Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Filipa Santos Castro

Biocompósitos de resíduos agroalimentares com odor para o desenvolvimento de novos produtos

Janeiro 2024

Biocompósitos de resíduos agroalimentares com odor para o desenvolvimento de novos produtos

Filipa Santos Castro

UMinho | 2024

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Filipa Santos Castro

Biocompósitos de resíduos agroalimentares com odor para o desenvolvimento de novos produtos

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia do Produto

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Fernando Moura Duarte

janeiro 2024

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-NãoComercial
CC BY-NC

https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação foi um processo desafiante, mas gratificante, que não teria sido possível sem o apoio e a presença de diversas pessoas que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização da mesma.

Em primeiro lugar queria agradecer ao meu orientador, o Professor Doutor Fernando Moura Duarte, pelo interesse em integrar o projeto proposto, pela disponibilidade, empenho, apoio e partilha de conhecimento ao longo de todo o percurso.

Agradeço à minha colega Ana Francisca Costa, por ter embarcado no projeto e ter contribuído para a realização do mesmo, e ao PIEP, pelo seu contributo e disponibilidade.

Saliento ainda um sentido de reconhecimento especial à minha família e amigos, que me apoiaram, acompanharam e incentivaram durante todo este processo, desde o início até ao fim, e por terem acreditado nas minhas capacidades.

Por fim, agradeço à minha maior crítica por todo o apoio e conselhos, que se revelaram essenciais para a conclusão desta dissertação e para o meu crescimento pessoal.

A todos muito obrigada,

Filipa Castro

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

Na atualidade, verifica-se a produção de diversos resíduos agroalimentares provenientes de diversas indústrias. No contexto da economia circular, o reaproveitamento destes resíduos é indispensável, permitindo reduzir o consumo de outras matérias-primas e, simultaneamente, a sua valorização. Uma das alternativas mais viáveis de possibilitar a valorização dos resíduos agroalimentares e transformá-los em matéria-prima, consiste no desenvolvimento de materiais compósitos, resultantes da adição dos resíduos em questão em materiais poliméricos, nomeadamente biopolímeros. Visto que alguns dos resíduos agroalimentares apresentam um odor associado, e sendo o olfato um dos 5 sentidos menos estimulado, surge a oportunidade de desenvolver novos materiais que procuram potenciar o odor dos resíduos incorporados, com o intuito do reconhecimento da sua incorporação por parte dos consumidores.

Na presente dissertação é descrito o processo de desenvolvimento e projeção de duas embalagens distintas, produzidas nos materiais compósitos anteriormente referidos. No processo de desenvolvimento dos materiais compósitos, foi utilizado o biopolímero F38 da Nurel, em combinação com diversas percentagens de resíduos agroalimentares - cascas de laranja e borra de café – e de óleos essenciais – para intensificar a libertação de odor. A fim de se determinar as percentagens de carga e de óleo essencial a utilizar nas misturas, foram efetuados diversos testes - análises térmicas, análises reológicas, análises mecânicas e teste de libertação e permanência de odor - que permitiram concluir que as formulações finais deveriam ter na sua composição 80% de biopolímero e 16% de carga e 4% de óleo essencial. Na segunda etapa do trabalho foram projetadas duas embalagens para produtos relacionados com indústrias associadas à produção de café e laranja. Do processo iterativo, relacionando os produtos a embalar, método produtivo das embalagens e a produção expectável, resultou um protótipo virtual para cápsulas de café da Nespresso e para compotas em bisnaga da Meia.Dúzia. Na terceira e última etapa do trabalho, foram construídos protótipos reais das embalagens, tendo sido o protótipo de café produzido através da tecnologia de fabrico por filamento fundido (FFF), usando filamento comercias com borras de café e PLA, e o protótipo de laranja produzido através da termoformação de folhas dos materiais compósitos desenvolvidos.

Palavras-chave: Resíduos Agroalimentares; Materiais Compósitos; Biopolímeros; Odor; Novos Produtos.

Abstract

Currently, several agrifood wastes are produced from different industries. In the context of the circular economy, the reuse of this waste is indispensable, making it possible to reduce the consumption of other raw materials and, at the same time, their valorization. One of the most viable alternatives to enable the valorization of agrifood waste and transform it into raw material is the development of composite materials, resulting from the addition of the mentioned waste to polymeric materials, especially biopolymers. Given the fact that agri-food waste has an associated odor, and the sense of smell is one of the five least stimulated senses, there is an opportunity to develop new materials that seek to enhance the odor of the incorporated waste, with the aim of consumers recognizing its incorporation.

The present dissertation describes the process of developing and designing two different packages made from the composite materials above mentioned. In the process of developing the composite materials, Nurel's F38 biopolymer was used in combination with different percentages of agri-food waste - orange peels and coffee grounds - and essential oils - to intensify the release of odor. In order to determine the percentages of filler and essential oil to be used in the mixtures, various tests were carried out - thermal analyses, rheological analyses, mechanical analyses and odor release and retention tests - which led to the conclusion that the final formulations should have 80% biopolymer and 16% filler and 4% essential oil. In the second work phase, two packages were designed for products related to industries associated with coffee and orange production. The iterative process, relating the products to be packaged, the packaging production method and the expected production, resulted in a virtual prototype for Nespresso coffee capsules and for Meia.Dúzia tube jams. In the third and final work phase, real packaging prototypes were built. The coffee prototype was produced using fused filament fabrication (FFF) technology, using commercial filament with coffee grounds and PLA, and the orange prototype was produced by thermoforming sheets of the composite materials developed.

Keywords: Agrifood Waste; Composite Materials; Biopolymers; Odor; New Products.

ÍNDICE

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS ii
AGRADECIMENTOS iii
DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE iv
Resumo v
Abstract vi
LISTA DE FIGURAS ix
LISTA DE TABELAS xii
1. INTRODUÇÃO 1
1.1. ENQUADRAMENTO 1
1.2. PROBLEMA 9
1.3. OBJETIVOS 10
1.4. ESTRUTURA 10
PARTE I - MATERIAIS
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 14
2.1. TÉCNICAS DE ENCAPSULAMENTO 15
2.1.1. MICRO-ENCAPSULAMENTO 16
2.1.2. NANO-ENCAPSULAMENTO 18
2.1.2.1. METODOLOGIAS TOP-DOWN 19
2.1.2.2. METODOLOGIAS BOTTOM-UP 20
2.1.3. ENCAPSULAMENTO DE ÓLEOS ESSENCIAIS EM POLÍMEROS 21
2.2. MATERIAIS COMPÓSITOS 23
2.3. RESÍDUOS AGROALIMENTARES 25
3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL, APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS 27
3.1. BIOPOLÍMERO 28
3.2. CARGAS 28
3.2.1. PROCESSAMENTO DOS RESÍDUOS AGROALIMENTARES 28
3.2.1.1. BORRAS DE CAFÉ 29
3.2.1.2. CASCAS DE LARANJA 29
3.3. ÓLEOS ESSENCIAIS 32
3.4. INCORPORAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS NAS CARGAS 34

3.5. ESTABILIDADE TÉRMICA DAS CARGAS E DOS ÓLEOS ESSENCIAIS – TERMOGRAVIMETRIA (TGA) 36
3.6. PREPARAÇÃO DE COMPÓSITOS 40
3.7. MOAGEM DOS COMPÓSITOS 42
3.8. INJEÇÃO DE PROVETES 43
3.9. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS 44
3.9.1. CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA – ÍNDICE DE FLUIDEZ (MFI) 44
3.9.2. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA - ENSAIO DE TRAÇÃO 47
3.9.3. TESTE À LIBERTAÇÃO E PERMANÊNCIA DE ODOR 54
3.10. SELEÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS A UTILIZAR 57
PARTE II - PRODUTOS
4. PRODUTOS 58
4.1. ESTADO DA ARTE 58
4.2. ESBOÇOS DE CONCEITO E SELEÇÃO 63
4.2.1. EMBALAGEM DE CAFÉ 63
4.2.2. EMBALAGEM DE LARANJA 65
4.3. DESENVOLVIMENTO 67
4.3.1. EMBALAGEM DE CAFÉ 67
4.3.2. EMBALAGEM DE LARANJA 71
4.3.3. COMPLEMENTOS DAS EMBALAGENS 74
5. SOLUÇÕES FINAIS 75
6. PROTÓTIPOS 78
6.1. PRODUÇÃO E RECOLHA DE MATÉRIA-PRIMA PARA OS PROTÓTIPOS 79
6.2. PROTOTIPAGEM DA EMBALAGEM DE CAFÉ 80
6.3. PROTOTIPAGEM DA EMBALAGEM DE LARANJA 83
7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS 86
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 88
9. ANEXOS 94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Hierarquia de Gestão de Resíduos, adaptado de [6] 3
Figura 2 – Modelo Económico Tradicional versus Modelo de Economia Circular 4
Figura 3 – Classificação de Polímeros de acordo com a sua degradabilidade, adaptado de [10] 6
Figura 4 – Esquema representativo das fases principais da biodegradação, adaptado de [12] ... 7
Figura 5 – Neurómios Olfativos num ser humano, adaptado de [16] 8
Figura 6 – Relação Produtos-Consumidores 9
Figura 7 – Fluxograma de Trabalho 13
Figura 8 – Resultado do Processamento das Borras de Café 29
Figura 9 – Metodologia 1 30
Figura 10 – Metodologia 2 30
Figura 11 – Metodologia 3 31
Figura 12 – Essência Aromática Café, Essência Aromática Oranger Must BB e Essência Aromática Tangerine Musk, disponível em Granvelada.com 34
Figura 13 – Teste de capacidade de retenção dos óleos por parte das cargas 35
Figura 14 – Gráficos resultantes dos TGA das composições de Café 37
Figura 15 – Gráficos resultantes dos TGA das composições de Laranja 39
Figura 16 – Micro-extrusora duplo fuso (Xplore) co-rotativa 40
Figura 17 – Composições grade de extrusão com diferentes percentagens de carga 41
Figura 18 - Composições grade de injeção com diferentes percentagens de carga 42
Figura 19 – Material extrudido antes e depois da moagem 42
Figura 20 – Dimensões dos provetes, em milímetros 43
Figura 21 – Aspecto dos diferentes provetos injetados 43
Figura 22 – Resultados obtidos do MFI a 160°C 46
Figura 23 – Provetes tracionados com diferentes composições 48
Figura 24 – Módulos secantes e Módulos de Young das diferentes composições 49
Figura 25 – Deformação à rutura das diferentes composições 51
Figura 26 – Tensão máxima das diferentes composições 53
Figura 27 – Discos obtidos por compressão para avaliação do odor de café e de laranja 55
Figura 28 – Packaging Molde de Caixa 61
Figura 29 – Embalagem Expositora 61
Figura 30 – Coffee Capsules Holder 61

Figura 31 – Coffee Pod Holder 61
Figura 32 – Packaging Coffee Capsules 1 61
Figura 33 – Packaging Coffee Capsules 2 61
Figura 34 – Embalagem Singular Retangular 62
Figura 35 – Box Pasta e Azeite 62
Figura 36 – Embalagem Pack de 6 Hexagonal 62
Figura 37 – The True Honey CO 62
Figura 38 – Packaging Design 62
Figura 39 – Clicquot Journey 62
Figura 40 – Cápsula Nespresso Original e Compota Meia.Dúzia, e suas respetivas embalagens 63
Figura 41 – Conceitos para Embalagem de Café 64
Figura 42 – Conceitos para Embalagem de Laranja 66
Figura 43 – Esboço Final da Embalagem de Café 67
Figura 44 – Dimensões da Cápsula Original e da Cápsula Vertuo da Nespresso, em milímetros 68
Figura 45 – Primeira versão da Embalagem de Café 68
Figura 46 – Segunda versão da Embalagem de Café 69
Figura 47 – Terceira e Última versão da Embalagem de Café 70
Figura 48 – Tampa, Suporte de Cápsulas, Peça Central e Base da Embalagem de Café Final 71
Figura 49 – Esboço Final da Embalagem de Laranja 71
Figura 50 – Dimensões da Bisnaga da Meia.Dúzia, em milímetros 72
Figura 51 – Primeira versão da Embalagem de Laranja 73
Figura 52 – Segunda e Última versão da Embalagem de Laranja 73
Figura 53 – Embalagem mais manga de Café e Embalagem mais manga de Laranja 74
Figura 54 – Embalagem Final de Café e Embalagem Final de Laranja 76
Figura 55 – Vista Explodida da Embalagem de Café sem a manga 77
Figura 56 - Vista Explodida da Embalagem de Laranja sem a manga 78
Figura 57 – Placa com grânulos e Exemplo de Folha 80
Figura 58 – Suportes das Cápsulas Original versus Suporte das Cápsulas Modificado da Embalagem de Café 81
Figura 59 – Modelos da Embalagem de Café impressos em FFF 81
Figura 60 – Tampa da Embalagem de Café pintada 82

Figura 61 – Protótipo da Embalagem de Café 82
Figura 62 – Peça Original versus Peça Modificada da Embalagem de Laranja..... 83
Figura 63 – Modelo 3D e Molde Final em madeira da Embalagem de Laranja 84
Figura 64 – Folha de Laranja e de Café Termoformadas 84
Figura 65 – Peças da Embalagem de Laranja, folha de laranja e folha de café respetivamente. 85
Figura 66 – Protótipo da Embalagem de Laranja..... 85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Artigos referentes à incorporação de óleos essenciais em polímeros 21
Tabela 2 - Artigos referentes à incorporação de resíduos alimentares em polímeros 24
Tabela 3 – Propriedades relevantes do polímero F28 gama Inzia, Nurel 28
Tabela 4 – Classificações das Metodologias de Processamento das Cascas de Laranja 31
Tabela 5 - Lista de Óleos Essenciais e/ou Fragrâncias de Café disponíveis em Gran Velada 33
Tabela 6 – Lista de Óleos Essenciais e/ou Fragrâncias de Laranja disponíveis em Gran Velada 33
Tabela 7 – Valores MFI do F38 44
Tabela 8 – Valores médios obtidos nos testes de libertação de odor ao longo de 8 semanas 56
Tabela 9 – Ações e estratégias de empresas globais para embalagens sustentáveis [60] 59

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação do plano de estudos do Mestrado em Engenharia do Produto, da Universidade do Minho, no ano letivo de 2022/2023. No contexto desta Unidade Curricular, era expectado que os alunos obtivessem um produto como conclusão do trabalho realizado. Assim, este documento incidirá sobre as soluções encontradas para o problema proposto, tendo em conta o conhecimento e as ferramentas disponíveis. Neste primeiro capítulo apresenta-se o enquadramento do trabalho, enuncia-se o problema a resolver, descreve-se os objetivos do trabalho realizado e delineia-se ainda a estrutura do restante documento.

1.1. ENQUADRAMENTO

Na atualidade, verifica-se a produção de diversos resíduos agroalimentares provenientes de diversas indústrias. A globalização, as políticas de comércio livre e o aumento das exigências de consumo impostas pelos governos e pelos consumidores, geraram os seus próprios impactos e influências no sector agroalimentar. A cadeia global de abastecimento alimentar expandiu-se tremendamente, contribuindo para o aumento das alterações climáticas, da exploração não sustentável dos recursos naturais, da produção anual de alimentos inconstante, do crescente desperdício e/ou perda alimentar e da geração de resíduos e/ou subprodutos [1]. O desperdício alimentar e os resíduos agroalimentares são dois conceitos distintos que necessitam de ser nitidamente diferenciados. Segundo a Food and Agriculture Organization-on of the United Nations – FAO -, o desperdício alimentar é considerado como uma diminuição da massa e do valor nutricional de um alimento, originalmente destinado para o consumo humano. Falhas a nível de infraestruturas, de práticas de manuseamento pós-colheita, de transporte, de abastecimento, de tecnologia e de armazenamento são alguns dos fatores que podem contribuir para o desperdício alimentar. Por outro lado, os resíduos agroalimentares traduzem-se nos alimentos não próprios para o consumo humano e biomassa – não comestível -, geralmente gerados após os processos industriais ao quais os alimentos estão sujeitos. Nestes, incluem-se resíduos de frutas e legumes, como sementes, folhas, caules, cascas, polpa, etc., e do processamento de cereais, carne, lacticínios e bebidas [1]. Mundialmente são gerados cerca de 5 mil milhões de toneladas de resíduos agroalimentares por ano [2]. Na União Europeia – UE - por si só, são gerados anualmente cerca de 1,5 mil milhões de toneladas de resíduos, das quais 700 milhões de toneladas são

diretamente provenientes apenas da indústria agrícola [3]. Para além disto, quase 45% dos produtos alimentares produzidos na EU são desperdiçados ou perdidos ao longo de toda a cadeia de abastecimento. De acordo com a FAO, na UE os desperdícios e resíduos agroalimentares distribuem-se por: cereais ~ 30%; frutas e vegetais ~ 40% a 50%; oleaginosas, carne e lacticínios ~ 20%; indústria do peixe ~ 35% [4]. Com o aumento da população, prevê-se um aumento da produção agroalimentar em dois terços até 2050, acompanhado por um consequente aumento do volume de resíduos agroalimentares [3].

Os resíduos agroalimentares, devido a sua natureza, apresentam-se biodegradáveis. A biodegradação pode ser definida como a degradação de um material orgânico pela ação enzimática de microrganismos, como bactérias e fungos, sem a intervenção humana. Estes resíduos podem ser igualmente sujeitos à compostagem, que se traduz num processo de decomposição controlado e induzido pela mão humana [5]. Ambas as metodologias permitem que a matéria obtida seja utilizada como adubo natural – não químico – para a agricultura e jardinagem, isto é, que seja aproveitada. Contudo, atualmente, uma grande percentagem destes resíduos é descartada de forma imediata para eliminação quer em aterro, quer por incineração, o que leva à perda de valor económico [3]. Ambas soluções se revelam opções mais fáceis, mas menos dispendiosas. Deste modo, a eliminação final dos resíduos agroalimentares (seja esta a incineração, a compostagem, a reciclagem, a valorização energética, etc.) revela-se um grande desafio para as indústrias, devido ao impacto ambiental negativo que os diversos processos de eliminação geram. Sendo assim, as indústrias necessitam de avaliar os seus impactos e analisar quais serão os melhores processos de descarte, de forma a serem-lhes proporcionados menores impactos ambientais, mesmo que isto implique a criação de novas soluções de descarte. Uma valorização eficaz dos resíduos agroalimentares pode contribuir significativamente para a segurança alimentar, garantindo a sustentabilidade ao longo de toda a cadeia de produção e abastecimento alimentar, promovendo um cenário economicamente e moralmente (no que toca à imagem do negócio) mais positivo [1]. Para que tal seja possível, deve ter-se em consideração a gestão de resíduos. Os resíduos podem ser geridos de acordo com uma hierarquia de soluções distintas, apresentada na Figura 1: prevenção de resíduos; a reutilização; reciclagem; recuperação de energia; e por fim a deposição em aterro [6].



Figura 1 – Hierarquia de Gestão de Resíduos, adaptado de [6]

Esta hierarquia define as prioridades em termos de ação, de políticas e de legislação de resíduos, sendo que as operações nas quais se processam as atividades devem decorrer em instalações adequadas que asseguram um nível elevado de proteção do ambiente e da saúde pública, preferencialmente em território nacional e próximas do local de produção dos resíduos. A prevenção de resíduos compreende as medidas implementadas pelas indústrias para que seja gerada uma menor quantidade de resíduos, o que pode resultar numa adoção de novas metodologias de trabalho mais sustentáveis [1]. No que toca à reutilização e à reciclagem dos resíduos agroalimentares, as indústrias deparam-se com uma maior dificuldade, visto não encontrarem soluções para tal. Porém, com a implementação de soluções deste tipo, prevê-se um sistema ecologicamente consciente com base nos conceitos de "geração zero de resíduos" e "economia circular" para uma valorização eficaz dos resíduos agroalimentares e subprodutos industriais alimentares.

A economia circular é uma economia inspirada na natureza onde, num ciclo virtuoso, os bens de hoje são os recursos de amanhã, promovendo a prosperidade num mundo de recursos finitos, com impacto positivo para o meio ambiente. Esta contrasta com o modelo tradicional, o modelo económico linear, baseado no princípio de “produção – utilização – descarte”, que exige vastas quantidades de matérias-primas, recursos e muita energia, para que se possa atender às necessidades de consumo da população. A economia circular encerra o ciclo de extração de materiais e recursos, o que gera, consequentemente, uma reorganização dos sistemas de produção em que todas as etapas das cadeias de valor são planeadas, sem necessidade de

descartar diretamente os resíduos, mas em vez disso tornam-se os recursos para outros meios [7]. Desta forma, a economia circular é um modelo de produção e de consumo baseado no princípio da "Redução, Reutilização, Recuperação e Reciclagem" dos produtos, materiais e recursos. Isto traduz-se em reduzir o desperdício ao mínimo, permitindo fazer uma melhor gestão dos recursos do planeta e desenvolver novos produtos e serviços, economicamente mais viáveis e ecologicamente mais eficientes - quando um produto chega ao fim do seu ciclo de vida, os seus materiais são mantidos dentro da economia sempre que possível, podendo ser utilizados uma e outra vez, criando assim mais valor. A Figura 2 apresenta o contraste entre o modelo tradicional económico - linear - e a economia circular [8].



Figura 2 – Modelo Económico Tradicional versus Modelo de Economia Circular, adaptado de https://www.raizen.com.br/blog/economia-circular

A adoção desta economia apresenta algumas vantagens, nomeadamente: a evidente diminuição do desperdício; a mitigação da poluição; a redução dos custos (dependendo dos processos adotados); a estimulação da inovação e da melhoria dos produtos e dos processos; a potencialização da reciclagem; a promoção do bem-estar e clima organizacional; a valorização das

organizações; a disponibilização aos consumidores de produtos com um ciclo de vida mais longo; e a promoção duma produção e consumo sustentáveis [8].

Relativamente aos resíduos agroalimentares e à sua inclusão na economia circular, torna-se empírico o reaproveitamento destes. Uma das alternativas mais viáveis de possibilitar a valorização dos resíduos agroalimentares e transformá-los em matéria-prima, consiste na sua transformação em aditivos para o desenvolvimento de materiais compósitos, resultantes então da adição dos resíduos em questão em materiais poliméricos. A possibilidade de adição de diversos tipos de ativos a bases poliméricas, viabiliza esta alternativa. Os materiais compósitos apresentam-se diferentes dos materiais convencionais, dado que estes materiais são definidos como a mistura, não solúvel, de dois ou mais constituintes com composições, estruturas e propriedades distintas que se unem num só material, a fim de produzir um material com propriedades superiores às dos materiais isolados, sendo que a combinação dos materiais constituintes é decidida a partir da aplicação específica que se pretende dar ao material compósito [9].

