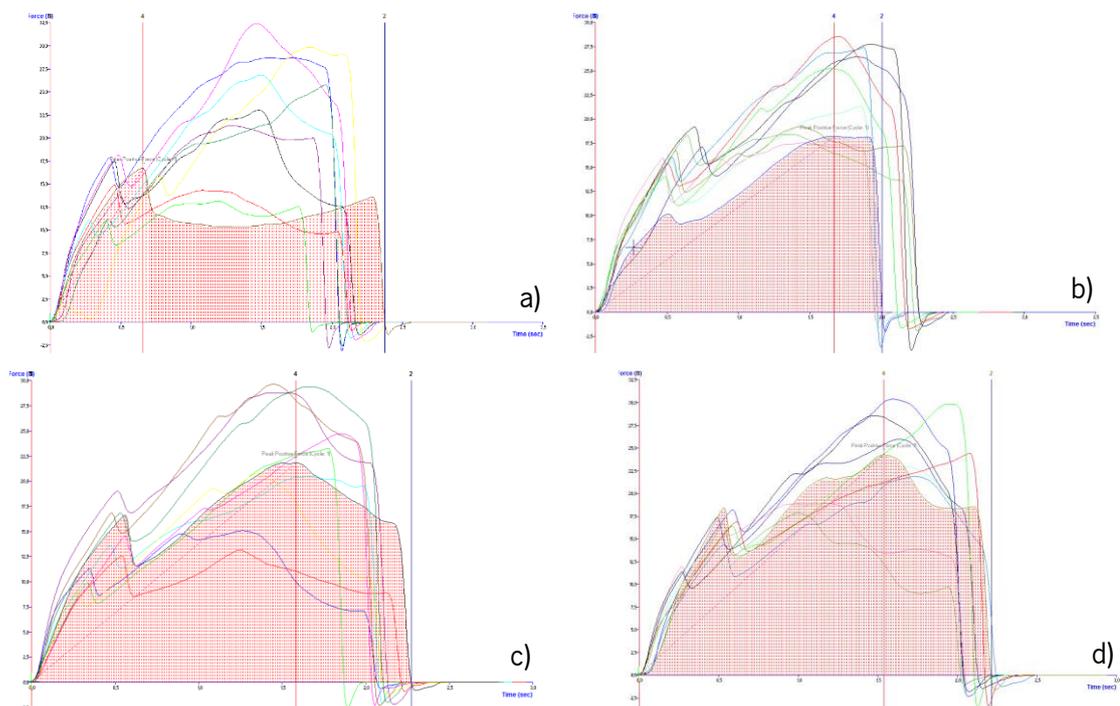


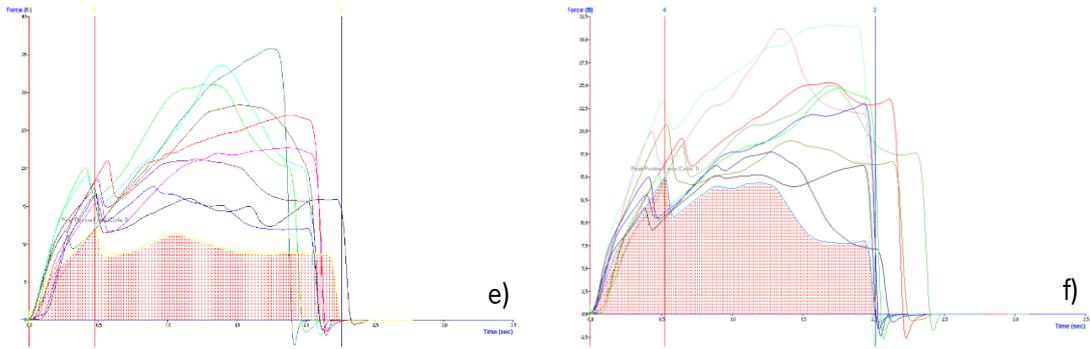


**Figura A2.17.** Perfis de compressão dos cereais 1 e 2 revestidos com a formulação 9, após 1 dia em xarope com um °Brix de 30 (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f).