A definição geral para o conceito de biopolímeros refere-se a um material polimérico que cumpre pelo menos uma das seguintes propriedades, nomeadamente, ser constituído (parcialmente) por matérias-primas de fonte renovável e/ou ser biodegradável [10]. Desta forma, os biopolímeros podem ser distribuídos em três diferentes grupos: biopolímeros de origem fóssil degradáveis; biopolímeros de origem natural (parcialmente) degradáveis e biopolímeros de origem natural não degradáveis. Assim, nem todos os biopolímeros têm origem em recursos renováveis. Os polímeros de origem petrolífera que são degradáveis são considerados biopolímeros, assim como materiais de origem natural não degradáveis [11, 12]. Na Figura 3 encontra-se representada a classificação dos diferentes materiais, incluindo biopolímeros de fontes renováveis, que podem ou não ser biodegradáveis e os biopolímeros sintéticos de origem não renovável. As fontes renováveis são conhecidas por possuírem um ciclo de vida mais curto comparado com fontes fósseis, como o petróleo, o qual leva milhares de anos para se formar [10].

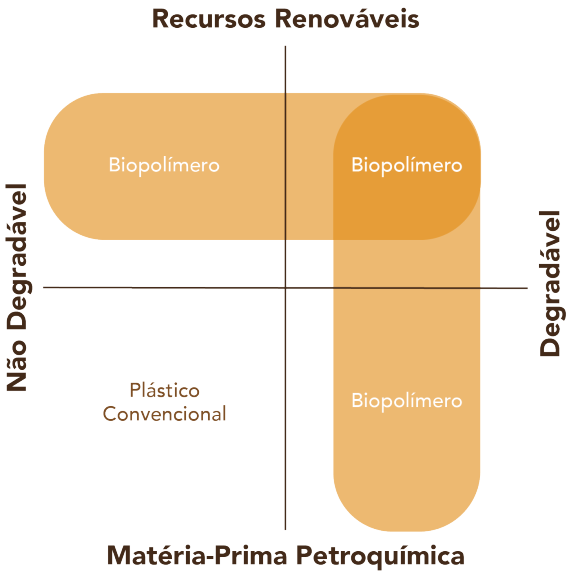


Figura 3 – Classificação de Polímeros de acordo com a sua origem e degradabilidade, adaptado de [10]

Um material é biodegradável quando se degrada, naturalmente, transformando-se em substâncias não prejudiciais, por ação de microrganismos nomeadamente bactérias, fungos ou enzimas [10]. A degradabilidade em materiais biopoliméricos é influenciada apenas pela microestrutura química e física do polímero, e não pela origem das matérias-primas utilizadas, nem pelo processo aplicado para a sua produção. O processo de biodegradação ocorre sob condições particulares, como temperatura, humidade, pH e a presença ou ausência de oxigénio, que afetam diretamente a atividade microbiana. A área superficial, massa molar e cristalinidade do polímero são fatores que também interferem na degradação do material [12, 14]. Desta forma, a biodegradação pode ser dividida em três etapas, inicia-se quando o composto altera várias propriedades, como características mecânicas, aparência ótica (estrutura da superfície, cor, entre outras), aparecimento de odores ou aumento da permeabilidade. A segunda etapa inclui a quebra de polímeros em oligómeros e monómeros [14]. Por fim, na última etapa, os materiais transformam-se em moléculas de menor dimensão (água, dióxido de carbono e biomassa) por ação de organismos aeróbicos ou anaeróbicos como é esquematizado na Figura 4. A compostagem é um exemplo de um processo de biodegradação, em que, o que resulta da decomposição biológica de polímeros biodegradáveis, para além do dióxido de carbono, água, biomassa e compostos minerais, é uma substância semelhante ao húmus, denominada de composto [10]. O composto é matéria orgânica atóxica que poderá ser utilizada como adubo, podendo substituir os fertilizantes convencionais. Este processo também é referido como

biodegradação aeróbica. Desta forma, para que um bioplástico seja compostável, a matéria orgânica gerada no processo de compostagem deve ser inofensiva para o ecossistema [12, 15].

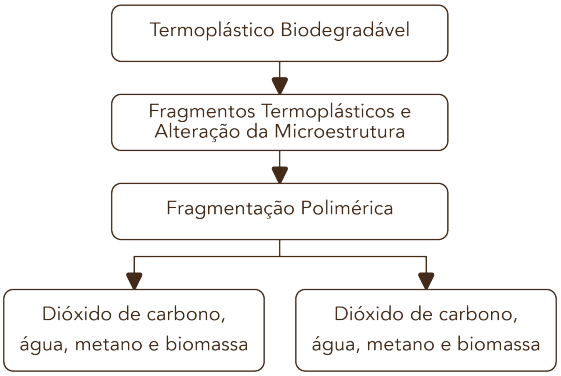


Figura 4 – Esquema representativo das fases principais da biodegradação, adaptado de [12]

Posto isto, e no sentido de mitigar o impacto ambiental no fim de vida dos compósitos com resíduos agroalimentares, revela-se natural e intuitiva a utilização de biopolímeros na adição para o material compósito a estudar. A criação de novos produtos compostos por este novo material a estudar, validará a criação do mesmo e demonstrará a sua usabilidade/aplicação. Aquando da criação de um novo produto, a funcionalidade é o principal propósito. Porém, deve-se ter também em consideração a relação que o produto terá com o utilizador: a sua forma, a sua textura, a sua cor, a sua usabilidade, etc. Com a observação de diversos produtos verifica-se, de um modo geral, que eles estimulam diversos sentidos do utilizador, principalmente a visão, o tato e a audição, e que o olfato e o paladar são os sentidos menos estimulados – intimamente relacionados, o paladar implica a ingestão ou pelo menos a colocação de um objeto na boca –, excetuando produtos em que o seu propósito é transmitir um odor aos utilizadores, como por exemplo os perfumes e ambientadores.

O olfato é o sentido utilizado pelos animais para diversas funções essenciais, como detetar comida, localizar outros animais e abrigo, encontrar um parceiro e é até mesmo utilizado como parte fundamental da memória. A estruturas de deteção de odores variam de espécie para espécie, mas em todas elas estas estruturas encontram-se diretamente conectadas ao cérebro, o que permite um rápido processamento do odor e da respetiva resposta a este. Nomeadamente nos seres humanos, os odores são detetados pela sua presença no ar, o que implica a volatilidade das moléculas e significa que a quantidade de moléculas vai se traduzir na intensidade do odor. Ao

contrário do que é comummente referido, os seres humanos não cheiram com o nariz, apesar de ser possível inalar através das narinas os odores, estes são apenas detetados nos nossos neurónios olfativos – suspensos na base do nosso crânio, mais ou menos ao nível dos olhos e diretamente conectados ao cérebro ilustrados na Figura 5 [16].

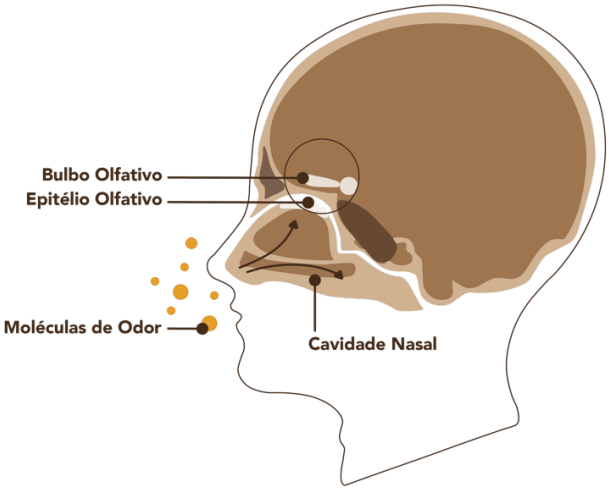


Figura 5 – Neurónios Olfativos num ser humano, adaptado de [16]

Apesar de o olfato se relacionar com os odores, este é crucial para o paladar e encontra-se intimamente ligado a este. Quando se ingere algo, para nós desagradável, temos a tendência de apertar o nariz com as mãos e fechar a boca pois, desta forma, não degustamos tal sabor, uma vez que impedimos que as moléculas alcancem os neurónios olfativos. O nosso paladar é responsável pela perceção de sabores salgados, doces, azedos, amargos, gordurosos, picantes e metálicos. Contudo, o nosso olfato é o responsável pela distinção e reconhecimento dos sabores específicos – por exemplo, dentro do doce se é uma pipoca ou uma bolacha [16]. Como referido anteriormente, o olfato é utilizado como parte fundamental da memória. Posto isto, existe a chamada memória olfativa, visto que o olfato é o sentido que mais desperta memórias emocionais tendo em conta a proximidade entre o centro de processamento de odores e as regiões que controlam emoções e memórias no cérebro. Além do mais, o olfato permite ainda identificar situações de perigo, como fumo/incêndios, alimentos estragados, etc. [16-18]. O olfato é, todavia, o mais esquecido e negligenciado aquando da criação de novos produtos, mesmo que respirar e consequentemente cheirar seja um ato fisiológico obrigatório, e não opcional.

Assim, surge a ideia de incluir a estimulação do olfato na criação de produtos para a valorização de resíduos agroalimentares. Visto que os resíduos agroalimentares apresentarem o odor dos alimentos dos quais provem, consegue-se facilmente associar o odor do resíduo ao

material, o que implica um processo de testagem para que se possa entender como imputar o odor ao material e de que forma será o odor libertado ao longo do tempo para que se possa atingir o objetivo esperado. De uma outra forma, a criação deste material aplicado a produtos procura potenciar o odor, para além do aspeto, dos resíduos agroalimentares incorporados, tendo como objetivo o reconhecimento da utilização dos mesmos por parte dos consumidores e dos *stakeholders*. Pois se estes conseguirem olhar para um produto e reconhecer a cor, a forma, o aspeto, tocar no produto e reconhecer a textura, e reconhecer o odor que o produto emana, mais facilmente percebe que foram aproveitados resíduos agroalimentares para a criação e produção do produto e mais facilmente cria relações emocionais com o mesmo. A Figura 6 apresenta um esquema da relação pretendida entre os produtos a criar e os consumidores.

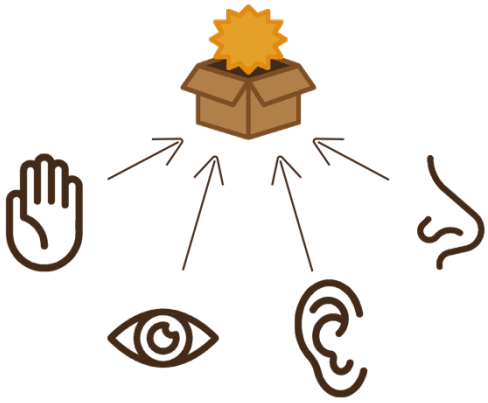


Figura 6 – Relação Produtos-Consumidores

Para além da oportunidade de criação de novas matérias-primas e de novos produtos, todo o processo pode vir a proporcionar oportunidades de criação de novos negócios. O conceito pode revelar-se benéfico para empresas que, deste modo, passem a adotar uma economia mais circular e reaproveitem os seus resíduos, passando estes a serem apelidados de matéria-prima.

1.2. PROBLEMA

Na EU são gerados anualmente cerca de 1,5 mil milhões de toneladas de resíduos, das quais 700 milhões de toneladas são diretamente provenientes apenas da indústria agrícola. Apesar de os valores atuais já se apresentarem elevados e de grande preocupação, prevê-se que estes aumentem em cerca de 40% nos próximos quatro anos. A gestão de resíduos revela-se

fundamental para esta problemática, nomeadamente em países industrializados. A gestão destes resíduos normalmente termina com a deposição dos mesmos em aterro ou com a sua incineração, o que provoca graves impactos ambientais. Contudo, verifica-se o desenvolvimento de diversas técnicas a fim de contornar o descarte fácil, mas prejudicial dos resíduos agroalimentares, que priorizam os princípios da "Redução, Reutilização, Recuperação e Reciclagem", incluindo: embalagens ativas ou inteligentes; películas e revestimentos comestíveis; componentes bioativos para aplicação na indústria alimentar e no setor da saúde; pigmentos; compostos de sabor, proteínas, óleos essenciais, enzimas e fibras alimentares; etc. [19]. Tendo em conta o potencial da valorização dos resíduos agroalimentares, compra-se e incentiva-se a procura por novas soluções de desenvolvimento sustentável para minimizar os problemas ambientais.

1.3. OBJETIVOS

Tendo em conta o enquadramento da dissertação aqui apresentada, esta terá em conta dois principais objetivos.

O primeiro objetivo consiste no estudo de cariz exploratório e na avaliação do potencial da incorporação de resíduos agroalimentares com óleos essenciais, em biopolimeros, que permitirá compreender de que forma será o odor imputado às cargas do material, como decorrerá a libertação do odor aplicado ao longo do tempo e em que tipo de tecnologias de fabrico poderá ser o material aplicado sem que este se desintegrar.

O segundo objetivo consiste na criação de novos produtos relacionados quer às indústrias dos quais os resíduos agroalimentares são oriundos, quer a áreas que comercializem bens ou produtos associados aos odores em estudo, de forma a valorizar e enfatizar o recurso a resíduos agroalimentares na estrutura dos mesmos. Pretende-se ainda incentivar a criação de produtos sustentáveis baseados numa economia circular através da valorização de resíduos com a (re)inserção dos mesmo no ciclo de vida dos produtos. Por fim, a abertura de novos caminhos para a criação de novas oportunidades de negócio.

1.4. ESTRUTURA

A presente dissertação divide-se em quatro segmentos: "Introdução"; "Parte I – Materiais"; "Parte II – Produtos"; e "Conclusões e Trabalhos Futuros".

O segmento “Introdução” expõe o enquadramento, os objetivos e a estrutura da presente dissertação.

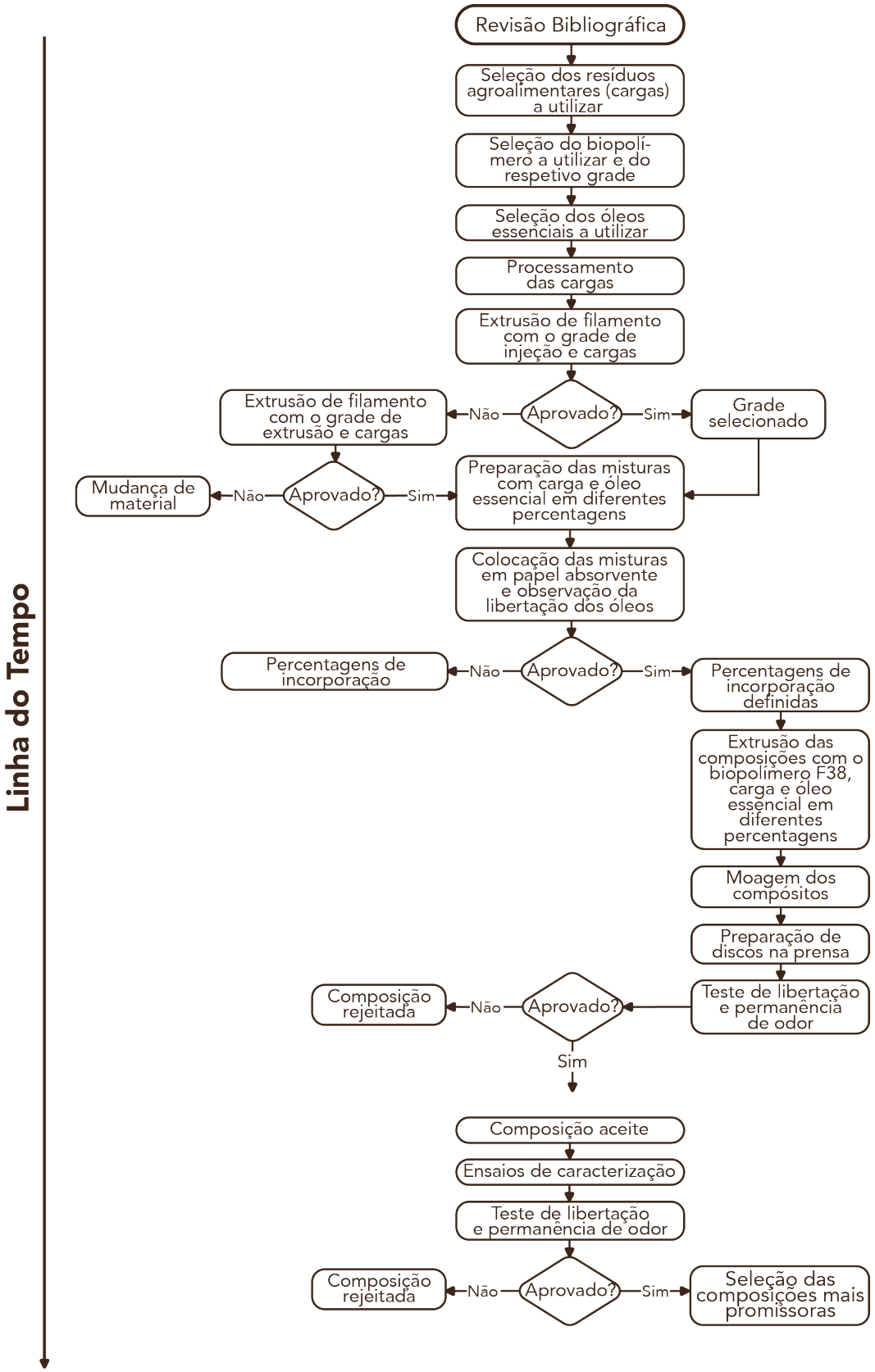
A secção “Parte I – Materiais” engloba os capítulos da “Revisão Bibliográfica” e do “Procedimento Experimental, Apresentação e Discussão de Resultados”, e os seus respetivos subcapítulos. A “Revisão Bibliográfica” consiste no agrupamento e síntese da informação resultante da pesquisa do conhecimento científico existente relativo à criação de materiais compósitos com a adição de cargas acopladas a óleos essenciais. Este engloba ainda informação recolhida relativa aos resíduos agroalimentares em estudo. Relativamente à divisão enunciada de “Procedimento Experimental, Apresentação e Discussão de Resultados”, nesta encontram-se descritos os processos de seleção necessários para a criação do material, assim como todos os testes e processos indispensáveis para a criação do mesmo.

O segmento “Parte II – Produtos” engloba os capítulos “Produtos”, “Soluções Finais” e “Protótipos”. A parte referente aos “Produtos”, consiste na caracterização do processo criativo das soluções desenvolvidas. O capítulo das “Soluções Finais” apresenta com detalhe, tal como o nome indica, as soluções finais resultantes da dissertação em questão. A parte dos “Protótipos”, descreve o processo de realização dos mesmos.

Por fim, o último segmento, “Conclusões e Trabalhos Futuros”, enuncia, tal como o nome indica, as conclusões retiradas com o desenvolvimento do trabalho descrito neste documento assim como algumas sugestões para futuras potenciais pesquisas.

A Figura 7 descreve a metodologia de trabalho utilizada na presente dissertação, sendo esta dividida em duas partes como anteriormente referido – “Material” e “Produtos” –, tendo estas decorrido em paralelo uma da outra.

Parte I - Materiais



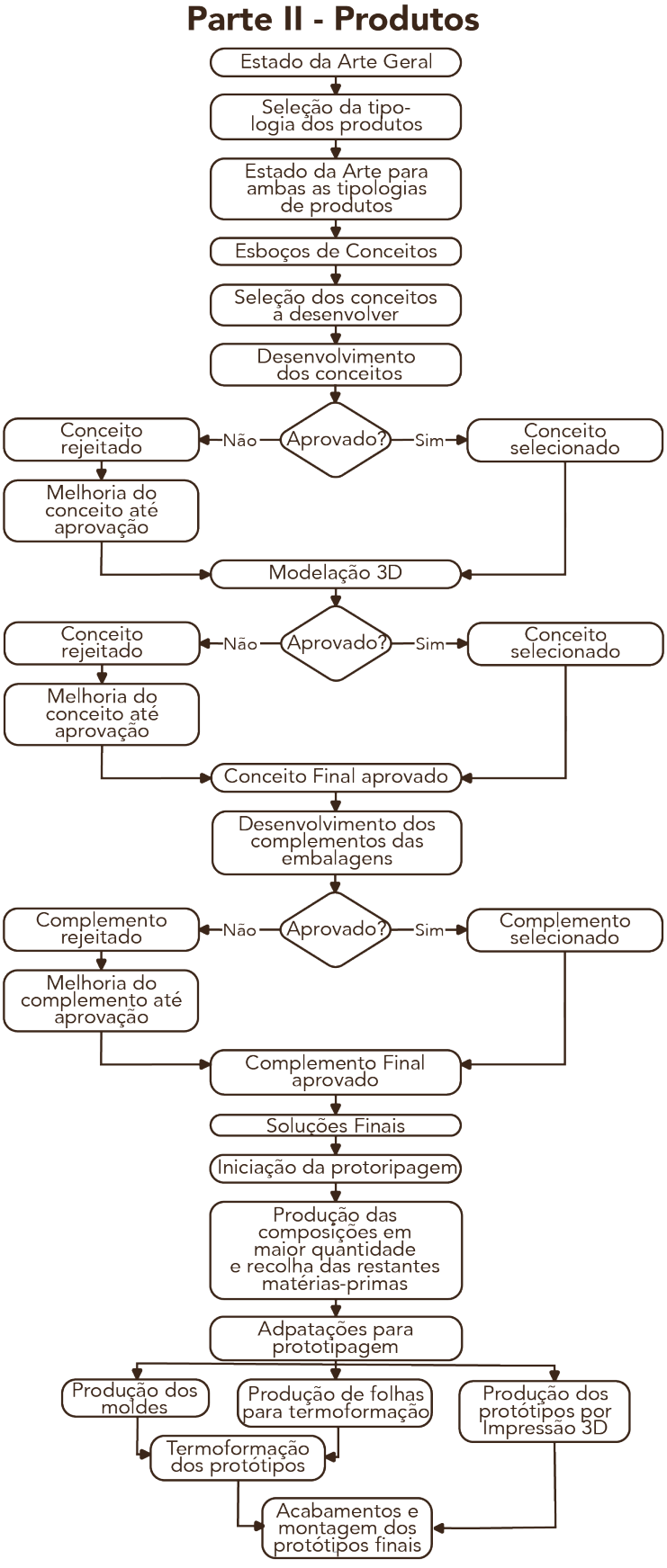


Figura 7 – Fluxograma de Trabalho

PARTE I - MATERIAIS

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De modo a concretizar-se a ideia de incluir a estimulação do olfato na criação de produtos para a valorização de resíduos agroalimentares, revela-se crucial perceber como é que os materiais compósitos a criar - resultantes da adição de resíduos agroalimentares a biopolímeros e ao odor associado ao resíduo em questão – podem ser desenvolvidos. Para tal, é necessário efetuar um levantamento, um mapeamento e uma análise do conhecimento científico desenvolvido relativamente à adição de óleos essências a materiais biopoliméricos. Com a pesquisa realizada, obteve-se que a técnica utilizada para esta adição se denomina de encapsulamento.

No que respeita aos óleos essenciais, sabe-se que estes geram odores aromáticos intensos, enquanto são, normalmente, hidrofóbicos e voláteis à temperatura. Isto restringe os métodos de processamento utilizadas para os introduzir numa matriz polimérica e pode afetar o modo de ação dos mesmos, assim como limitar a sua eficiência. De facto, devido à sua elevada sensibilidade à temperatura, os óleos essências podem ser perdidos ou transformados durante o processamento. Depois de serem libertados para o exterior, a sua concentração tem de ser controlada para evitar qualquer contaminação odorífera dos produtos visados. Assim, a capacidade de um composto aromático ser retido numa matriz polimérica e depois libertado quando submetido a um efeito desencadeador são os dois principais requisitos a ter em conta. Para além disto, os óleos essenciais são reconhecidos como substitutos de agentes antimicrobianos sintéticos, o que lhes proporciona um futuro promissor. Mais importante ainda, a utilização de óleos essenciais é reconhecida como “geralmente segura” pela U.S. Food and Drug Administration - FDA. Desta forma, diversos setores, como o cosmético, o alimentar, entre outros, têm vindo a aumentar a sua procura por óleos essenciais [20-22]. Contudo, apesar da utilização de óleos essenciais como conservantes associados à rotulagem verde e imagens naturais representar uma nova oportunidade para as indústrias alimentares, os óleos essenciais apresentam várias limitações intrínsecas e extrínsecas, que têm impedido a sua aplicação como conservantes alimentares. Alguns dos principais desafios associados aos conservantes à base de óleos essenciais são: a escassez e os custos associados das matérias-primas; as variações de quimiotipos; as eficácias inconsistentes; a reduzida solubilidade em água; as interações adversas com os ingredientes alimentares; e a interferência nas propriedades sensoriais [20].

Relativamente aos biopolimeros, estes apresentam um significativo potencial na formação de materiais compósitos e de encapsulamento de compostos bioativos. Quando comparados com materiais de revestimento sintético, os óleos essenciais revestidos em biopolimeros demonstram biocompatibilidade e biodegradabilidade [20]. Uma vez que os biopolímeros são capazes de reter os compostos aromáticos, assim como favorecer a sua libertação através da modificação da sua estrutura, quando, por exemplo, a humidade relativa e a temperatura são alteradas, apresentam-se como transportadores relevantes destes compostos aromáticos específicos. Deste modo, compostos aromáticos, tais como os óleos essenciais, podem ser encapsulados numa matriz biopolimérica. Os biopolímeros provenientes de resíduos agroindustriais surgem como candidatos adequados para desempenhar o papel de transportador. De facto, demonstram o duplo benefício de limitar a presença de aditivos sintéticos nos alimentos e de promover a valorização de matérias-primas sustentáveis em vez de plásticos convencionais, cuja acumulação no ambiente suscita sérias preocupações ambientais. Acredita-se que a combinação de óleos essenciais com estes biopolímeros induz a retenção de compostos aromáticos através do estabelecimento de interações moleculares específicas. Entre os biopolímeros, os polissacáridos e as proteínas são frequentemente utilizados para o encapsulamento de óleos essenciais, visto demonstrarem boas propriedades de retenção e libertação e estarem disponíveis a um custo relativamente baixo [22].

2.1. TÉCNICAS DE ENCAPSULAMENTO

A técnica de encapsulamento consiste no aprisionamento de agentes ativos numa matriz biodegradável, formando micro/nano-sistemas. O encapsulamento de compostos naturais bioativos é amplamente utilizado nas indústrias alimentar, agrícola, farmacêutica e cosmética, devido ao seu baixo custo e versatilidade. Esta técnica provou ser um método muito útil para: a proteção de compostos bioativos instáveis contra condições de processamento adversas, como a alta temperatura, o oxigénio, entre outros; a proteção de compostos voláteis, tais como óleos essenciais; a construção de sistemas de entrega orientados e a libertação controlada do composto encapsulado; o manuseamento mais fácil devido à alteração das características físicas do material original do núcleo (transformar um líquido num sólido); o disfarce de sabores ou odores indesejáveis de certos compostos ativos, o que leva a uma melhor aceitação como produtos; e o aumento da solubilidade aquosa. A natureza química do composto a encapsular (em termos de peso molecular, reatividade química e volatilidade), as propriedades da matriz e as propriedades

da metodologia de encapsulamento são fatores condicionantes para a retenção do odor na matriz. Os compostos voláteis que constituem os odores não devem ser submetidos a processamento drásticos, devido à sua fragilidade. Desta forma, o encapsulamento assume um papel crucial na estabilização dos compostos a aprisionar, permitindo um controlo mais eficaz na libertação dos mesmos. Nos últimos anos, foram desenvolvidos numerosos métodos para a encapsulação de produtos naturais, tais como extratos, óleos essenciais ou compostos bioativos naturais puros, utilizando várias matrizes [23]. O encapsulamento de óleos essenciais dispõe de algumas vantagens, nomeadamente, a prevenção da deterioração oxidativa e a perda de voláteis, a fim de manter suas atividades biológicas (por exemplo, antibacteriana, antiviral, antifúngica, anticancerígena, antidiabética, anti-inflamatória, antioxidante, anti protozoária e repelente de insetos). Ao longo do tempo, diversos investigadores têm vindo a desenvolver diferentes técnicas de encapsulamento, que facilitam a proteção e a libertação sustentada de espécies biologicamente ativas, particularmente compostos hidrofóbicos. As diferentes tipologias de encapsulamento, podem divididas em, dependendo do tamanho das partículas e da estabilidade termodinâmica: micro-encapsulamento; e nano-encapsulamento. Cada uma destas possuí as suas próprias vantagens e desvantagens em termos de estabilidade física e atividade antimicrobiana [24, 25].

2.1.1. MICRO-ENCAPSULAMENTO

O micro-encapsulamento caracteriza-se como um processo onde partículas de material, líquido ou sólido, são revestidas por uma película contínua de um material polimérico, a fim de proteger as partículas a serem encapsuladas de agentes estranhos. Este é um método eficiente para proteger compostos ativos, podendo estes ser óleos essenciais ou fragrâncias, para lhes dar durabilidade quando aplicados à temperatura ou à luz. Esta técnica permite controlar as características de libertação, assim como proporcionar proteção ambiental, uma vez que são considerados sistemas termodinamicamente estáveis com partículas com um tamanho de cerca de 1 μm to 1 mm. O micro-encapsulamento tem como principais desvantagens o facto de normalmente só poder ser fabricado a partir de surfactantes sintéticos, que devem ser usados em níveis relativamente altos, e o facto de ter de ser cuidadosamente formulado para que seja estável na sua forma inicial. Por este motivo, grande parte da investigação relativa ao micro-encapsulamento de óleos essenciais tem-se centrado na otimização do seu fabrico, estabilidade e desempenho [25, 26]. A microencapsulação pode ser dividida em técnicas químicas, físico-

químicas e físico-mecânicas, que incluem, entre outras, spray-drying, spray-cooling, spray chilling, extrusão, liofilização, complexação por inclusão – ciclodextrinas, lipossomas -, revestimento em leito fluidizado, extrusão e coacervação [23, 27].

Spray-drying

A spray-drying é uma técnica de encapsulamento onde o material ativo é aprisionado numa matriz. Esta é uma operação de atomização unitária na qual uma solução ou emulsão é pulverizada numa corrente de gás quente para instantaneamente obter um pó, ocorrendo a evaporação do solvente. Normalmente, esta técnica é constituída por três etapas: a preparação de uma dispersão; a homogeneização; e a atomização em câmara de secagem. Relativamente aos materiais utilizados, habitualmente, o gás selecionado é ar, ou até mesmo azoto, e o líquido de alimentação pode ser uma solução, uma emulsão ou uma suspensão. Dependendo do material utilizado na alimentação e das condições da operação, a produção do pó pode atingir dimensões desde muito finas (10-50 μm) a partículas de grande dimensão (2-3 mm) [21, 23, 27]. A atomização tem como objetivo criar uma maior superfície de transferência de calor entre o ar quente e o líquido, de forma a otimizar a transferência de calor e massa. Quanto maior for a energia fornecida, menor será a dimensão das partículas. Para a mesma quantidade de energia, com o aumento do caudal de alimentação, o tamanho aumenta. No entanto, o tamanho das partículas aumenta quando tanto a tensão superficial do líquido como a viscosidade são elevadas. Durante o processo, parte do material a encapsular fica sobre a superfície exterior, em vez de encerrado nas cápsulas. Este é chamado de material ativo de superfície, que coloca problemas de estabilidade, pois, uma vez que não está protegido, pode ser alvo de reações de degradação [21, 23, 27]. Dentre os processos de encapsulamento, a spray-drying é o mais utilizado visto ser a tecnologia menos dispendiosa. Por outro lado, é considerado como uma operação de desperdício de energia dado a impossibilidade de utilizar todo o calor da câmara de secagem [23, 27].

Spray-cooling e Spray-chilling

Existem, para além do processo convencional de atomização, outros dois processos de secagem por atomização a baixas temperaturas, o spray-cooling e o spray-chilling. As principais diferenças entre estes dois processos e o processo convencional são as temperaturas do ar usado na câmara de secagem. Difere também na formação de encapsulados, nomeadamente, no tipo

de encapsulante utilizado. Enquanto a atomização convencional recorre a ar quente para volatilizar o solvente da dispersão de material de revestimento, o spray-cooling e o spray-chilling utilizam ar arrefecido à temperatura ambiente ou de refrigeração [23, 27].

Extrusão

A extrusão é um processo que envolve a passagem sob pressão de um material ativo disperso numa massa de glúcidos fundida através de uma série de fieiras para o interior de um banho de líquido desidratante. O material de revestimento que forma a matriz de encapsulamento solidifica e aprisiona o material ativo, após entrar em contacto com o líquido. Os filamentos extrudidos são separados do líquido, secos e calibrados [27]. Contrariamente à atomização, este tipo de encapsulamento não deixa nenhum aroma de superfície, o que aumenta a estabilidade do aroma. Porém, o nível de aroma incorporado no produto encapsulado é geralmente significativamente menor que nos aromas encapsulados por atomização [27]. A tecnologia de extrusão desenvolvida e apelidada de "*solid-melt encapsulation*" apresenta-se como um método versátil e de baixo custo, que se divide nas seguintes etapas: mistura a seco dos ingredientes da matriz; aquecimento da matriz para induzir a sua fusão; mistura do aroma ou corante na matriz fundida; formação do produto nas dimensões ou forma pretendida; e calibração [27].

Outra tecnologia de extrusão desenvolvida e apelidada de co-extrusão caracteriza-se pela presença de dois tubos de alimentação concêntricos, através dos quais o revestimento e o ativo são bombeados separadamente para várias saídas. Ambos os materiais são co-extrudidos sob a forma de bastonete de fluido, originando um resultado constituído por material ativo embainhado no material de revestimento, dada a da tensão superficial. Este bastonete é lançado para fora, devido à força centrífuga, causando a rutura do material em diversas partículas menores [27].

2.1.2. NANO-ENCAPSULAMENTO

O nano-encapsulamento, tal como o micro-encapsulamento, consiste no revestimento de partículas de material, líquido ou sólido, por uma película contínua de um material polimérico, com o objetivo de proteger as partículas a serem encapsuladas de agentes estranhos. A principal diferença entre estes dois métodos é a desigualdade de tamanho das partículas, sendo que no nano-encapsulamento estas possuem uma dimensão de cerca de 1 to 100nm. O nano-

encapsulamento tem como principais vantagens a maior estabilidade física, eficácia e atividades antimicrobianas que proporciona quando comparado com outros sistemas. Particularmente, quando em comparação com micro-encapsulamento, este método permite o recurso a uma gama mais ampla de componentes para fabrico. Recentemente, verifica-se um interesse crescente na utilização de nano-encapsulamento como um sistema de entrega de óleos essenciais. Esta é uma abordagem bem estabelecida que garante melhor solubilidade na água, proteção eficaz contra degradação, prevenção da evaporação de componentes voláteis e liberação controlada e direcionada [24, 25]. Outra diferença entre o micro-encapsulamento e o nano-encapsulamento são as técnicas utilizadas. O nano-encapsulamento pode ser efetuado através de duas abordagens principais: top-down; e bottom-up. No entanto, é frequentemente utilizada uma combinação de ambas as abordagens (bottom-up e top-down). As técnicas de nano-encapsulamento têm sido utilizadas para o encapsulamento de compostos bioativos hidrofílicos e lipofílicos [21, 23].

2.1.2.1. METODOLOGIAS TOP-DOWN

Nas metodologias top-down utilizam-se materiais estruturados de grandes dimensões para gerar materiais estruturados de pequenas dimensões através de uma redução do tamanho e do modelo estrutural dos materiais. A fim de se obter esta redução, recorre-se a ferramentas de corte, à moagem, à extrusão, à emulsificação, à evaporação de solvente de emulsificação, entre outras [20].

Emulsificação

A emulsificação caracteriza-se pela alteração de dois líquidos imiscíveis numa emulsão através da homogeneização, que inclui técnicas de emulsificação de baixa energia que são simples de operar e técnicas de emulsificação de alta energia que requerem homogeneizadores de alta pressão e consomem muita energia. O método principal da emulsificação consiste na dispersão da fase descontínua em gotículas, de preferência finas. As emulsões são geralmente estabilizadas por emulsificantes, como agentes tensioativos, os quais são misturados em uma das duas fases que antecedem a emulsificação. Os emulsificantes combinam-se, em parte, à água (hidrofílicos) e, em parte, à gordura (lipofílicos). Um dos lados das moléculas emulsificantes liga-se com a água

e o outro com o óleo. Desta forma, os emulsificantes estabilizam as gotículas produzidas e, por conseguinte, compensam uma segregação da emulsão [20].

Emulsificação-Evaporação do Solvente

A emulsificação-evaporação do solvente baseia-se na emulsificação da solução orgânica do polímero numa fase aquosa, seguida da evaporação do solvente orgânico. Primeiramente, o polímero é dissolvido num solvente adequado. De seguida, a fase orgânica é vertida na fase contínua - fase aquosa -, na qual é dissolvido um tensioativo para conferir estabilidade à emulsão. A emulsificação realiza-se sob uma força de corte elevada para reduzir o tamanho das partículas da emulsão. Após a realização da emulsificação, o sistema evapora o solvente orgânico sob vácuo, o que leva à precipitação do polímero e à formação de nanopartículas [28].

2.1.2.2. METODOLOGIAS BOTTOM-UP

Contrariamente às metodologias top-down, as metodologias bottom-up envolvem a construção de partículas grandes pela junção de moléculas ou partículas pequenas através de reações de automontagem e auto-organização molecular. Fatores como a pela natureza dos constituintes, a alteração das soluções associadas, as pelas condições ambientais e o método de fabrico utilizado influenciam, positiva ou negativamente, a eficácia desta abordagem. Técnicas como o spray-drying, a coacervação, a electrospinning, a electrospraying, a complexação de inclusão – ciclodextrinas, lipossomas - e a nanoprecipitação são utilizadas neste tipo de metodologia [20].

Electrospinning e Electrospraying

A electrospinning e a electrospraying são métodos baseados em princípios semelhantes aos do spray-drying. A diferença encontra-se na forma de guiar a atomização. Estas técnicas electro-hidrodinâmicas de atomização requerem um forte potencial elétrico para transformar o líquido em pequenas gotículas – electrospraying - ou fibras – electrospinning [21].

À medida que o solvente se evapora, as gotículas/fibras são solidificadas, formando assim os produtos entre a nano e a microescala. Alguns dos parâmetros de processamento que afetam a morfologia destas partículas/fibras incluem: as propriedades da solução (por exemplo, viscosidade, concentração de polímero, tensão superficial, condutividade elétrica); as condições

operacionais (por exemplo, tensão aplicada, caudal, distância ponta-coletor); e as condições ambientais (por exemplo, temperatura, humidade) [21].

Quando comparadas com a spray-drying, as técnicas electro-hidrodinâmicas apresentam-se em vantagem no que toca a encapsular óleos essenciais sensíveis ao calor. Um desafio das técnicas de electrospinning e electrospraying é a multiplicidade de fatores otimizáveis, o que dificulta o aumento do processo para uma escala comercial. Além disso, apresentam uma taxa de produção baixa, devido às baixas taxas de fluxo adotadas no processo [21].

Nanoprecipitação

A nanoprecipitação, tal como o nome indica, baseia-se no mecanismo da precipitação. A precipitação de polímeros ocorre após a adição de um não-solvente a uma solução de polímeros em quatro etapas: supersaturação, nucleação, crescimento por condensação e crescimento por coagulação que leva à formação de nanopartículas ou agregados de polímeros. O aumento de escala do método de nanoprecipitação em laboratório mostra uma boa reprodutibilidade, tornando-se assim, uma boa estratégia para a produção de nanopartículas à escala industrial. Esta técnica é normalmente utilizada para o encapsulamento de compostos hidrofóbicos ou hidrofílicos, mas demonstrou também ser uma boa alternativa para o encapsulamento de compostos naturais [28].

2.1.3. ENCAPSULAMENTO DE ÓLEOS ESSENCIAIS EM POLÍMEROS

Ao longo da literatura é possível encontrar alguns trabalhos que mencionam a incorporação de óleos essenciais em polímeros. Na Tabela 1 apresenta-se de forma sucinta alguns dos estudos selecionados.

Tabela 1 – Artigos referentes à incorporação de óleos essenciais em polímeros

Título	Referência	Objetivo	Conclusões
		Desenvolver um polímero biodegradável	**DSC - Calorimetria diferencial de varrimento** Com a adição do óleo de tomilho, a Tf mantem-se praticamente igual. **TGA - Termogravimetria**

Efeito do óleo essencial de tomilho nas propriedades do poli (butileno adipato co – tereftalato)	[29]	para que este possa ser utilizado no fabrico de embalagens ativas onde são incorporadas quantidades de óleo se 1%, 2%, 5%, 10%, 15% e 20% p/p	Tanto o PBAT como o PBAT com a adição de óleo, apresentam o mesmo padrão de degradação, com uma estabilidade térmica até aos 350°C. **Ensaio de Tração** Com a incorporação de 1%, 2% e 15%, verifica-se que a tensão máxima diminui, sendo a diminuição mais acentuada nos 15%. Com as incorporações de 10% a 20%, também o módulo de elasticidade sofre uma redução.
Óleos essenciais de canela e gengibre para melhorar propriedades nos filmes de quitosano-carboximetilcelulose	[30]	Investigar o efeito da incorporação de diferentes óleos essenciais em percentagens distintas nas propriedades de filmes. Incorporação do óleo essencial de canela 4,4; 8,8 e 13,2% p/p e de gengibre em 3,5; 7,0 e 10,6% p/p	**TGA - Termogravimetria** Com a adição de diferentes óleos observa-se uma diferença na estabilidade térmica. Para o caso da canela, esta diminui com o seu aumento. No caso do gengibre, quando maior a quantidade de óleo, mais estabilidade. **Ensaio de Tração** Com a adição dos óleos de canela e gengibre, a resistência à tração diminui. Com o aumento da quantidade de óleo, o alongamento à rutura aumenta, sendo mais notório no caso do de canela.
Atividade antibacteriana, propriedades óticas, mecânicas e de barreira de filmes de amido de milho contendo óleo essencial de laranja	[31]	Examinar a incorporação do óleo essencial de laranja em 0,3; 0,5 e 0,7 μL/g nas propriedades do amido de milho em quantidade	**Ensaio de Tração** Com a adição do óleo essencial de laranja ao amido de milho a resistência à tração diminui e o alongamento à rutura aumenta. Verifica-se uma redução significante, de cerca de 65% para 15%, no alongamento à rutura na passagem de 0 para 0,7μL/g de óleo essencial.
Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis de quitosano contendo dois óleos essenciais	[32]	Projetar um filme antimicrobiano-antioxidante baseado em quitosano com incorporação de 10%, 20% e 30% p/p de dois óleos essenciais, de citronela e de cedro	**DSC - Calorimetria diferencial de varrimento** Com a adição de óleo em 10% p/p não se verificaram mudanças substanciais. Com a adição de óleo em 30%, o pico endotérmico tendeu a se deslocar para temperaturas mais baixas. **TGA - Termogravimetria** Enquanto que a degradação do quitosano ocorre em 3 etapas, a degradação das composições contendo óleo ocorrem em 5 fases. **Ensaio de Tração** Com o aumento de 10% para 30% de qualquer um dos óleos, a resistência à tração diminui. O alongamento à rutura aumenta com a adição de 10% e 20%, sofrendo uma diminuição substancial aquando da incorporação de 30%.

Da pesquisa bibliográfica realizada, verifica-se que a técnica mais utilizada para adição de óleo essencial ao polímero é o "Solution Casting". Esta técnica consiste na dissolução de um material num solvente adequado para formar uma solução, sendo a mistura vertida num molde até que o solvente evapore, libertando a estrutura sólida com os compostos incorporados [33]. De um modo

geral, a adição de óleos essenciais a um material polimérico demonstra preservar as propriedades originais do material, ao mesmo tempo que abre caminho para a criação de produtos inovadores.

Tendo em conta as técnicas de encapsulamento anteriormente descritas, pode-se afirmar que foram desenvolvidas diversas metodologias. Contudo, não foram identificados estudos que que abordassem a incorporação simultânea de cargas e óleos essenciais, a fim de potencializar o odor. Dada a falta de informação relativa a este tópico, levantam-se algumas dúvidas quanto aos resultados esperados nas propriedades dos materiais compósitos, assim como nas possíveis interações entre as cargas e os óleos essenciais. Desta forma, o estudo desta incorporação revela-se uma oportunidade para obter resultados pertinentes que, por sua vez, podem impulsionar o desenvolvimento de materiais inovadores e a criação de novos produtos. Assim, optou-se por sintetizar em tabelas a informação encontrada referente quer à incorporação de óleos essenciais em polímeros quer à incorporação de cargas em polímeros.