- Ensaio 17

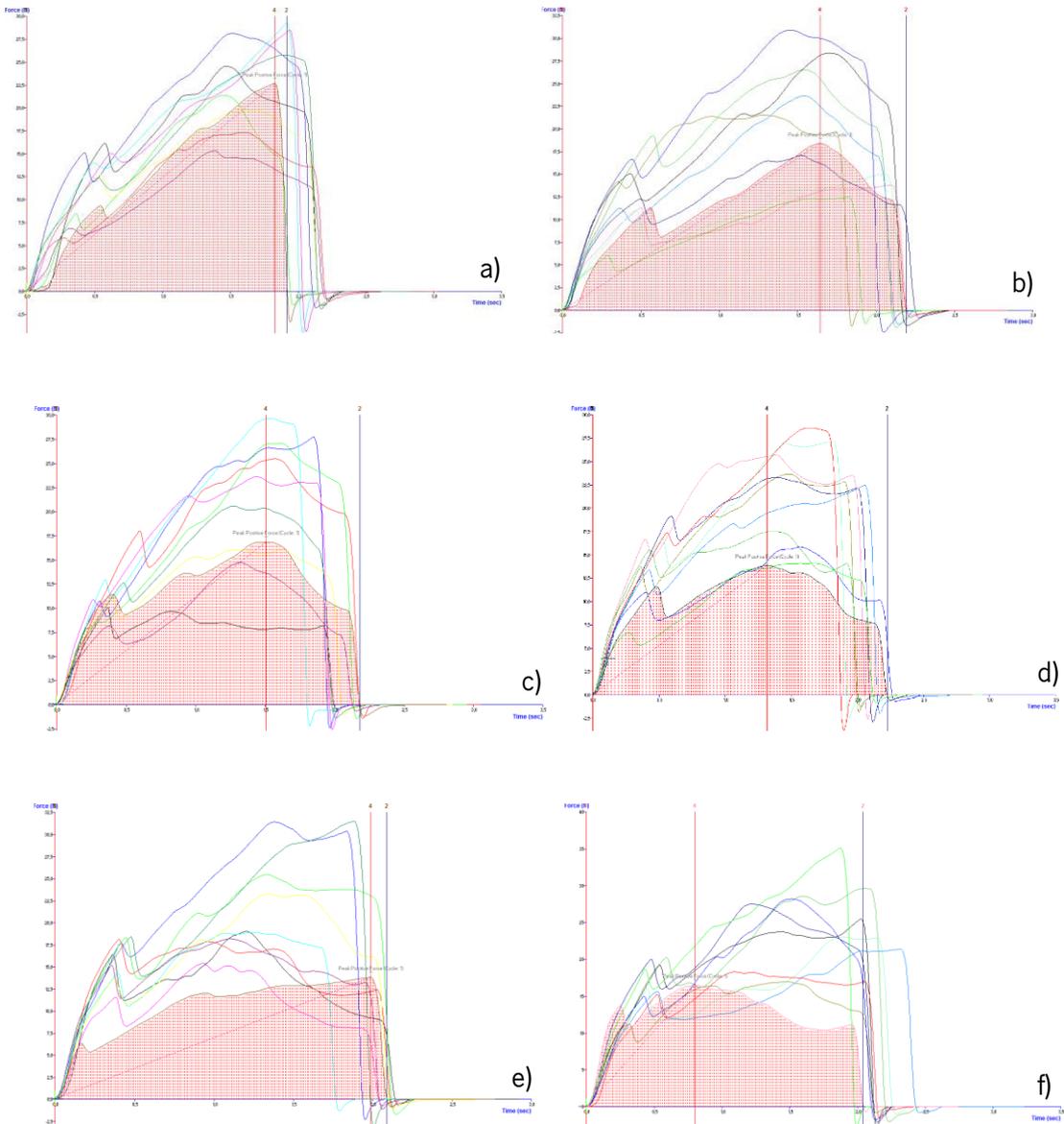
Em xarope:

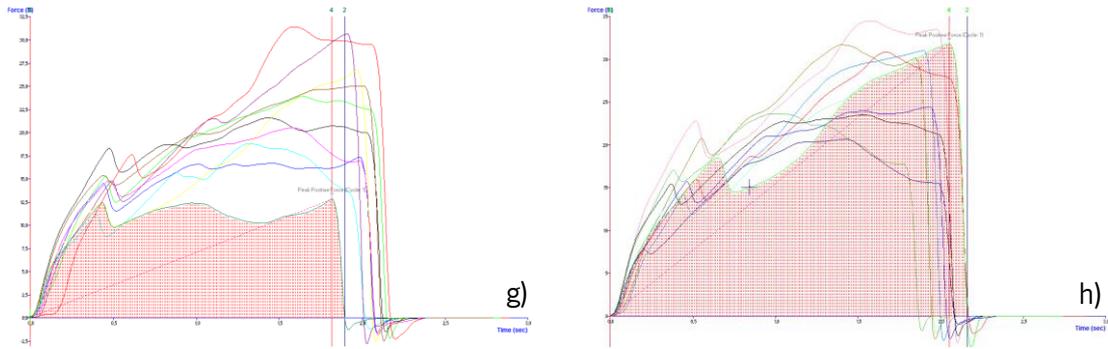




**Figura A2.18.** Perfis de compressão dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope de 30 °Brix (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d) e 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f).

**Em iogurte:**





**Figura A2.19.** Perfis de compressão dos componentes 6 revestidos com a formulação 4, após 1 dia em xarope de 30 °Brix (a) e de 50 °Brix (b), 7 dias em xarope com um °Brix de 30 (c) e de 50 °Brix (d), 15 dias em xarope com um °Brix de 30 (e) e de 50 °Brix (f) e 21 dias em xarope com um °Brix de 30 (g) e de 50 °Brix (h), incorporados em iogurte.

### A3. Espessuras e massas médias dos componentes revestidos dos vários ensaios

**Tabela A3.1.** Valores das espessuras dos componentes sem e com revestimento e massas médias dos componentes sem e com revestimento, para os vários ensaios

Ensaio	Espessuras dos componentes /cm		Massas médias dos componentes /g	
	Sem revestimento	Com revestimento	Sem revestimento	Com revestimento
1	1.02	1.13	0.17	0.48
4	1.15	1.23	0.17	0.50
7	0.53	0.80	0.19	0.27
8	0.54	0.63	0.06	0.10
9	0.38	0.46	0.01	0.04
11	1.02	1.17	0.17	0.46
12	0.54	0.62	0.06	0.09
13	0.49	0.54	0.05	0.07
14	0.60	0.69	0.10	0.15
15	1.02	1.18	0.17	0.47
16	1.02	1.20	0.17	0.51
17	0.4/0.5	0.5/0.9	0.13	0.41