2.2. MATERIAIS COMPÓSITOS

Como referido anteriormente, uma das alternativas mais viáveis de possibilitar a valorização dos resíduos agroalimentares e transformá-los em matéria-prima, consiste na sua transformação em aditivos e/ou cargas a serem incorporados no desenvolvimento de materiais compósitos. A possibilidade de adição de diversos tipos de aditivos a bases poliméricas, conjuntamente com outros materiais que permitem uma melhor interação carga/matriz polimérica, viabiliza esta alternativa. Os materiais compósitos apresentam-se diferentes dos materiais convencionais, dado que estes materiais são definidos como uma mistura, não solúvel, de dois ou mais constituintes com composições, estruturas e propriedades distintas que se unem num só material, a fim de produzir um material com propriedades superiores às dos materiais isolados. A combinação dos materiais constituintes é decidida a partir da aplicação específica que se pretende dar ao material compósito [9]. De notar que, usualmente, a melhoria de uma propriedade resultante da combinação de diferentes materiais se traduz quase inevitavelmente pelo decréscimo de outras. Assim, é necessário ter sempre em consideração a aplicação final de modo a potenciar as propriedades relevantes. Na Tabela 2 mostra-se, de forma resumida alguns dos trabalhos de compósitos usando bio resíduos.

Tabela 2 – Artigos referentes à incorporação de resíduos alimentares em polímeros

Título	Referência	Objetivo	Conclusões
Valorização da fibra de casca de aveia de resíduo industrial agroalimentar como carga para poli (3-hidroxibutirato-co-hidroxihexanoato (PHBH)	[34]	Estudar a possibilidade de originar um material compósito de matriz polimérica totalmente de base biológica, através da incorporação de 2% e 8% v/v de fibra de casca de aveia	**DSC - Calorimetria diferencial de varrimento** Com a adição de 2% de carga, o valor da temperatura de transição vítrea (Tg) mantem-se inalterada, sendo que com a adição de 8% de carga, o valor da Tg sofre uma variação de 2°C. Já a temperatura de fusão (Tf), com a adição de 0% e 8% de carga mantêm-se constante, mas com a adição de 2% de carga, aumenta 7°C. Dadas as variações mínimas nos valores da Tg e Tf, pode considerar- se que não há alteração significativa das mesmas. **Ensaio de Tração** Com a incorporação de 2% de fibra de casca de aveia ao PHBH, o módulo de Young permanece nos 1700MPa. Porém, com a adição de 8% carga, este valor aumentou até aos 1900MPa, tornando o material mais rígido.
Valorização de Resíduos Provenientes de Café Através da Sua Incorporação em Compósitos Poliméricos	[35]	Examinar o potencial da projeção de mobiliário de esplanada e artigos "single-use" com a incorporação de borras de café de 5%, 20% e 40% p/p em PBAT e PBS	**MFI – Índice de Fluidez** A adição de carga aumenta o valor do MFI de forma ligeira do PBAT e PBS puro para PBAT e PBS com 5% café. Na adição do PBS com de 20% o MFI aumenta de 8 g/10min para 65 g/10min, sendo que volta a diminuir substancialmente com a incorporação de 40% de carga. **Ensaio de Tração** A adição das cargas aos polímeros provoca uma diminuição da rutura no deslocamento. O mesmo comportamento se verifica com a força máxima que diminui com a adição dos resíduos de café.
Casca de amendoim de resíduos agrícolas como carga sustentável para fabricação de biocompósitos de PA6	[36]	Pesquisar reforços de base natural que acelerem a biodegradação dos plásticos ao mesmo tempo que mantem as suas propriedades térmicas, através da incorporação de 2%, 10%, 15% e 20% p/p de casca	**DSC - Calorimetria diferencial de varrimento** A adição de carga faz diminui a Tg em 8°C e a Tf em 33°C. **TGA - Termogravimetria** Os biocompósitos com a adição de 2% e 10% de carga apresentam perdas de massa semelhantes às da PA6. Já a incorporação de 15% e 20% afeta as decomposições térmica, pois a degradação inicia mais rapidamente.
Estudo das propriedades mecânicas e térmicas de compósitos de polipropileno com casca de banana	[37]	Investigar a interação da fibra da casca de banana com o PP em percentagens de adição de 5%, 10% e 15%	**TGA - Termogravimetria** Destaca-se um aumento da estabilidade térmica do material após a incorporação de maiores quantidades de carga aos polímeros. **Ensaio de Tração** A tensão de rutura aumenta e a deformação diminui com a adição de 5% e 10% de carga ao PP puro. O contrário acontece à tensão de rutura com a adição de 15% de casca de banana, que diminui

			ligeiramente, mantendo a diminuição da deformação.
Caracterização de compósitos de PP reciclado e fibra de coco	[38]	Reduzir os impactos ambientes através do desenvolvimento de compósitos que reaproveitem resíduos em 10%, 15%, 20% e 25% p/p	**MFI – Índice de Fluidez** O valor do MFI diminui do PP puro para a mistura de PP puro com fibra de coco. O aumento de carga resulta num consequente aumento do índice de fluidez, apesar deste aumento ser mínimo. **Ensaio de Tração** Com o aumento da percentagem de fibra de coco, verifica-se um aumento na resistência à tração. Esta adição proporciona igualmente um aumento no alongamento à rutura.

Da análise dos artigos anteriormente sintetizados, observa-se que os métodos de preparação das cargas para incorporação num polímero são semelhantes. Para além disto, verifica-se que as composições com incorporação de resíduos apresentam propriedades térmicas, reológicas e mecânica idênticas às dos polímeros virgens, o que salienta os benefícios da incorporação de resíduos em materiais poliméricos.

2.3. RESÍDUOS AGROALIMENTARES

Diversas indústrias produzem resíduos agroalimentares provenientes de alimentos com odores associados reconhecíveis, como a maçã, o limão, a laranja, o morango, a uva, o chocolate, o café, entre outros. Todavia, para o desenvolvimento da dissertação em questão, a logística de recolher resíduos agroalimentares de indústrias demonstrava-se um processo demorado e dispendioso e que implicava muitos recursos. Deste modo, a fim de facilitar o processo de recolha, recorreu-se a resíduos agroalimentares produzidos dentro da Universidade do Minho, mais concretamente do Campus de Azurém, assim como resíduos agroalimentares produzidos em casa e de estabelecimentos próximos. Para além desta condicionante, apontou-se ainda que os resíduos agroalimentares a selecionar deveriam ser obtidos de ambientes controlados (sem indícios de degradação) e não contaminados (quer por outros resíduos, quer por produtos químicos). Assim sendo, a eleição recaiu sobre as borras de café, provenientes dos cafés confecionados em estabelecimentos da Meltino, e sobre as cascas de laranja, com polpa, oriundas dos sumos de laranja produzidos nos bares da Universidade e de laranjas consumidas em casa.

O café é consumido em todo o mundo como uma bebida obtida através dos grãos de café moídos e torrados, com um consumo diário de cerca de 2 mil milhões de chávenas de café [1].

O cultivo das plantas de café exige condições especificas de temperatura e humidade, o que as leva a desenvolverem-se em regiões como o Brasil, onde a temperatura média se mantém acima dos 18°C durante todo o ano. Apesar de não ser um produtor de café, Portugal é um exportador do produto depois da torra [39]. Durante o processo de produção de café, mais de 50% do fruto do café não é aproveitado – incluindo a polpa do fruto, as cascas, os grãos de qualidade inferior/defeituosos e a pele - sendo, consequentemente, descartado [40]. Do consumo diário de cerca de 2 mil milhões de chávenas de café, cerca de 80% do café resulta em resíduos agroalimentares – borras de café [1]. Tipicamente, estes resíduos são utilizados: para a produção de biodiesel, pois a borra de café contém óleos que podem ser transformados em biodiesel por meio do processo de transesterificação [41]; para a geração de eletricidade, visto que a borra de café contém carbono que pode ser usado para produzir biogás, através da digestão anaeróbica (processo onde a matéria orgânica é decomposta por microrganismos na ausência de oxigénio), que por sua vez pode ser usado para gerar eletricidade [42]; como fertilizantes, pois a borra de café apresenta-se rica em nitrogénio, fósforo e potássio que são essenciais para o crescimento das plantas [43]; e noutras aplicações onde a borra de café tem sido utilizada diversamente, incluindo na indústria alimentar - na produção de palhinhas feitas a partir da borra, na adição a polímeros biodegradáveis apropriados para contato com alimentos, como o Ácido Poliláctico (PLA) e na fabricação de copos e xícaras [1, 44, 45].

No que toca à laranja, esta pertence a uma das famílias de frutas mais populares no mundo, sendo amplamente cultivada em Portugal devido as suas características climáticas - com verões quentes e invernos amenos, além de uma precipitação moderada e solo fértil. A laranja apresenta uma produção anual de cerca de 73,3 milhões de toneladas, sendo consumida em fruta ou em sumo, compota e marmelada, que constituem entre 40% a 50% da produção total. A transformação de citrinos gera uma enorme quantidade de resíduos, constituídos principalmente por casca, polpa, albedo (zona de cor branca localizada entre a casca e o gomo) e sementes, que variam entre 50% a 70% do peso húmido do fruto transformado. A casca de laranja representa cerca de 20% da totalidade do fruto e apresenta-se ainda como o resíduo de maior volume e de mais fácil reaproveitamento da laranja, sendo rica em celulose e hemicelulose, pectina, lignina e óleos essenciais [1, 46, 47, 48]. Os resíduos agroalimentares resultantes da transformação da laranja são tradicionalmente utilizados: como fertilizantes, pois tais como as borras de café, as cascas de laranja são ricas em nitrogénio, fósforo e potássio que são essenciais para o crescimento das plantas [49]; para o fabrico de perfumes, produtos de limpeza e perfumadores de ambiente, com

recurso aos óleos essenciais presentes nas cascas de laranja que detêm um aroma cítrico [50]; e noutras aplicações onde as cascas de laranja podem ser transformadas em objetos funcionais – como candeeiros, produzidos a partir do reaproveitamento da casca e copos moldados por impressão 3D, com a adição de Ácido Poliláctico (PLA) [51, 52].

Contudo, verifica-se ainda que grandes percentagens de resíduos de borras de café e de cascas de laranja são, atualmente, depositadas em aterro. Com uma gestão adequada, estes resíduos podem ser utilizados para a produção de subprodutos que podem ser utilizados em aplicações alimentares e não alimentares, incluindo a produção médica, farmacêutica, energética e química. Além disto, estes podem ser fontes valiosas de materiais poliméricos e aditivos para melhoria das propriedades de biopolímeros [1, 19].

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL, APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Aquando da criação dos materiais compósitos para a presente dissertação, foi necessário selecionar os resíduos agroalimentares para estudo, o biopolímero ao qual estes seriam aditivados e os óleos essenciais a incluir na mistura para obtenção de odor. Uma vez que este estudo tem como objetivo a validação do conceito desenvolvido, a seleção destes componentes foi condicionada pela acessibilidade aos mesmos.

Após obtidos, os resíduos agroalimentares foram sujeitos a diversos testes que permitissem perceber de que forma poderiam ser processados e qual o método de processamento seria mais indicado. Posteriormente, tanto os materiais resultantes do processamento, o biopolímero e óleos essenciais selecionados, como os materiais compósitos derivados, foram sujeitos a diversos ensaios, de forma a caracterizá-los.

Relativamente ao método de encapsulamento a utilizar para a criação dos materiais compósitos em estudo, verificou-se que a tipologia de equipamentos disponíveis limitava a seleção. Deste modo, tendo em conta esta limitação, o objetivo do projeto e os recursos disponíveis, recorreu-se à técnica de encapsulamento por extrusão.

3.1. BIOPOLÍMERO

De forma a facilitar o processo e a reduzir os custos a estes associados, optou-se pela seleção de um biopolímero de fácil acesso, disponível na Universidade do Minho, e previamente avaliado noutros trabalhos similares. O material selecionado foi o F38, à base de PLA da gama Inzea da Nurel. Este caracteriza-se por ser de origem biológica e biodegradável, ser compostável e tem as suas propriedades mais pertinentes representadas na Tabela 3. No Anexo 1 encontra-se a ficha técnica deste biopolímero.

Tabela 3 – Propriedades relevantes do polímero F38 gama Inzea, Nurel

F38, da gama Inzea da Nurel
Módulo de Young = 2300MPa
Deformação = 20%
Tensão de rutura = 46MPa
155°C < Temperatura de Fusão < 170°C
Biodegradável e Bio-based
>70% de conteúdo de base biológica
Compostável industrialmente
Aprovado para contacto alimentar

3.2. CARGAS

Com os resíduos agroalimentares para estudo selecionados, foi necessário convertê-los em cargas, a fim de se proceder à criação de matéria-prima para a elaboração de testes e conceção de protótipos.

3.2.1. PROCESSAMENTO DOS RESÍDUOS AGROALIMENTARES

O processamento dos resíduos agroalimentares consistiu na sua conversão em grânulos, para que estes pudessem integrar mais facilmente as composições. Para tal, os resíduos em questão foram sujeitos a várias etapas de processamento. De forma a garantir a suficiência da matéria-

prima, definiu-se que seriam necessários 10 kg de grânulos de cada um dos resíduos agroalimentares.

3.2.1.1. BORRAS DE CAFÉ

Contrariamente ao processamento das cascas de laranja, o processamento das borras de café já se encontrava devidamente realizado. Como anteriormente referido, as borras de café foram, na sua totalidade, recolhidas de estabelecimentos da Meltino. Após a recolha, as borras de café foram secas numa estufa Binder, e posteriormente peneiradas com o intuito de se eliminar partículas de maior dimensão e se obter um pó fino e uniforme. Na Figura 8 observa-se o resultado obtido do processamento das borras de café.



Figura 8 – Resultado do Processamento das Borras de Café

3.2.1.2. CASCAS DE LARANJA

Relativamente ao processamento das cascas de laranja, recorreu-se a três metodologias de processamento diferentes, a fim de se perceber qual delas seria a mais indicada. Todas estas metodologias envolvem a desidratação ou desumidificação das cascas, a trituração ou moagem e a passagem dos grânulos pela peneira.

Todas as metodologias apresentam-se idênticas, sendo que a única coisa que difere de uma para as outras é o estado da casca de laranja a sua origem. Em todas estas metodologias, as cascas foram sujeitas a um período de cerca de 12 horas a 65°C em estufa Binder, sendo de seguida trituradas numa liquidificadora até se obter pequenos grânulos, que por sua vez foram peneirados numa peneira de forma a garantir que os grânulos finais apresentavam uma dimensão pequena e controlada.

Na Metodologia 1, as cascas de laranja encontram-se limpas, isto é, sem polpa, e são provenientes de laranjas consumidas em casa, o que facilitou o processo de limpeza. Na Figura 9, observa-se as cascas ainda hidratadas, seguidas das cascas desidratadas, posteriormente trituradas e por fim peneiradas.



Figura 9 – Metodologia 1

Na Metodologia 2, as cascas de laranja encontram-se sem polpa, após a remoção da mesma com recurso a uma colher, e são provenientes de laranjas utilizadas para a conceção de sumo nos bares da Universidade do Minho. Na Figura 10, observa-se as cascas ainda hidratadas, seguidas das cascas desidratadas, posteriormente trituradas e por fim peneiradas.



Figura 10 – Metodologia 2

Na Metodologia 3, as cascas de laranja encontram-se ainda com polpa, e são provenientes de laranjas igualmente utilizadas para a conceção de sumo nos bares da Universidade do Minho. Na Figura 11, observa-se as cascas ainda hidratadas, seguidas das cascas desidratadas, posteriormente trituradas e por fim peneiradas.



Figura 11 – Metodologia 3

Com o intuito de perceber qual das metodologias seria a mais indicada, criou-se uma tabela, a Tabela 4, onde se enuncia os parâmetros mais importantes a ter em consideração durante o processamento das cascas: a facilidade de obtenção destas; o reaproveitamento; a facilidade de secagem; a facilidade de trituração; a facilidade de obtenção dos grânulos em pó. Através de uma análise, foram atribuídas classificações em cada um destes parâmetros para cada uma das metodologias acima enunciadas.

Tabela 4 – Classificações das Metodologias de Processamento das Cascas de Laranja

Importância	**(x2)**	**(x1)**	**(x1)**	**(x1)**	**(x2)**	
Critérios / Casos	**Obtenção da carga**	**Reaproveitamento**	**Secagem**	**Trituração**	**Obtenção de pó**	**Pontuação Total**
1	3	4	5	5	4	28
2	5	3	4	5	4	30
3	5	5	2	1	1	20

Tendo em conta as classificações finais de cada uma das metodologias, observa-se que a Metodologia 3 apresenta a classificação mais baixa, devido ao facto de as etapas de trituração e obtenção de pó se apresentarem mais difíceis e mais demorados. A Metodologia 2 apresenta uma classificação superior às das restantes, o que se significa que esta metodologia é a mais indicada para o processamento das cascas de laranjas. Relembra-se que este processamento passa, detalhadamente, então por:

1º - Recolhas das cascas;

2º - Limpeza das cascas através da remoção da pola com recurso a uma colher;

3º - Distribuição das cascas num tabuleiro;

4º - Desidratação em estufa a uma temperatura de 65°C durante cerca de 12 horas;

5º - Trituração das cascas com recurso a uma liquidificadora;

6º - Filtração dos grânulos com recurso a uma peneira;

7º - Armazenamento.

3.3. ÓLEOS ESSENCIAIS

Para potenciar o odor dos materiais compósitos podem ser utilizados dois tipos de produtos: óleos essenciais e fragrâncias. Os óleos essenciais caracterizam-se por serem obtidos através de plantas, flores, ervas, folhas, cascas, rizomas e frutos, através da técnica de arraste a vapor ou pela técnica de prensagem. Dada a sua natureza, apresentam-se um produto de custo superior e de disponibilidade mais limitada. Os óleos essenciais são comummente aplicados nas áreas da perfumaria, da cosmética, da alimentação, da farmacêutica, assim como na área da aromoterapia devido às suas propriedades farmacológicas, antioxidantes, de ação analgésica e anti-inflamatórias [20, 53, 54]. As fragrâncias são compostos químicos constituídos por diversos ingredientes aromáticos, sendo que estes ingredientes podem ser de origem sintética ou natural, como por exemplo os óleos essenciais. Devido à sua composição, as fragrâncias possuem um custo inferior e uma maior disponibilidade quando comparados com óleos essenciais. As fragrâncias são normalmente aplicadas na área da perfumaria, da cosmética, da alimentação e da higienização [53].

Tendo em conta o carácter do projeto a desenvolver, onde se promove a sustentabilidade, os óleos essenciais revelavam-se como a escolha preferencial, visto serem de origem natural. Contudo, com a análise dos possíveis fornecedores (quer de óleos essenciais, quer de fragrâncias) e o contacto com os mesmos, denotou-se diversas limitações, nomeadamente a existência de: um valor mínimo de compra elevado, que não se encaixava no orçamento do projeto; de quantidades mínimas de compra elevadas, que seriam desenquadradas com os objetivos do projeto; de políticas de comercialização que não permitiam a venda a entidades particulares, isto é, que não

representassem um negócio para o vendedor; de prazos de entrega extensos, desalinhados com a calendarização do projeto; e de valores demasiado elevados, que não se encaixavam no orçamento do projeto. Deste modo, selecionou-se a empresa espanhola Gran Velada devido aos tipos de óleos que possuíam, à sua proximidade e aos preços que praticavam.

A Tabela 5 e a Tabela 6 sintetizam, respetivamente, a informação resultante desta pesquisa para os óleos essenciais de café e de laranja comercializados, onde se verifica a informação relativa à temperatura de ebulição (necessária para o processamento e que deveria se apresentar elevada) e às notas aromáticas.

Tabela 5 – Lista de Óleos Essenciais e/ou Fragrâncias de Café disponíveis em Gran Velada

Produto	Ponto de Ebulição (°C)	Notas Aromáticas
Essência Café Extra	>62	-
Essência aromática Café	118	-

Tabela 6 – Lista de Óleos Essenciais e/ou Fragrâncias de Laranja disponíveis em Gran Velada

Produto	Ponto de Ebulição (°C)	Notas Aromáticas
Essência aromática Black Citrus	71	**Notas de saída:** Laranja, Canela, Gengibre **Notas de coração:** Cravo, Gengibre, Pomelo **Notas de base:** Almíscar branco, Canela, Fava tonka
Óleo Essencial Laranja	51	-
Óleo Essencial Tangerina	52	-
Essência aromática Manga Mandarina	95	**Notas de saída:** Limão espremido na hora, Pêssego branco, Tangerina **Notas de coração:** Manga, Cana-de-açúcar, Mandarim **Notas de base:** Âmbar dourado, Baunilha clara
Essência aromática Tangerina	56	**Notas de saída:** Laranja, Tangerina, Toranja **Notas de coração:** Limão, Tangerina, Laranja amarga, Mirtilo **Notas de base:** Tangerina, Toranja
		Notas de saída: Cítrico, fresco, Laranja

Essência aromática Flor de Laranjeira	-	**Notas de coração:** Verde, Floral **Notas de base:** Seco
Essência Tangerine Musk	80	**Notas de saída:** Tangerina, Laranja, Limão **Notas de coração:** Ambrox, Cedro, Flores brancas **Notas de base:** Almíscar, Baunilha, Âmbar, Fava tonka
Essência Flower Citrus para perfume	>62	**Notas de saída:** Citrinos, Notas verdes, Tangerina, Frésia, Sálvia **Notas de coração:** Lírio, Cravo, Violeta, Jasmim, Calêndula, Lírio do vale, Rosa, Narciso **Notas de base:** Sândalo, Âmbar, Patchouli, Almíscar, Heliotrópio
Essência musk Flower para perfume	>80	**Notas de saída:** Flor de laranjeira, Tangerina, Flor de cato, Bergamota **Notas de coração:** Camélia branca, Lírio, Gardênia, Frésia, Jasmim, Rosa, Lírio do vale, Peônia **Notas de base:** Sândalo, Almíscar
Essência Oranger Must BB	>80	Suaves notas cítricas e florais
Essência aromática Toranja Rosa	56	**Notas de saída:** Toranja, Laranja **Notas de coração**: Toranja, Tangerina **Notas de base:** Toranja, Almíscar, Floral

A Figura 12 apresenta os óleos essenciais selecionados, sendo que um destes remete para o café e dois destes para a laranja, a Oranger Must BB e a Tangerine Musk, respetivamente.



Figura 12 – Essência Aromática Café, Essência Aromática Oranger Must BB e Essência Aromática Tangerine Musk, fonte https://granvelada.com/pt/

3.4. INCORPORAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS NAS CARGAS

A fim de se definir a capacidade de retenção dos óleos por parte das cargas, elaboraram-se quatro misturas de carga de laranja com diferentes as percentagens dos diferentes óleos essenciais, tendo estas sido depositadas individualmente sobre papel absorvente em iguais quantidades e analisadas após 7 horas. Apesar deste teste ter sido realizado para cada óleo essencial obtido, uma vez que os resultados obtidos se apresentaram semelhantes para todos os

óleos, na Figura 13 encontram-se apenas apresentados os resultados da mistura da carga de laranja com o óleo Oranger Must BB.

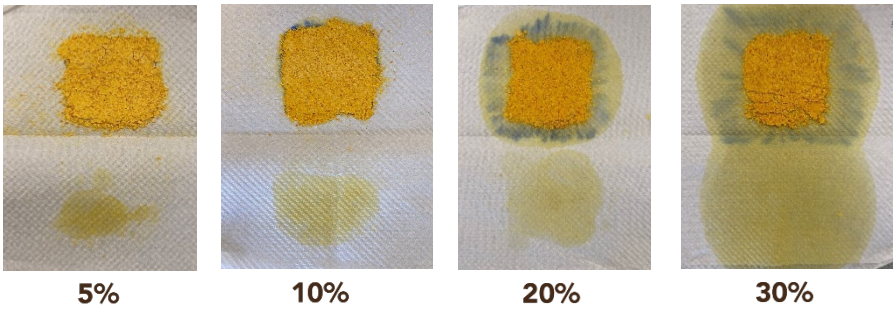


Figura 13 – Teste de capacidade de retenção dos óleos por parte das cargas

Com a análise da figura acima, observa-se que ocorre uma grande libertação de óleo essencial, correspondente a uma proporção de 30% de incorporação, quando comparada às restantes composições. Posto isto, a composição com maior percentagem de óleo foi descartada, sendo apenas utilizadas nas misturas as restantes percentagens. Após terem sido testadas diferentes percentagens de carga e de óleo essencial, definiu-se que seria utilizada uma percentagem de 80% de polímero e 20% de uma mistura – carga com óleo essencial. Destes 20%, 5%, 10% ou 20% representam a percentagem de óleo essencial. Assim, as composições resultantes foram as seguintes:

- 80% Biopolímero + 20% Mistura

  |

  100% Carga + 0% Óleo Essencial

- 80% Biopolímero + 20% Mistura

  |

  95% Carga + 5% Óleo Essencial

- 80% Biopolímero + 20% Mistura

  |

  90% Carga + 10% Óleo Essencial

- 80% Biopolímero + 20% Mistura

|

80% Carga + 20% Óleo Essencial

Estas composições traduzem-se em:

- 80% Biopolímero + 20% Carga + 0% Óleo Essencial
- 80% Biopolímero + 19% Carga + 1% Óleo Essencial
- 80% Biopolímero + 18% Carga + 2% Óleo Essencial
- 80% Biopolímero + 16% Carga + 4% Óleo Essencial

3.5. ESTABILIDADE TÉRMICA DAS CARGAS E DOS ÓLEOS ESSENCIAIS – TERMOGRAVIMETRIA (TGA)

De modo a avaliar a estabilidade térmica das cargas e dos óleos essenciais durante o processamento, foi realizado o ensaio o ensaio de Termogravimetria, TGA. Este ensaio mede a variação mássica de uma amostra – perda e/ou ganho – em função da variação da temperatura imposta, fornecendo informação sobre a estabilidade térmica e decomposição, volatilidade das impurezas e presença de grupos funcionais [55]. Os ensaios foram realizados no equipamento TGAQ500, a uma atmosfera de azoto, entre os 40°C e os 300°C, a uma taxa de 10°C/min e a amostra arrefecida até aos 20°C para finalizar o ensaio. Procedeu-se à comparação do valor dos picos de derivada observados em cada um dos componentes individualmente com o da mistura com o propósito de verificar a existência de interações entre ambos, capazes de serem identificados no TGA da mistura. Os dados apresentados no gráfico contidos no retângulo preto correspondem aos valores da perda de massa para as temperaturas de 40°C, 155°C e 300°C, por se referirem respetivamente à temperatura de início do ensaio, temperatura de extrusão e temperatura final do ensaio.

A Figura 14 apresenta os gráficos resultantes dos TGA relativos às composições de café: o primeiro é relativo às borras de café; o segundo ao óleo essencial de Café; e o terceiro à mistura com 80% de cargas de borras de café e 20% de óleo essencial de Café.

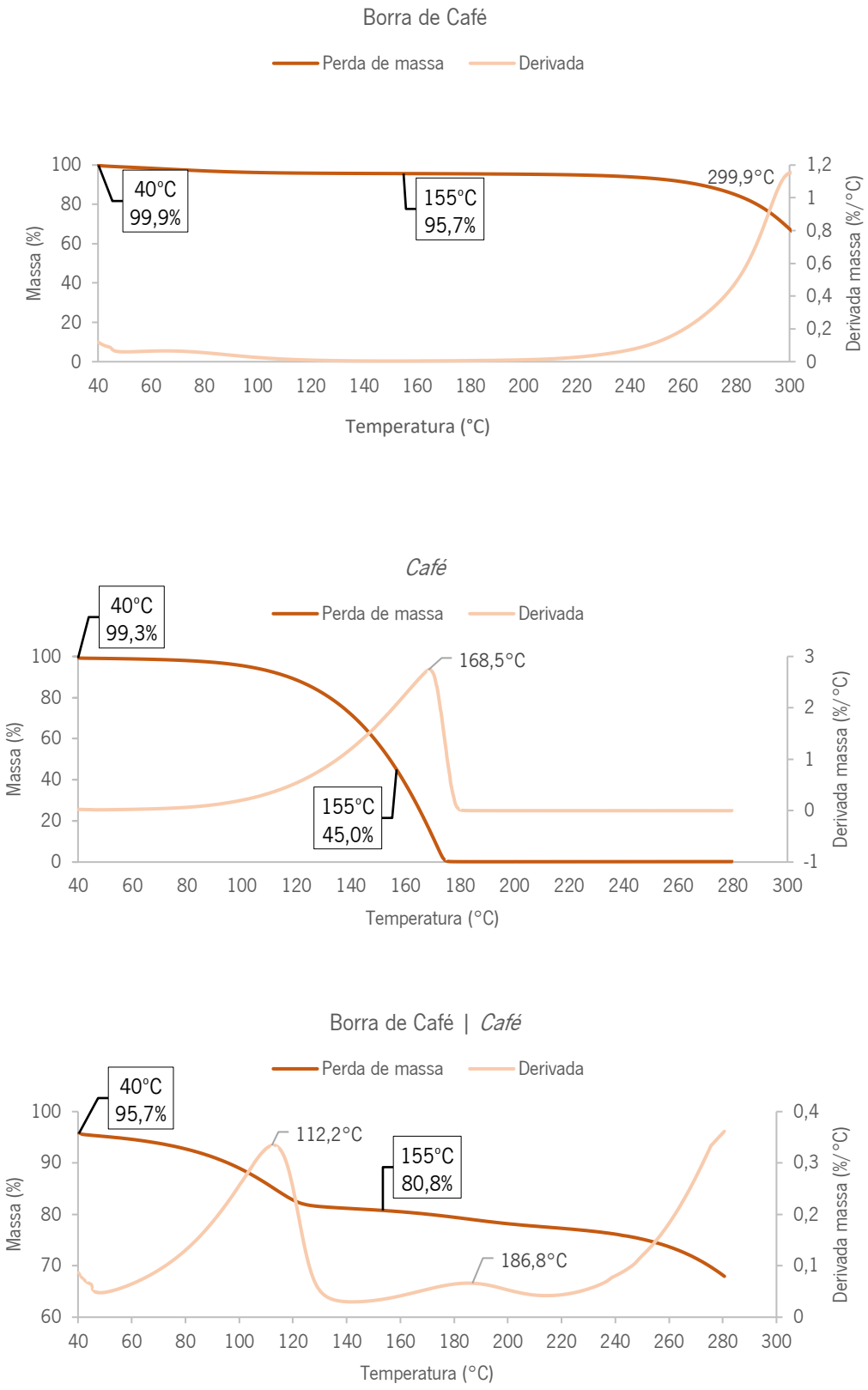
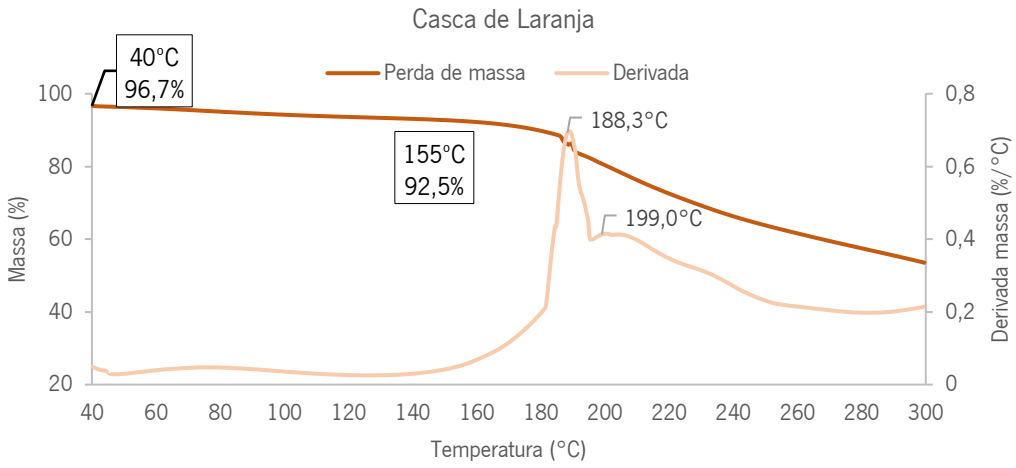


Figura 14 – Gráficos resultantes dos TGA das composições de Café

Ao analisar o primeiro gráfico, verifica-se um pico único na curva da derivada nos 299,9°C. No segundo gráfico, tal como no primeiro, observa-se também apenas um único pico situado aos 168,5°C. Na análise do último gráfico notam-se dois picos, um aos 112,2°C e o outro aos 186,8°C. A aparição de um pico adicional na mistura pode ser devido à ocorrência de reações entre os componentes do óleo e do material da carga, sendo que essas interações entre ambos levam a mudanças nas temperaturas de volatilização ou decomposição. A perda de massa para a borra de café, aos 155°C, é impercetível, variando de 99,9% para 95,7%, para o óleo essencial de 99,3% para 45%, redução de 54,3%, e a mistura de café sofre uma variação de 95,7% para 80,8%, ou seja, 14,9%, que indicia que possivelmente o óleo adicionado é retido aquando da incorporação da carga. Estes resultados são positivos, uma vez que a volatilização do óleo passa a ocorrer a temperaturas mais elevadas, permitindo que o odor se propague.

A Figura 15 apresenta os gráficos resultantes dos TGA relativos às composições de laranja: o primeiro é relativo às cascas de laranja, previamente submetida a um processo de secagem utilizando uma estufa Binder; o segundo ao óleo essencial Tangerine Musk; e o terceiro à mistura com 80% de cargas de cascas de laranja e 20% de óleo essencial Tangerine Musk.



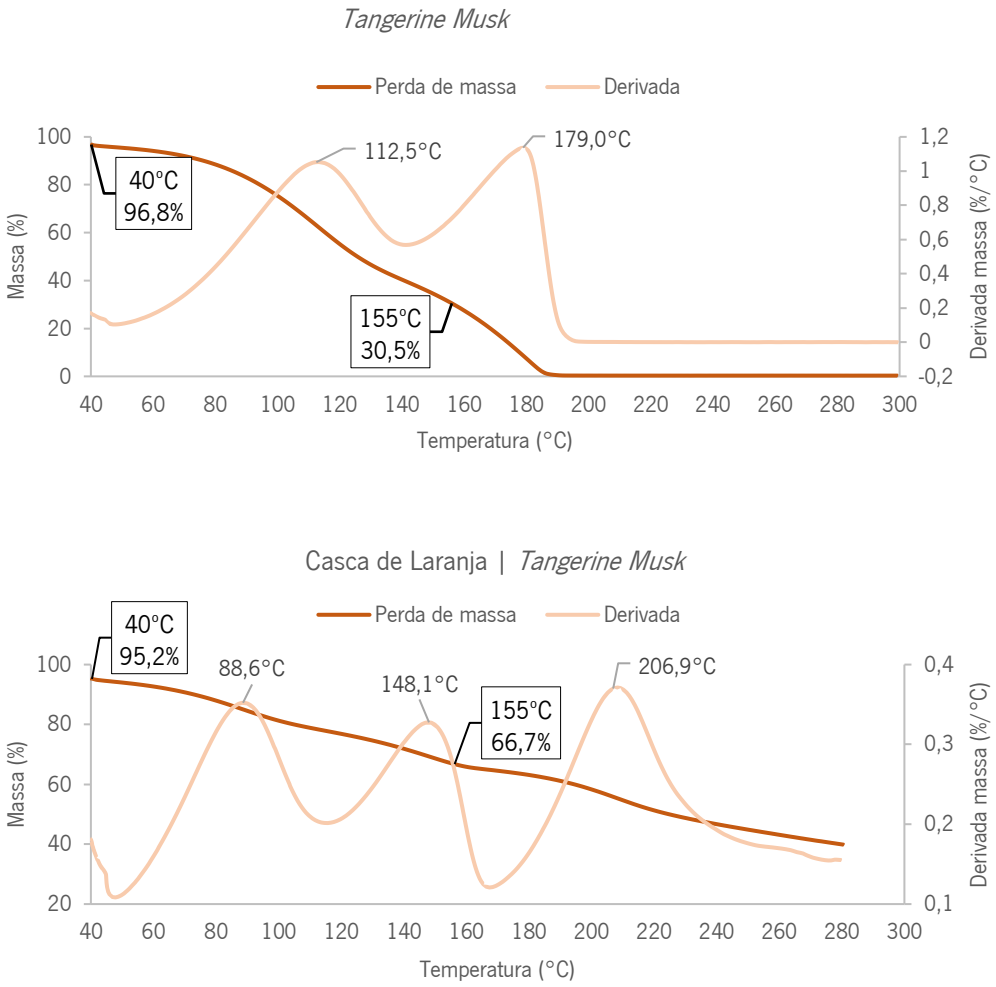


Figura 15 – Gráficos resultantes dos TGA das composições de Laranja

Com a análise do primeiro gráfico, nomeadamente a derivada da curva de perda de massa, identificam-se dois picos distintos, localizados em 188,3°C e 199,0°C. Ao analisar o segundo gráfico, verificam-se também dois picos, à semelhança dos resultados obtidos para a casca de laranja, localizados em 112,5°C e 179,0°C, o que pode sugerir que cada pico possa estar relacionado com diferentes compostos voláteis presentes no óleo essencial, que evaporam a diferentes temperaturas. Na análise do último gráfico notam-se três picos de destaque em temperaturas de 88,6°C, 148,1°C e 206,9°C. À semelhança dos resultados obtidos para as composições café, também a mistura dos componentes apresenta mais um pico na derivada da perda de massa, que pode indicar interações entre ambos. À temperatura de processamento, 155°C, verifica-se para a carga uma perda de massa de 96,7% para 92,5%, para o óleo essencial de 96,8% para 30,5% e para a mistura de 95,2% para cerca de 70%. Da temperatura de início do

ensaio até à temperatura de processamento, a perda de massa para a mistura é de 28,5%, para carga de 4,2% e para o óleo essencial de 66,3%, o que pode indicar que a mistura dos componentes impede que a volatilização do óleo aconteça mais rapidamente, ou seja, a temperaturas mais baixas.

Considerando os resultados obtidos, pode-se concluir que tanto as borras de café como as cascas de laranja são muito estáveis termicamente à temperatura de processamento. Relativamente aos óleos esses ciais, haverá alguma perda aquando da preparação dos compósitos e subsequentes processos produtivos.

3.6. PREPARAÇÃO DE COMPÓSITOS

A preparação dos materiais compósitos pressupõe a junção das misturas - carga mais os óleos essenciais – com o biopolímero – dois grades do F38 na Nurel, um apropriado para extrusão e outro para injeção. Contudo, com a finalidade de se perceber quais as percentagens de mistura e de biopolímero se deveriam adicionar para obter o compósito, foi primeiro realizado um estudo que envolvia apenas a junção das cargas com o biopolímero, isto é, sem os óleos. Neste estudo compuseram-se misturas de carga de laranja com o biopolímero. De forma a se obter uma mistura homogênea, utilizou-se uma micro-extrusora duplo fuso (Xplore) co-rotativa, visível na Figura 16 e disponível no Pólo de Inovação em Engenharia de Polímeros – PIEP -, de parafusos cónicos verticais. Foi usada uma fieira de diâmetro de 3 mm, uma velocidade de rotação dos parafusos de 5rpm, uma temperatura do fundido igual a 155°C e um tempo de mistura de aproximadamente 20 segundos. Esta extrusora apenas permite uma produção em escala reduzida, de 10 gramas de material de cada vez, o que levou a repetição do processo até se obter 220 gramas.



Figura 16 – Micro-extrusora duplo fuso (Xplore) co-rotativa

Uma vez que o biopolímero apresentava dois grades, optou-se por realizar composições com ambos os grades e com 10%, 20%, 30% e 40% de carga. Na Figura 17 pode-se observar as composições realizadas com o grade de extrusão e com, respetivamente, 10%, 20%, 30% e 40% de carga.

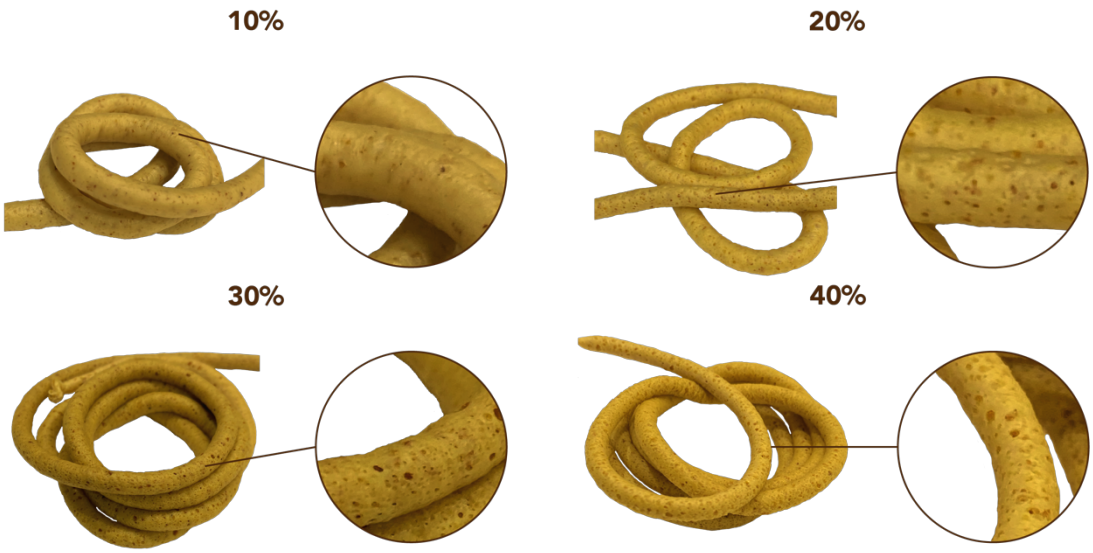


Figura 17 – Composições grade de extrusão com diferentes percentagens de carga

Através da análise das composições resultantes, verifica-se que as composições com 30% e 40% de carga se apresentam bastante porosas, o que leva à rejeição destas percentagens de carga. Pelo contrário, as composições com 10% e 20% de carga apresentam-se menos porosas, logo aptas para seleção. Todavia, a composição com 20% foi a eleita, dado o facto de contar uma maior percentagem de carga o que se traduz numa maior quantidade de reaproveitamento dos resíduos agroalimentares e menos quantidade de biopolímero. Na Figura 18 pode-se observar as composições realizadas com o grade de injeção e com, respetivamente, 10%, 20%, 30% e 40% de carga.

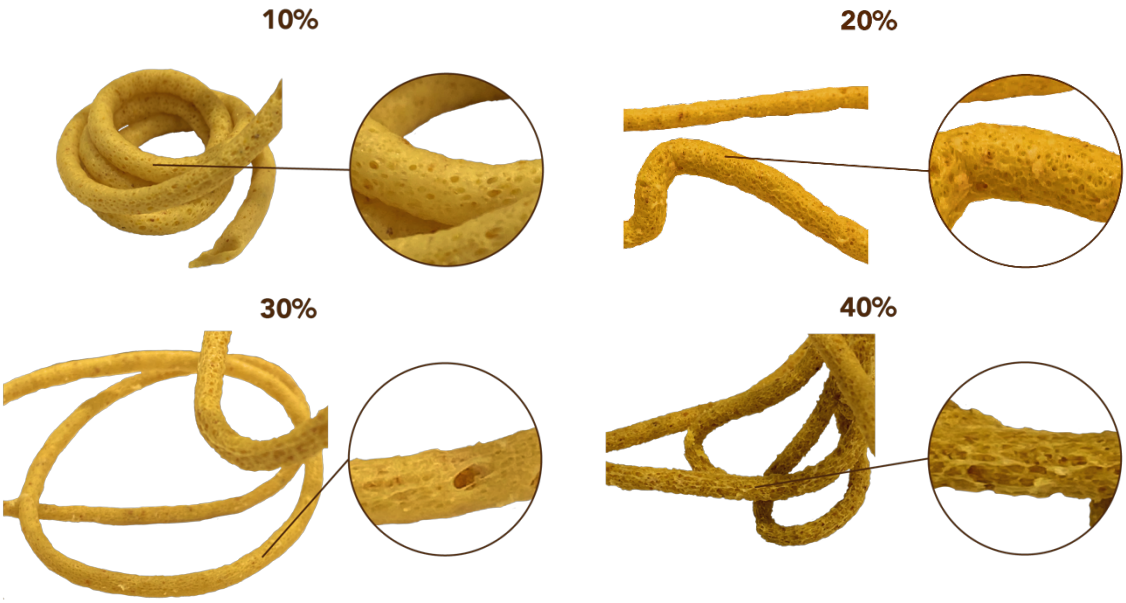


Figura 18 – Composições grade de injeção com diferentes percentagens de carga

As composições resultantes com este grade revelaram-se todas demasiado porosas, até mesmo as de menor percentagem, o que leva à rejeição da grade de injeção. Deste modo, a grade de extrusão do F38 da Nurel foi o selecionado para a criação dos materiais compósitos, quer de laranja, quer de café.

3.7. MOAGEM DOS COMPÓSITOS

A moagem dos compósitos foi realizada com recurso do moinho GRIND, tendo se revelado crucial para a diminuição da granulometria dos materiais compósitos. A Figura 19 mostra a diferença entre o material extrudido antes e depois da moagem no moinho GRIND.



Figura 19 – Material extrudido antes e depois da moagem

3.8. INJEÇÃO DE PROVETES

Para a produção dos provetes recorreu-se à injetora BOY 22A, tendo sido produzidos 10 provetes de cada composição, injetados a 145°C e a 155°C – o que permitiu determinar o efeito da temperatura nas propriedades mecânicas dos materiais. Na Figura 20 observam-se as dimensões, em milímetro, dos provetes injetados.

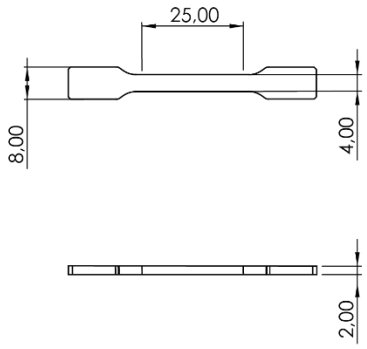


Figura 20 – Dimensões dos provetes, em milímetros

A Figura 21 apresenta os provetes injetados utilizando, respetivamente, o biopolímero F38, as composições de laranja contendo o óleo essencial Oranger Must BB e Tangerine Musk em 4%, o provete produzido a partir das composições de café também na mesma percentagem, e os provetes compostos com as composições de laranja e café sem adição de óleo essencial. Com a análise dos provetes, verifica-se apenas que as partículas não se encontram dispersas de forma uniforme, não se verificando outras alterações visíveis nos corpos de prova com diferentes composições. Para além disto, retira-se que a temperatura de injeção não apresenta <qualquer efeito no aspeto dos provetes.



Figura 21 – Aspeto dos diferentes provetes injetados

3.9. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Com o propósito de se puder avaliar se um material detém as propriedades ideais para a aplicação necessária, é necessário analisar algumas das características do mo. A caracterização de um material consegue-se através da realização de ensaios térmicos, mecânicos, reológicos, químicos e óticos, ensaios estes realizados aos materiais e/ou componentes deste que se pretende desenvolver.

3.9.1. CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA – ÍNDICE DE FLUIDEZ (MFI)

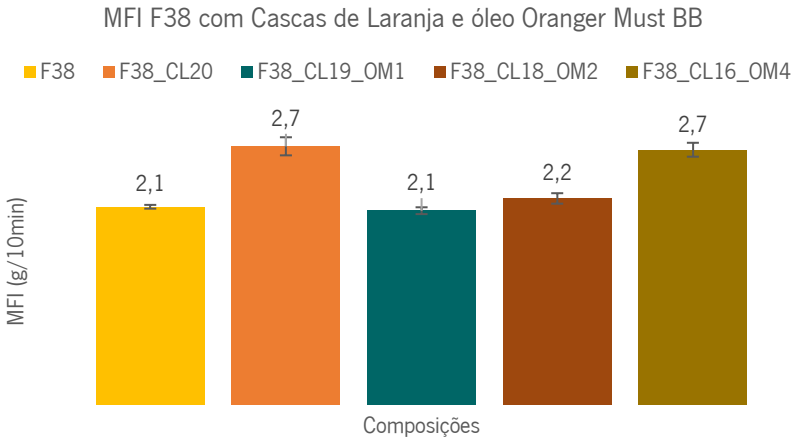
Tal como o nome indica, o MFI permite medir a fluidez ou viscosidade de um material a determinada temperatura e pressão. Com o aumento de temperatura do fundido, ocorre um aumento proporcional do valor de MFI, pois o material torna-se menos resistente ao fluxo [56]. Para o estudo foram realizados diversos ensaios de MFI, no equipamento Daventest, para se puder perceber de que forma a viscosidade é alterada com a adição das cargas e dos óleos essenciais ao biopolímero virgem. Inicialmente testou-se o F38 a 160°C, tendo sido utilizado um porta-peso com 2,160 kg e estabelecido um período de pré-aquecimento de 5 minutos até se atingir a primeira marca de referência. Após o período de pré-aquecimento, deu-se início ao ensaio, sendo que a cada 60 s foi cortada uma amostra até se atingir a segunda marca de referência. Os valores das massas obtidas para cada temperatura, a média e desvio padrão encontram-se registadas no Anexo 2. A Tabela 7 apresenta o valor do MFI para cada temperatura de fundido e intervalo de tempo de corte.

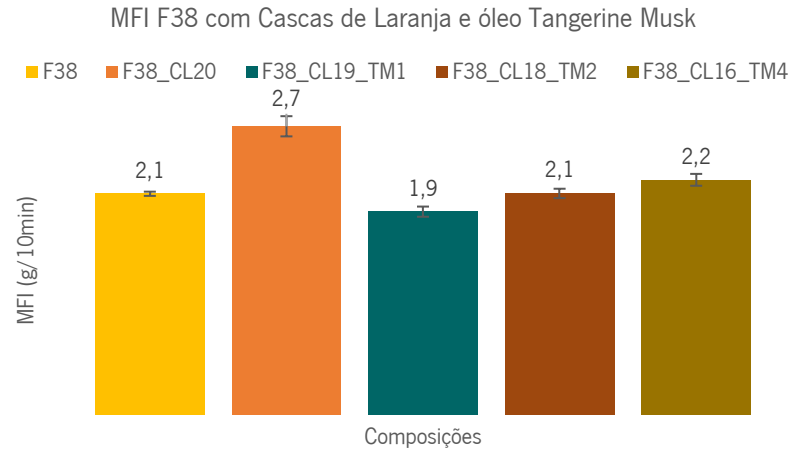
Tabela 7 – Valores MFI do F38

Intervalo de corte (s)	60			
Temperatura do fundido (°C)	160	170	180	190
MFI (g/10min)	2,1	2,8	5,6	7,0

Dadas as temperaturas de ebulição dos óleos essenciais, as misturas necessitam de ser produzidas a baixas temperaturas para que estes não volatizem. Deste modo os MFI foram

realizados a uma temperatura de 160°C. A Figura 22 representa os resultados obtidos para a utilização dos diferentes óleos, com diferentes percentagens de incorporação. O primeiro gráfico é relativo às misturas com óleo essencial de Café. O segundo gráfico refere-se à utilização do óleo essencial Oranger Must BB e o último gráfico ao óleo essencial Tangerine Musk. Dentro dos gráficos as cores das barras correspondem: as amarelas ao valor do MFI para o biopolímero virgem; as laranjas à adição de 20% de carga, apenas, sem óleos; as verdes à adição de 1% de óleo essencial; as bordeaux à adição de 2% de óleo essencial; e as castanhas à adição de 4% de óleo essencial.





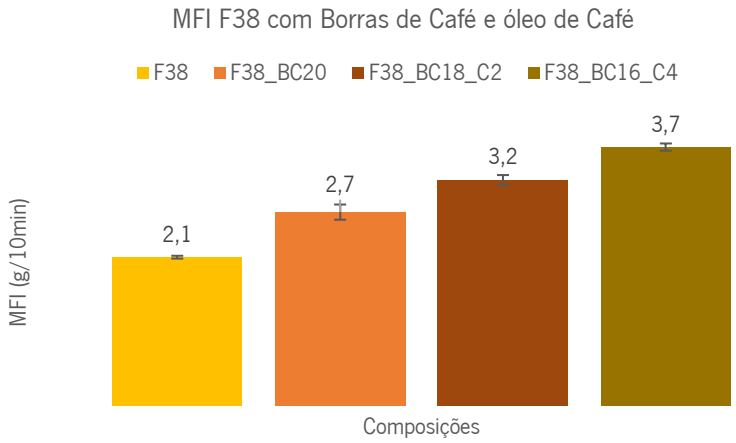


Figura 22 – Resultados obtidos do MFI a 160°C

Com a análise dos gráficos anteriores, observa-se que uma variação substancial dos valores de MFI para as misturas com óleo essencial de Café, entre os 3,2 g/10min e os 3,7 g/10min. As misturas com o óleo essencial Oranger Must BB apresentou valores de MFI entre 2,1 e 2,7 g/10min, correspondendo a 1% e 4% de óleo, respetivamente, enquanto para as misturas com o óleo essencial Tangerine Musk entre os 1,9 e 2,2 g/10 min. Aquando da adição de 20% de carga ao biopolímero, observa-se que o valor do MFI varia de 2,1 g/10 min para 2,7 g/10 min, o que pode ser considerada uma variação insignificante, mantendo-se praticamente inalterado, uma vez que varia apenas em 0,6 g/10min. Em todas as composições observa-se que quanto maior for a quantidade de óleo essencial adicionado, mais elevado é o valor de MFI. Na composição contendo café é mais notório o aumento deste valor, por este subir até aos 3,7 g/10min. A incorporação de um componente em estado líquido é expectável que provoque um aumento do índice de fluidez, facilitando a capacidade do material fluir. No entanto, quando comparados os valores obtidos para o biopolímero e para as composições contendo Oranger Must BB e Tangerine Musk estes mantêm-se praticamente inalterados, considerando-se que a incorporação de óleo até 4%, quantidade máxima, não modifica o valor do MFI de forma substancial. Na comparação dos valores obtidos para o biopolímero e para composição de café apesar de o MFI não subir exageradamente, verifica-se um ligeiro aumento de 1,6 g/10min.

3.9.2. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA - ENSAIO DE TRAÇÃO

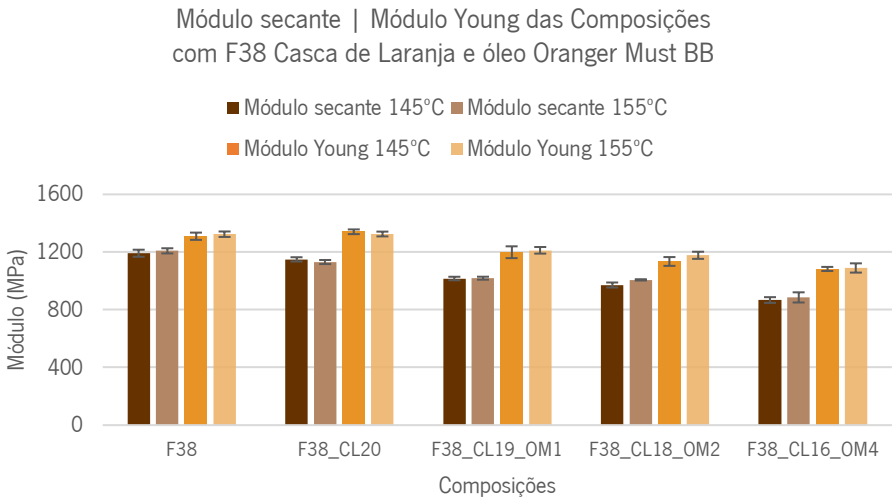
Para se efetuar a caracterização mecânica dos materiais compósitos a criar e/ou componentes destes, realizou-se ensaios de tração. Estes ensaios consistem na aplicação de uma força/carga de tração uniaxial num corpo, normalmente padronizado, nos quais os corpos são alongados até à rutura do material, sendo as deformações uniformemente distribuídas ao longo do corpo. Nos ensaios de tração são medidas a tensão e a deformação correspondente dos materiais [57].

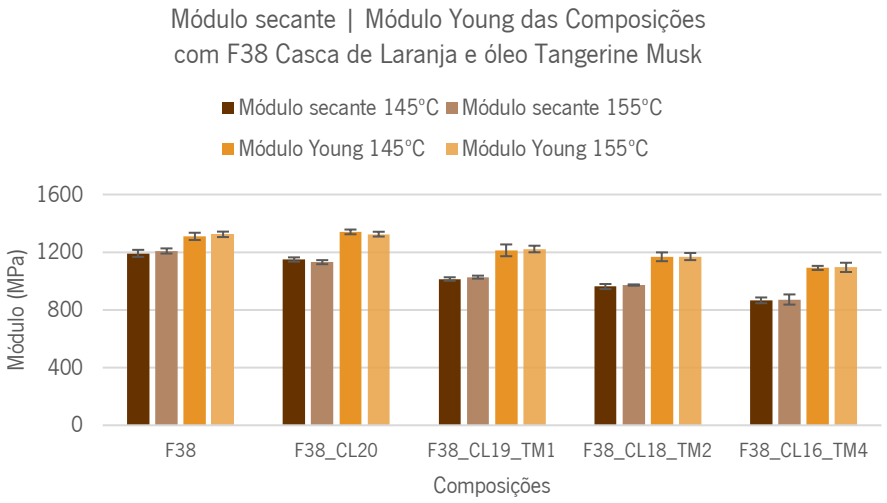
Para o caso de estudo, os ensaios de tração foram realizados com recurso ao equipamento Instron 5969, de acordo com a norma ASTM D638, à temperatura ambiente e a uma velocidade de 50mm/min. Os corpos testados foram provetes padronizados de mistura de F38 com apenas as cargas, de café e de laranja, e também com diferentes percentagens de óleos essenciais de ambos os odores a fim de compreender o impacto dessa inclusão nas propriedades mecânicas. Os provetes foram injetados a diferentes temperaturas, especificamente 145°C e 155°C, representando as temperaturas mais baixas nas quais o processo de moldação pôde ser realizado. Para cada material testado calculou-se módulo de Young e módulo secante, deformação à rutura e tensão máxima. Os gráficos de tensão- deformação obtidos encontram-se apresentados no Anexo 3. Para se determinar o módulo secante, seleciona-se uma determinada deformação como referência, 0,1%, e divide-se o valor da tensão correspondente pela deformação. A deformação a 0,1% é uma quantidade pequena o suficiente para ser considerada na região elástica do material, onde o comportamento do material é aproximadamente linear e reversível. Nessa região, o módulo secante é mais representativo da rigidez do material. A Figura 23 apresenta o aspeto visual dos provetes tracionados com algumas das diferentes composições utilizadas, respetivamente: o biopolímero virgem; a mistura de 80% de biopolímero com 20% de carga de laranja; a mistura de 80% de biopolímero com 16% de carga de laranja e 4% de óleo essencial Oranger Must BB; a mistura de 80% de biopolímero com 16% de carga de laranja e 4% de óleo essencial Tangerine Musk; a mistura de 80% de biopolímero com 20% de carga de café; e a mistura de 80% de biopolímero com 16% de carga de café e 4% de óleo essencial de Café.



Figura 23 – Provetes tracionados com diferentes composições

Na Figura 24 observam-se os valores do módulo secante e do módulo de Young e os respetivos desvios-padrão. O eixo horizontal corresponde à nomenclatura das composições, que engloba o biopolímero, o biopolímero com adição de carga em 20% e a mistura contendo óleo essencial em percentagens de adição de 1%, 2% e 4%. O eixo vertical corresponde ao valor do módulo para uma determinada composição. As barras a castanho são referentes ao valor do módulo secante e as barras a laranja referem-se ao valor do módulo de Young, sendo que as barras mais escuras dentro de cada cor são alusivas à temperatura de injeção dos provetes de 145°C e as mais claras à temperatura de 155°C. O primeiro gráfico é relativo à utilização do óleo essencial Oranger Must BB, o segundo ao Tangerine Musk e o último ao óleo essencial de Café.





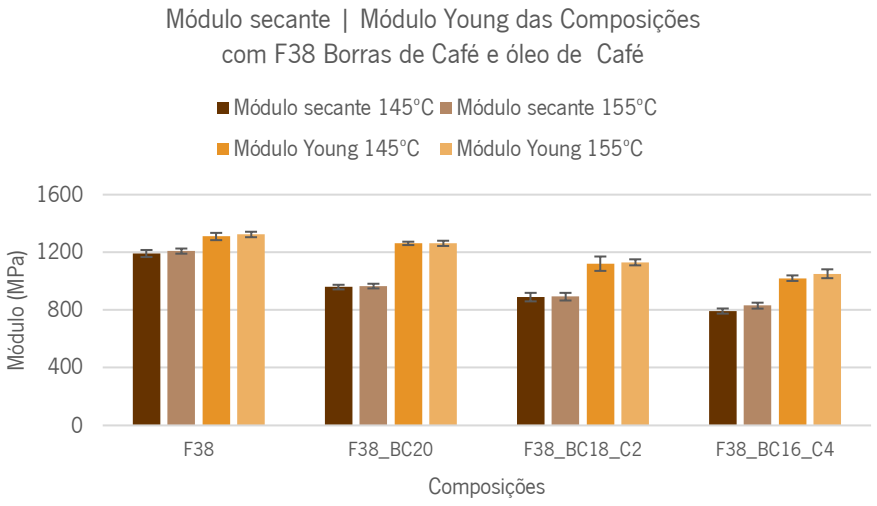
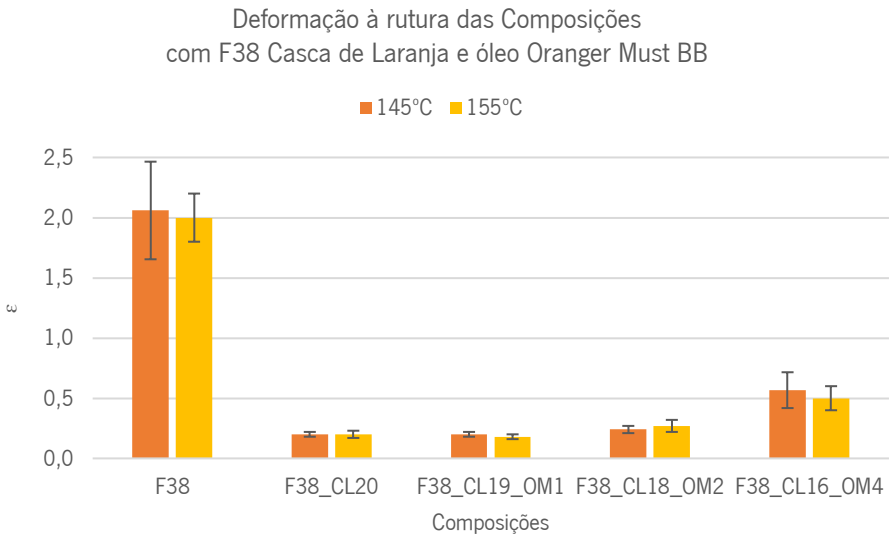


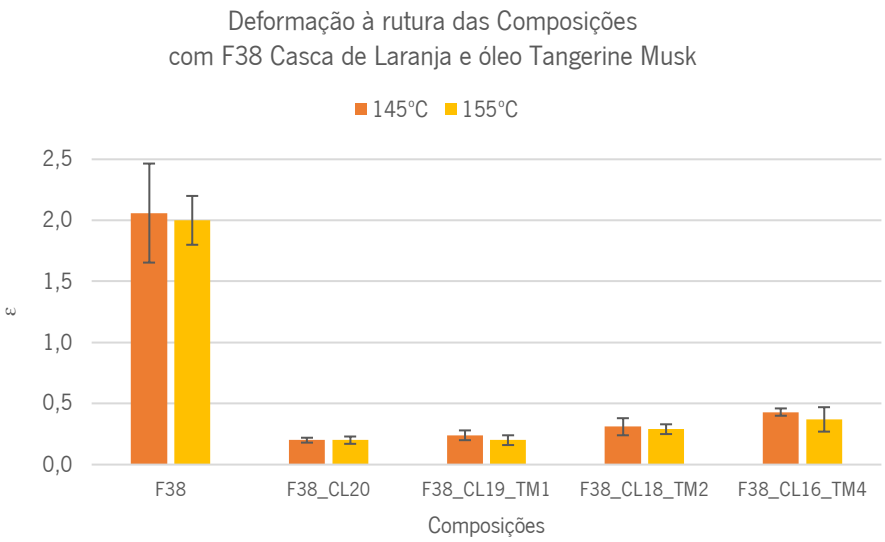
Figura 24 – Módulos secantes e Módulos de Young das diferentes composições

Através da análise dos gráficos acima, observa-se que a temperatura de injeção não exerce um impacto significativo sobre os valores dos módulos. No que toca ao módulo secante, observou-se uma variação de aproximadamente 40 MPa ao passar de 145°C para 155°C na composição que continha 4% de óleo essencial Café. No caso do módulo de Young, a variação foi de aproximadamente 43 MPa, de 145°C para 155°C, na composição com 2% de Oranger Must BB. Essas variações têm um efeito residual, uma vez que estão dentro de uma margem de erro de 5%.

A fim de se analisar o impacto da adição de óleo essencial na variação do módulo secante, foram tidos em conta os resultados para uma temperatura de 145°C. Quando comparados os resultados obtidos com as composições com 80% de biopolímero e 20% de carga, ambos os resíduos, e com as composições contendo óleo essencial verifica-se que com a diminuição da quantidade de carga utilizada, e consequentemente, aumento da quantidade de óleo essencial, o valor dos módulos diminui. Existe uma variação de 282MPa aquando da passagem da mistura com cargas de laranja apenas para a mistura com 4% de óleo Oranger Must BB, 283,1MPa da mistura com cargas de laranja apenas para a mistura com 4% de óleo Tangerine Must e 166,2MPa da mistura com cargas de café apenas para a mistura com 4% de óleo de Café. O mesmo se verifica para o módulo de Young. Desta forma, é possível concluir-se que ambos os módulos sofrem uma redução com a adição de óleo essencial, uma vez que este pode agir como plasticizante, provocando uma redução das forças de atração entre as cadeias poliméricas, aumento da mobilidade molecular e, por consequência, da flexibilidade do material. Ao comparar o módulo secante do biopolímero com a mistura com 4% de óleo de Oranger Must BB, a mistura com 4% de óleo de Tangerine Musk e a mistura com 4% de óleo de Café, verifica-se uma redução, respetiva, de 324,4MPa, 324,7MPa e 399MPa. Uma vez que estas diminuições se apresentam significativas, observa-se uma diminuição na rigidez do material.

A Figura 25 apresenta os valores da deformação à rutura e o respetivo desvio padrão. O eixo horizontal corresponde à nomenclatura das composições, que engloba o biopolímero, o biopolímero com adição de carga em 20% e a mistura contendo óleo essencial em percentagens de adição de 1%, 2% e 4%. O eixo vertical corresponde à deformação à rutura para cada composição. O primeiro gráfico é relativo à utilização do óleo essencial Oranger Must BB, o segundo ao Tangerine Musk e o terceiro ao Café. Dentro destes, as barras a laranja são referentes à temperatura de injeção dos provetes de 145°C e as barras amarelas são referentes à temperatura de injeção dos provetes de 155°C.





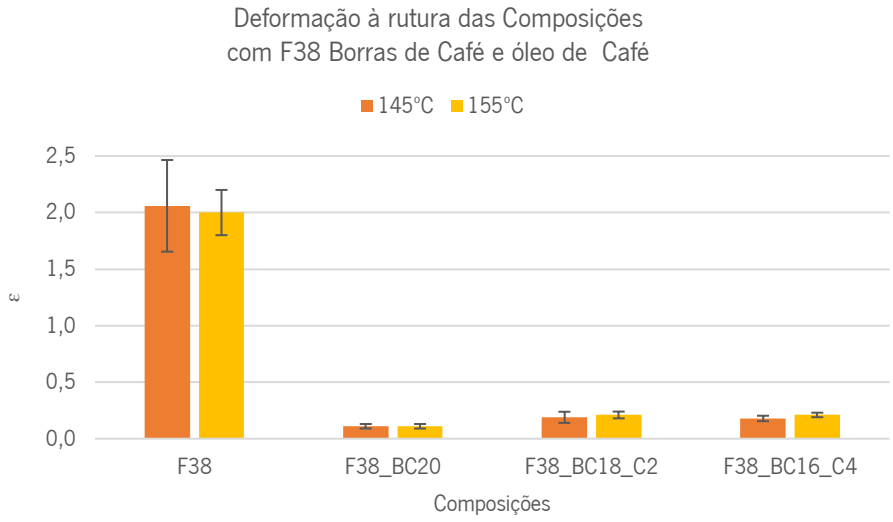


Figura 25 – Deformação à rutura das diferentes composições

Na figura acima verifica-se que a temperatura de injeção dos provetes, não influencia significativamente a deformação à rutura, à semelhança do ocorrido com o módulo secante e módulo de Young. Quando comparamos os resultados obtidos com as composições obtidas a uma temperatura de injeção de provetes de 145°C com 20% de carga, de ambos os resíduos, com aquelas com óleo essencial, verifica-se um aumento na deformação com a redução da quantidade de carga e, consequentemente, com o aumento da quantidade de óleo essencial. De forma geral, a redução da quantidade de carga, quer de laranja, quer de café, resulta num aumento na deformação antes da rutura. Os resultados demonstram que o aumento de óleo essencial numa composição, combinada com a redução da quantidade de carga, tem impacto nas propriedades de deformação do material tornando-o mais flexível - permitindo uma maior deformação antes da rutura. Logo, as misturas com maiores percentagens de óleo essencial apresentaram valores de deformação superiores quando comparadas com as restantes. Os resultados obtidos nos testes de deformação são consistentes com as conclusões dos testes de módulo. Quanto maior o módulo de elasticidade de um material, mais rígido ele é, materiais com módulos mais altos tendem a apresentar menos deformação antes de atingirem o ponto de rutura. Esses resultados refletem a relação direta entre a rigidez do material, medida pelo módulo de elasticidade, e a deformação à rutura: quanto mais rígido o material, menos ele se deforma antes de romper.

Na Figura 26 encontram-se apresentados os valores da tensão máxima e do desvio padrão. O eixo horizontal corresponde igualmente à nomenclatura das composições, o biopolímero, o biopolímero com adição de carga em 20% e a mistura com óleo essencial em percentagens de adição de 1%, 2% e 4%. O eixo vertical corresponde à tensão máxima para cada composição. O primeiro gráfico é relativo à utilização do óleo essencial Oranger Must BB, o segundo ao Tangerine Musk e o último ao Café. Dentro destes, as barras castanhas são referentes à temperatura de injeção dos provetes de 145°C e as barras laranjas são referentes à temperatura de injeção dos provetes de 155°C.

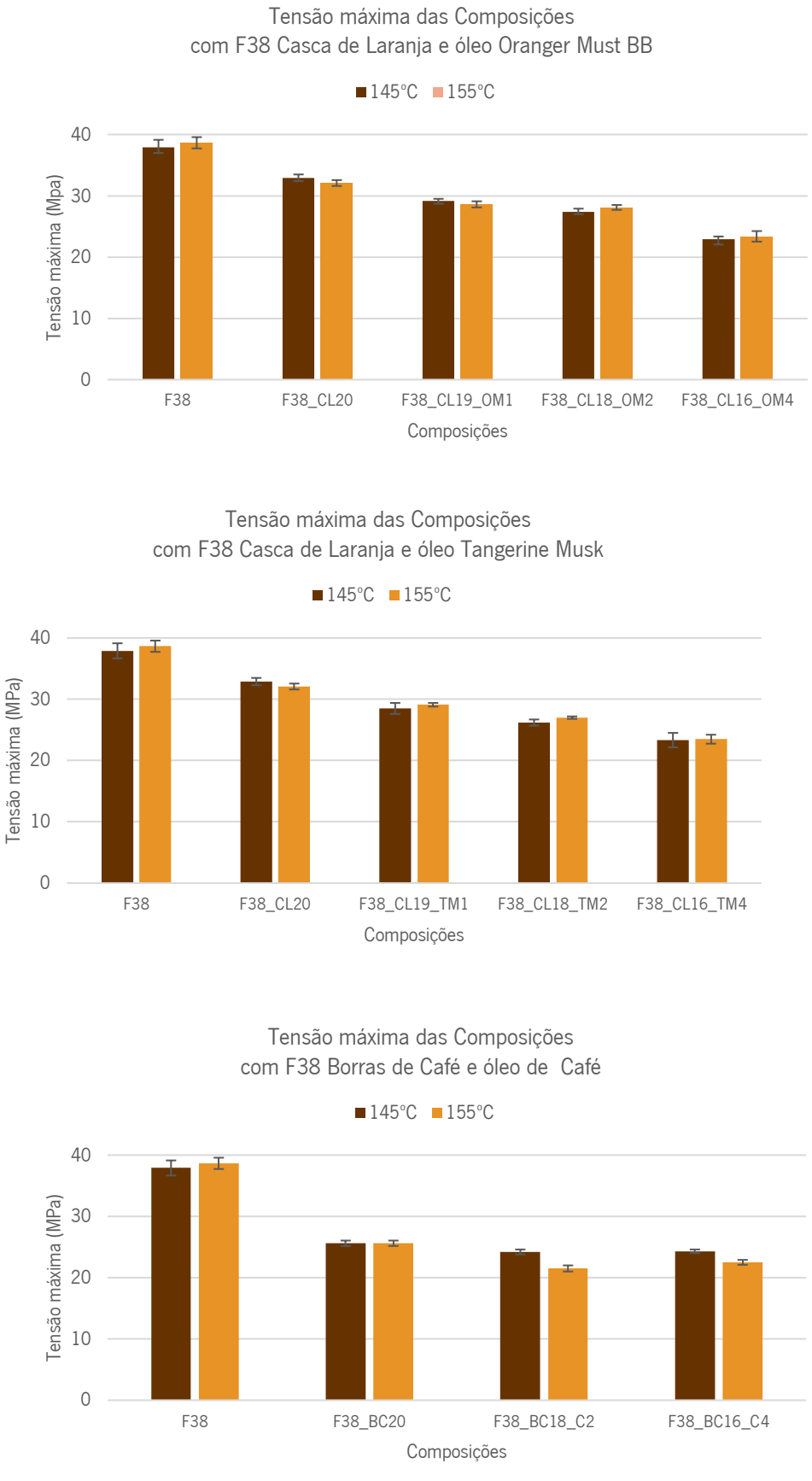


Figura 26 – Tensão máxima das diferentes composições

Com a análise da Figura 26 verifica-se que não há influência significativa da temperatura de injeção dos corpos de prova no valor da tensão máxima, assim como no valor dos módulos e da deformação à rutura. Os resultados obtidos a uma temperatura de injeção dos corpos de prova de 145°C foram utilizados para comparar a variação da tensão máxima com a incorporação de óleo. Ao comparar a mistura com 20% de carga de laranja com a mistura com 4% de óleo Oranger Must BB verifica-se um decréscimo no valor de 10MPa, a mistura com 20% de carga de laranja com a mistura com 4% de óleo Tangerine Musk um decréscimo de 9,6MPa e para a composição com 4% de Café de 1,3MPa. A diferença significativa na tensão máxima entre a composição com 4% de óleo e sem óleo pode dever-se ao facto de o óleo essencial agir como um plasticizante, que reduz as forças de atração entre as cadeias poliméricas e leva a uma menor resistência do material à deformação. Para além disto, a diminuição na quantidade de carga, que geralmente reforça a matriz polimérica, pode ter alguma influência.

3.9.3. TESTE À LIBERTAÇÃO E PERMANÊNCIA DE ODOR

De modo a avaliar a libertação e intensidade de odor durante um determinado período de tempo, recorre-se a escalas de intensidade de aroma que permitem uma avaliação através de um grupo de avaliadores. De acordo com a escala de intensidade de odor padrão alemão VDI 3940, os avaliadores atribuem valores de 0 a 6 para caracterizar a intensidade do odor em análise [58]. Esta escala consiste em:

0 = Ausência de aroma

1 = Muito fraco

2 = Fraco

3 = Moderado

4 = Forte

5 = Muito forte

6 = Extremamente forte

Com o objetivo de testar a libertação e a permanência do odor dos materiais compósitos em estudo, procedeu-se à produção de discos com 25mm de diâmetro, para ambos os resíduos e apresentados na Figura 27, através de moldação por compressão com recurso a uma prensa hidráulica com uma temperatura de aquecimento de 165°C.



Figura 27 – Discos obtidos por compressão para avaliação do odor de café e de laranja

Para que fosse possível avaliar a intensidade do odor dos discos, recrutou-se um painel de 10 indivíduos que se comprometeram a realizar uma avaliação olfativa dos mesmos em intervalos semanais. Estas avaliações foram efetuadas de acordo com as diretrizes estabelecidas no padrão VDI 3940 da Alemanha, como anteriormente mencionado. Contudo, optou-se por eliminar o último nível de avaliação (6 = Extremamente forte), de forma a simplificar o processo de atribuição de pontuações, visto o painel não se apresentar devidamente treinado. Assim sendo, a escala passou a ser:

0 = Ausência de odor

1 = Odor muito fraco

2 = Odor fraco

3 = Odor moderado

4 = Odor forte

5 = Odor muito forte

A Tabela 8 sumariza a média das pontuações obtidas para os discos produzidos com a adição dos óleos essenciais Oranger Must BB, Tangerine Musk e Café em 1%, 2% e 4% cada, ao longo de oito semanas. É relevante mencionar que a partir da quinta semana, a composição que continha 1% de café foi excluída da análise devido à sua baixa libertação de aroma, indicando uma eficácia insatisfatória nesse aspeto.

Tabela 8 – Valores médios obtidos nos testes de libertação de odor ao longo de 8 semanas

Óleo Essencial	**Oranger Must BB**			**Tangerine Musk**			**Café**		
Incorporação de óleo (%)	1	2	4	1	2	4	1	2	4
Média / Semanas									
1	2,6	3,6	4,6	2,8	3,8	4,8	1,2	3,0	4,0
2	2,6	3,6	4,6	2,8	3,8	4,8	1,0	2,6	3,6
3	2,4	3,4	4,4	2,8	3,8	4,8	0,8	2,0	3,0
4	2,4	3,4	4,4	2,8	3,8	4,8	0,6	1,8	3,0
5	2,4	3,4	4,4	2,8	3,8	4,8	-	1,4	2,2
6	1,8	2,8	3,8	2,4	3,4	4,4	-	0,8	1,8
7	1,8	2,8	3,8	1,8	2,8	3,8	-	0,8	1,6
8	1,8	2,8	3,8	1,8	2,8	3,8	-	0,6	1,6
Média 8 semanas	2,2	3,2	4,2	2,5	3,5	4,5	-	1,7	2,7

Com a observação da tabela acima, pode-se que os discos com 4% de óleo essencial apresentam, como era de esperar, uma classificação superior às restantes. Observa-se também que ambos os óleos de laranja apresentam resultados semelhantes nas diferentes percentagens, ao contrário do óleo de café que apresenta valores bem inferiores quando comparado com os restantes óleos. Disto retira-se que o óleo essencial de Café possui uma intensidade menor que o óleo Oranger Must BB e o óleo Tangerine Musk.

3.10. SELEÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS A UTILIZAR

Com a caracterização dos materiais dada por terminada, foi possível selecionar as misturas ideais para a aplicação desejada, considerado os resultados obtidos e o objetivo da presente dissertação: a criação de novos produtos sustentáveis baseados numa economia circular relacionados quer às indústrias dos quais os resíduos agroalimentares são oriundos, quer a áreas que comercializem bens ou produtos associados aos odores em estudo, de forma a valorizar e enfatizar o recurso a resíduos agroalimentares na estrutura dos mesmos. Uma vez que os produtos a desenvolver seriam produzidos, estariam expostos e, só depois, é que alcançariam os consumidores, a libertação de odor deve-se apresentar extensa e intensa. Desta forma, selecionaram-se as misturas com 4% de óleo, devido ao facto de apresentarem uma maior percentagem sendo que nos testes realizados os valores obtidos apresentaram apenas ligeiras diferenças, nenhuma delas limitadora. Visto existirem duas opções de óleos essenciais co odor a laranja, foi necessário selecionar apenas um. Devido à sua pontuação superior no teste de libertação e permanência de odor, selecionou-se o óleo Tangerine Musk.

PARTE II - PRODUTOS

4. PRODUTOS

Como anteriormente referido, um dos objetivos da presente dissertação consiste na criação de novos produtos relacionados quer com as indústrias dos quais os resíduos agroalimentares são oriundos, quer com as áreas que comercializem bens ou produtos associados aos odores em estudo, de forma a valorizar e enfatizar o recurso a resíduos agroalimentares na estrutura dos mesmos. Assim, foi definido que seriam criados um produto relacionado com o odor a café e um produto relacionado com o odor a laranja. Dada a natureza dos resíduos agroalimentares, os produtos a desenvolver foram intuitivamente definidos como produtos relacionados com alimentos/indústria alimentar. Contudo, estipulou-se que os produtos não poderiam ser produtos de contacto direto com alimentos devido à falta de conhecimento sobre os efeitos secundários que óleos essenciais utilizados, em específico, podem causar nos alimentos e nos consumidores destes. Apenas certos óleos essenciais são considerados como "geralmente seguros" pela FDA - Food and Drug Administration [21].

O processo de criação destes dois produtos dividiu-se em diversas etapas: estado da arte geral, seguido da seleção da tipologia dos produtos a projetar para cada odor; estado da arte, individual e relativo à tipologia dos produtos selecionada; esboços de conceitos e seleção do conceito a desenvolver; e desenvolvimento dos conceitos selecionados.

4.1. ESTADO DA ARTE

Durante a conceção de um novo produto, para além da necessidade de compreender como este poderá ser desenvolvido – no que diz respeito a técnicas e metodologias –, é também necessário perceber que produtos semelhantes já existem no mercado para se obter um produto inovador e de valor acrescido quando comparado com os concorrentes. Assim sendo, a primeira etapa do processo de criação de cada um dos produtos consistiu num estado da arte. Foi então realizado um levantamento de diferentes produtos já existentes relacionados com o reaproveitamento de resíduos agroalimentares, de onde se retirou que na atualidade estes resíduos são utilizados em: i) compostos bioativos para a indústria alimentar [59]; ii) bioplásticos, como PHBV, PLA, PHB, PHA, entre outros, nomeadamente para a produção de embalagens alimentares, películas e películas comestíveis; iii) papel e cartão; e iv) outros, como

biocombustíveis e pigmentos [60]. Para além disto, verificou-se que a indústria alimentar é aquela que nos últimos anos mais adaptou os seus comportamentos em direção a um caminho mais sustentável. Muitas empresas têm vindo a investir no desenvolvimento de embalagens e produtos de utilização única sustentáveis e inovadoras com o reaproveitamento de resíduos agroalimentares. A Tabela 9 apresenta algumas alterações e estratégias realizadas por algumas empresas globais [60].

Tabela 9 – Ações e estratégias de empresas globais para embalagens sustentáveis [60]

Empresa	Estratégia de Embalagem	Ação Sustentável
Coca-Cola	PET Transparente	Transição do polietileno (PET) verde para o transparente
McDonald's e Costa Coffee	Copos de Papel	Sistema de reciclagem de copos para levar
Danone	Copos de PET e rPET	Substituição de embalagens de poliestireno (PS) por polietileno (PET)
PepsiCo	Plásticos 100% recicláveis ou renováveis	Eliminação da utilização de plásticos virgens de origem fóssil nas embalagens de batatas fritas de pacote
Unilever (Carte D'Or)	Recipientes e tampas de papel	Transição de embalagens de gelados de plástico para recipientes e tampas de papel
Kraft Heinz (Kraft Mac & Cheese)	Copo para micro-ondas à base de fibra reciclável	Substituição dos copos de plástico não recicláveis
Kraft Heinz (Shake 'N Bake)	Recipiente reutilizável	Remoção do saco de plástico "shaker" dos dos seus produtos
Mondelez	Embalagem reciclável	Substituição de todas as embalagens não recicláveis por embalagens de material 100% reciclável
Nestlé	Soluções de embalagem sustentáveis	Acelerar o desenvolvimento de soluções de embalagem sustentáveis
Tesco	Embalagens reutilizáveis e recarregáveis	A estratégia de embalagem 4Rs da Tesco (Remover, Reduzir, Reutilizar, Reciclar)
Starbucks	Tampa sem palhinha reciclável e palhinha de papel ou plástico compostável	Eliminação das palhinhas de plástico de utilização única e desenvolvimento de palhinhas de materiais alternativos
Bacardi	Plástico reciclável	Substituir o plástico Non-Refillable Fitment (NRF), comum em todo o sector das bebidas espirituosas

Com a análise da informação acima apresentada, definiu-se que os produtos a desenvolver para cada um dos odores seriam embalagens secundárias, devido à atenção que as embalagens têm vindo a receber no que toca a mudanças de comportamentos por parte de empresas do setor alimentar. No que diz respeito ao produto de café optou-se por projetar uma embalagem de cápsulas de café que, posteriormente, se converte num expositor de cápsulas para a casa do consumidor – produto multifuncional -, e para o produto de laranja optou-se por projetar uma embalagem para uma compota de laranja, ou outro do género.

Posteriormente à seleção da tipologia de produtos, decidiu-se selecionar duas empresas para as quais as embalagens secundárias seriam criadas – uma empresa para cada odor. Com o intuito de se obter uma prova de conceito completa, pretendeu-se que estas duas empresas fossem de diferentes dimensões – uma de maior escala, global, e uma de menor escala, nacional – pois isto significaria diferentes volumes de produção, o que por sua vez exige diferentes tipos de investimento. De qualquer forma, ambas as empresas selecionadas teriam de ser de gama alta/nicho, devido ao facto de as embalagens a desenvolveram apresentarem um custo superior ao custo de embalagens comuns (de papel/cartão). Apenas empresas deste gênero podem investir em produtos secundários diferenciados que proporcionem uma experiência única aos consumidores. Assim sendo, definiu-se que a empresa para a qual a embalagem de café seria projetada deveria ser a Nespresso, uma empresa de grande escala/internacional, dada a popularidade do café a nível mundial. Para empresa da embalagem de laranja selecionou-se a Meia.Dúzia, empresa portuguesa que se distingue pela sua inovação na combinação de sabores e pela sua produção de compotas artesanais e cremes de chocolate de laranja.

Uma vez que os produtos a desenvolver já se encontravam definidos, quer no tipo, quer na identidade, foi necessário realizar uma pesquisa de estado da arte para cada um dos odores. Esta pesquisa permitiu perceber as soluções que cada uma das empresas possuía, que produtos do gênero existiam no mercado e que outros produtos podiam servir como inspiração. Da Figura 28 à Figura 33 observam-se os diferentes produtos recolhidos para o estado da arte da embalagem de cápsulas de café que se converte num expositor.



Figura 28 – Packaging Molde de Caixa, fonte https://www.pinterest.pt/pin/587508713912955244/



Figura 29 – Embalagem Expositora, fonte https://www.nespresso.com/uk/en/order/accessories/original



Figura 30 – Coffee Capsules Holder, fonte https://www.instructables.com/Stylish-Coffee-Capsules-Holder/



Figura 31 – Coffee Pod Holder, fonte https://foter.com/k-cup-pod-holder



Figura 32 – Packaging Coffee Capsules 1, fonte https://www.pinterest.pt/pin/587508713912955897/



Figura 33 – Packaging Coffee Capsules 2, fonte https://www.pinterest.pt/pin/587508713912955922/

Da Figura 34 à Figura 39 observam-se os diferentes produtos recolhidos para o estado da arte da embalagem para uma compota de laranja, ou outro do género.



Figura 34 – Embalagem Singular Retangular, fonte https://www.meiaduzia.com/collections/compotas-artesanais/products/compota-abobora-amendoa



Figura 35 – Box Pasta e Azeite, fonte https://www.meiaduzia.com/collections/azeites/products/box-gastronomica-n-8-pasta-azeitona-galega-figo-azeite



Figura 36 – Embalagem Pack de 6 Hexagonal, fonte https://www.meiaduzia.com/collections/mel/products/pack6-mel-de-portugal

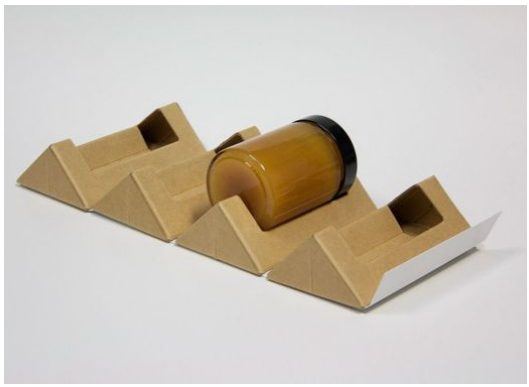


Figura 37 – The True Honey CO, fonte https://www.behance.net/gallery/41281543/The-True-Honey-Co?utm_content=bufferb5f35&utm_medium=social&utm_source=pinterest.com&utm_campaign=buffer



Figura 38 – Packaging Design, fonte https://www.designerpeople.com/blog/packaging/premium-luxury-packaging-design/



Figura 39 – Clicquot Journey, fonte https://www.veuveclicquot.com/en-us/collections/clicquot-journey

4.2. ESBOÇOS DE CONCEITO E SELEÇÃO

O estado da arte anteriormente referido serviu de impulso para a geração de novas ideias/conceitos para cada um dos tipos de produto a desenvolver. Contudo, estes conceitos depararam-se com algumas limitações, nomeadamente o tipo de manufatura, dada a diferença de escalas. Uma empresa maior, e com um maior volume de produção, detém capital suficiente para investir em métodos de processamento de maior investimento para níveis de produção mais elevada, tal como a Nespresso. Contrariamente, empresas menores, como a Meia.Dúzia, não justificam o investimento em métodos de manufatura de grande investimento, pois o nível de produção não é suficiente. Posto isto definiu-se que a embalagem da Nespresso seria produzida através da moldação por injeção, e a embalagem da Meia.Dúzia seria produzida através termoformação. Para além desta limitação, as embalagens foram também limitadas: pela facilidade de armazenamento das mesmas; pela essência da marca, sendo que as embalagens deveriam assemelhar-se às já existentes da marca enquadrar-se na sua linguagem; pelo significado que a embalagem teria; pelo rótulo, obrigatório em cada produto embalado; e pela inovação, pois espera-se a criação de algo novo. Por fim, as embalagens foram ainda limitadas pelo tipo de produto que embalariam, pois estes determinam as dimensões, o formato e os detalhes das embalagens. Relativamente à Nespresso, selecionou-se as cápsulas e relativamente à Meia.Dúzia, selecionou-se qualquer tipo de compota de laranja ou chocolate com laranja embalado em bisnagas. A Figura 40 demonstra os produtos enunciados e as suas respetivas embalagens.

4.2.1. EMBALAGEM DE CAFÉ



Figura 40 – Cápsula Nespresso Original e Bisnaga Meia.Dúzia, e suas respetivas embalagens

A Figura 41 apresenta os esboços dos conceitos para a embalagem de café com dupla funcionalidade. De uma forma geral, os seis primeiros conceitos, lendo da esquerda para a direita e de cima para baixo, consistem em embalagens que se desdobram e/ou abrem para revelar o seu interior, onde se observam as cápsulas dispostas. Todas estas embalagens são convertidas num expositor de cápsulas através do seguimento de alguns passos. As últimas três embalagens revelam no seu interior o jogo quatro-em-linha, o jogo do galo e o jogo das damas, respetivamente. Desta forma, para além de um expositor de cápsulas, as embalagens tornar-se-iam também num objeto de interação entre consumidores.

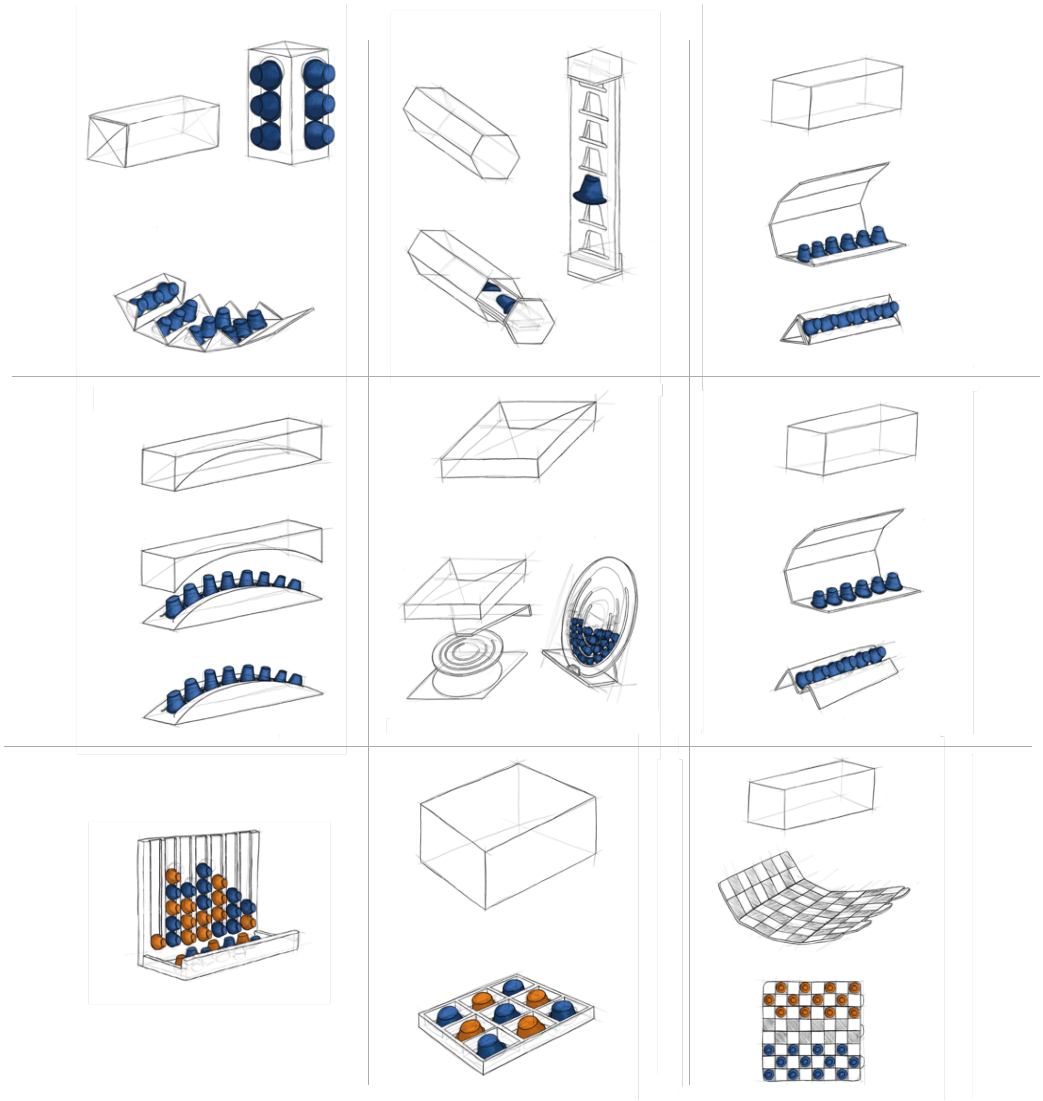


Figura 41 – Conceitos para Embalagem de Café

A fim de se selecionar o conceito a desenvolver, realizou-se uma análise do potencial de cada uma das opções tendo em conta as limitações previamente estipuladas. Os conceitos 1, 2, 5, 7, 8 e 9 foram facilmente descartados como solução. Os três primeiros por apresentarem um método de conversão um complexo e não muito prático e por não irem ao encontro da essência da marca. Os três últimos, uma vez que remetiam para jogos de tabuleiro, exigiam cápsulas de diferentes cores, o que não vai de encontro aos moldes de venda das embalagens Nespresso. Já os conceitos 3, 4 e 6 foram considerados as três possíveis soluções. Tanto o conceito 3 como o 6 demonstravam-se simples, práticos e apelativos, o que é por vezes difícil de alcançar. Contudo, o conceito 4, embora tendo as mesmas características, foi selecionado devido a não exigir a manipulação de partes da embalagem, apenas o descarte.

4.2.2. EMBALAGEM DE LARANJA

A Figura 42 apresenta os esboços dos conceitos para a embalagem de laranja. Os três primeiros conceitos, lendo da esquerda para a direita e de cima para baixo, consistem em embalagens geométricas que se desdobram para revelar o seu interior, onde se observam as bisnagas dispostas. Todas estas embalagens foram projetadas para se assemelharem à embalagem hexagonal para seis bisnagas que a marca detém. Os dois seguintes conceitos foram pensados para funcionarem como um saco, efeito conseguido através da adição de uma alça. Os conceitos 6 e 7 foram projetados de forma a que as partes superiores das embalagens deslizem a fim de revelar o interior. Por fim, os dois últimos conceitos apresentam como base uma caixa quadrangular, com o detalhe de que a tampa se encontra unida à restante caixa através de uma "malha" com um padrão que remete para o interior de uma laranja. O nono difere do anterior apenas na sua tampa que também se apresenta com essa "malha". Em certos conceitos verifica-se a presença de uma esfera laranja que foi idealizada para ser um brinde para os consumidores.

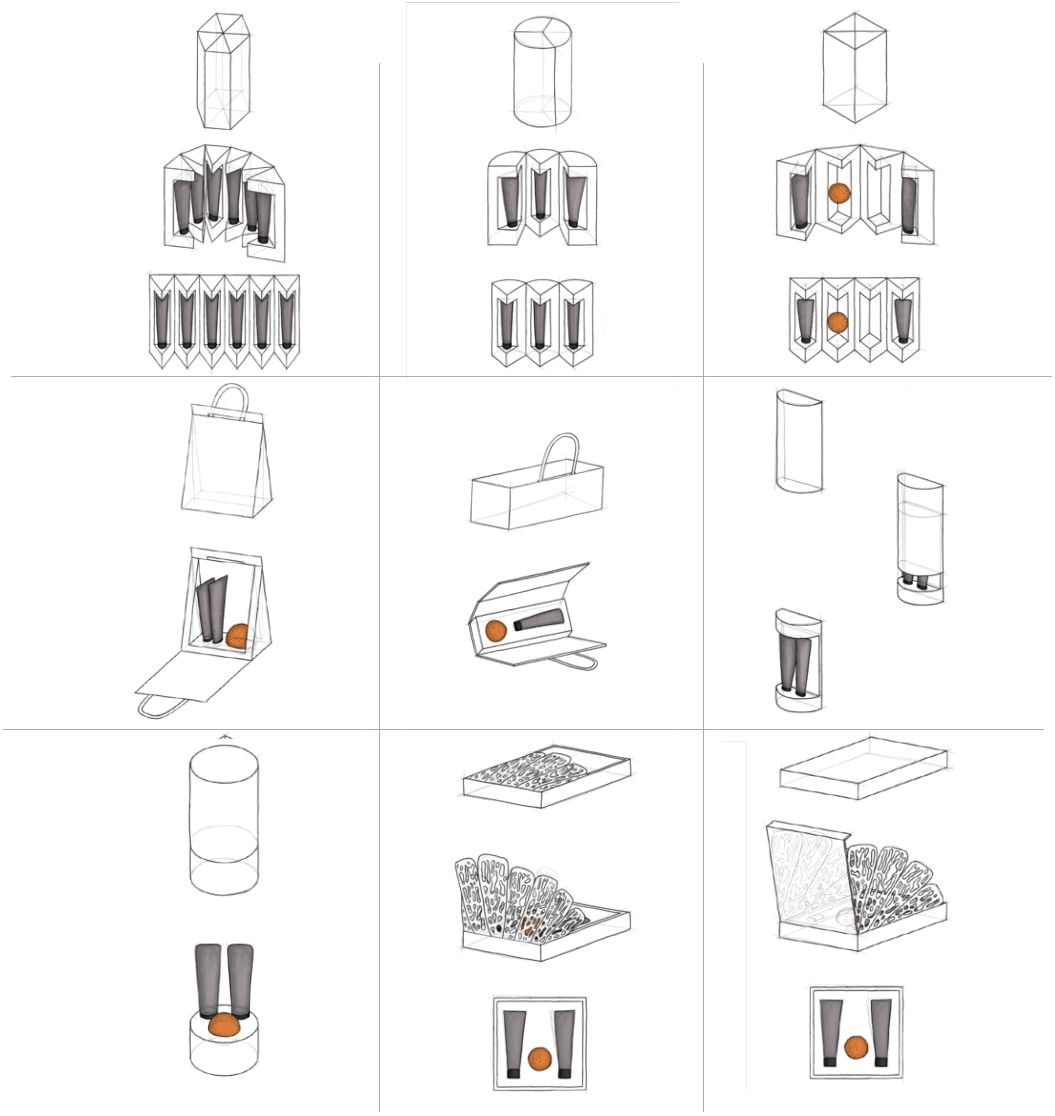


Figura 42 – Conceitos para Embalagem de Laranja

Com a análise do potencial de cada uma das opções, tendo em conta as limitações previamente estipuladas, descartou-se numa primeira instância os conceitos 4, 5, 6, 7, 8, e 9. Os conceitos 4 e 5, apesar de criativos, fariam mais sentido para cabazes. Os conceitos 6 e 7 apresentavam-se esteticamente apelativos, porém não foram suficientes quando comparados com as possíveis soluções. Já os conceitos 8 e 9 revelavam-se demasiados complexos de produzir. Posto isto os conceitos 1, 2 e 3 foram considerados as três possíveis soluções. Todos estes eram idênticos, pois apenas se alterava o número de bisnagas embaladas e o formato, e iam ao encontro da essência da marca e funcionariam como um redesign das embalagens que este já detinha. Contudo, selecionou-se o conceito 1 pois transportava seis bisnagas, recriava o pack de 6 da

marca e remetia para os gomos do interior de uma laranja, conferindo assim certo simbolismo a embalagem.

4.3. DESENVOLVIMENTO

Após a seleção dos conceitos, foi então possível avançar para o desenvolvimento de cada um deles. Esta etapa de desenvolvimento exigiu o esboço de novas formas dos conceitos selecionados, a fim de se escolher o conceito final a aprimorar. Com esta decisão realizada, foi necessário recolher as dimensões dos produtos a embalar, as cápsulas e as bisnagas, para que se pudesse modelar e dimensionar as embalagens. O processo de modelação das embalagens exigiu um constante aprimoramento e retificação das embalagens, de forma a que estas envolvessem corretamente os produtos e de forma a ser possível produzi-las através dos processos de manufatura estipulados.

4.3.1. EMBALAGEM DE CAFÉ

Na Figura 43 observa-se o esboço final do conceito de café, a embalagem para dez cápsulas de café originais da Nespresso que se converter num expositor. Pretendeu-se que, de certa forma, o conceito evocasse a essência da Nespresso através da sua curvatura, curvatura esta que permite que as cápsulas deslizem até ao ponto mais baixo sem serem empurradas para fora da embalagem, devido ao facto desta curvatura voltar a subir após atingir o seu ponto mais baixo. Para além disto, idealizou-se que a embalagem teria os respetivos logotipo e rótulo da marca impresso/gravado nas faces da embalagem.

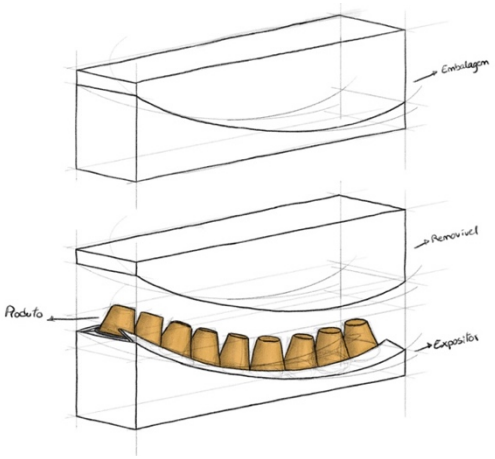


Figura 43 – Esboço Final da Embalagem de Café

A fim de se determinar as dimensões da embalagem de café e proceder à modelação 3D da mesma, foi necessário recolher as dimensões da cápsula de café que esta embalaria, Figura 44.

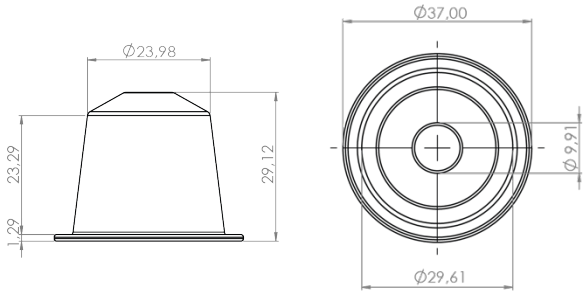


Figura 44 – Dimensões da Cápsula Original da Nespresso, em milímetros

De seguida, procedeu-se à modelação da primeira versão da embalagem de café, Figura 45, que se apresenta com um formato igual ao do esboço final da embalagem. Relativamente aos detalhes desta versão, observa-se que foram adicionadas estruturas antiderrapantes na base da embalagem e que foi criado um desnível na junção entre a parte inferior e a tampa para que estas pudessem se encaixar.

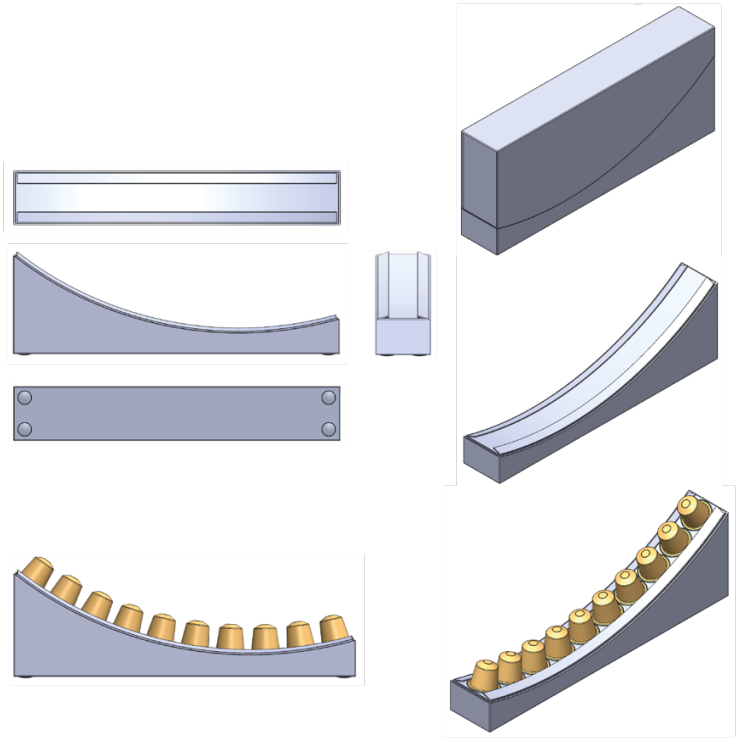


Figura 45 – Primeira versão da Embalagem de Café

A segunda versão da embalagem de café, Figura 46, caracterizou-se por uma alteração significativa na sua forma. Com o intuito de tornar a embalagem mais dinâmica e não tão comprida, encurtou-se a embalagem para cerca de metade e duplicou-se a curvatura da embalagem na direção inversa. Uma vez que a tampa servira apenas para o transporte da embalagem sendo posteriormente descartada na casa dos consumidores, optou-se por não incluir um sistema de bloqueio para que a tampa ficasse fixa. Como solução para manter a tampa encaixada na parte inferior durante o transporte definiu-se que a embalagem seria envolvida por uma manga de papel/cartão que fecharia a tampa. Nesta manga encontrar-se-ia a informação relativa ao produto, o rótulo e o logotipo da marca.

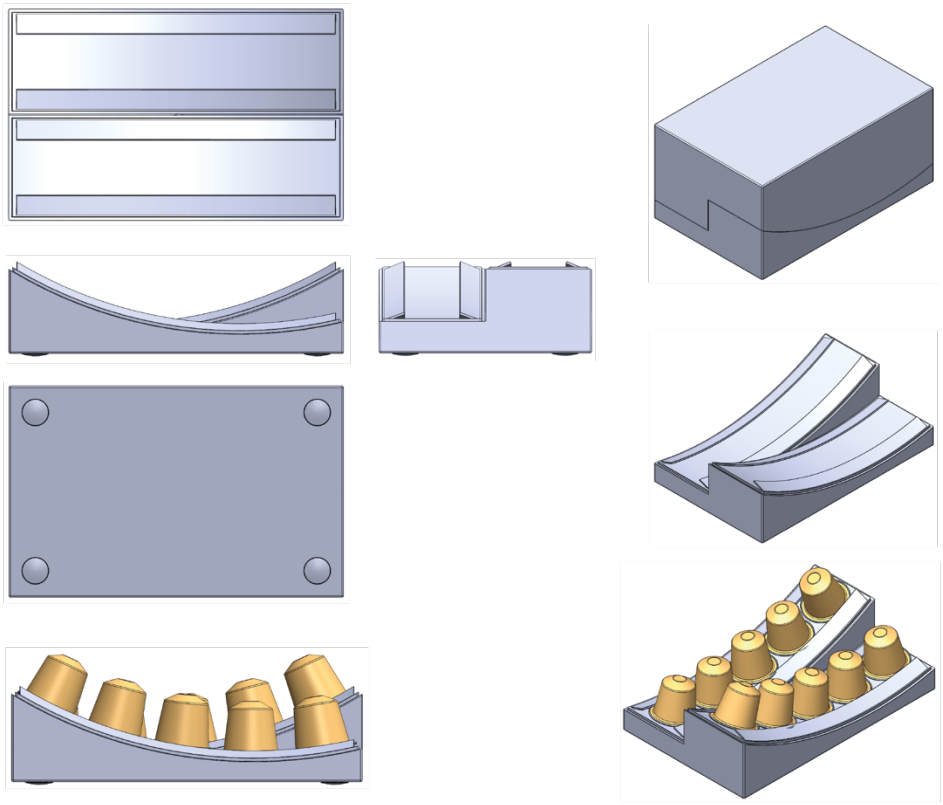


Figura 46 – Segunda versão da Embalagem de Café

A terceira e última versão da embalagem de café, Figura 47, apresentou apenas duas alterações. Uma vez que esta embalagem foi projetada para ser produzida através da moldação por injeção, foi necessário adicionar um ângulo de saída, no caso de apenas 1°, para que a embalagem pudesse ser facilmente retirada do molde após injetada. Para além reforçou a embalagem através do aumento da sua espessura.

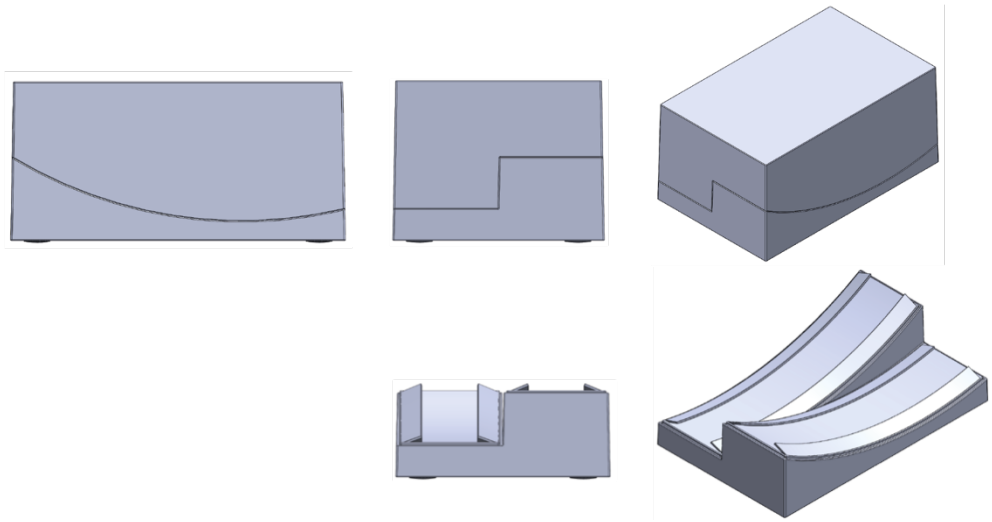
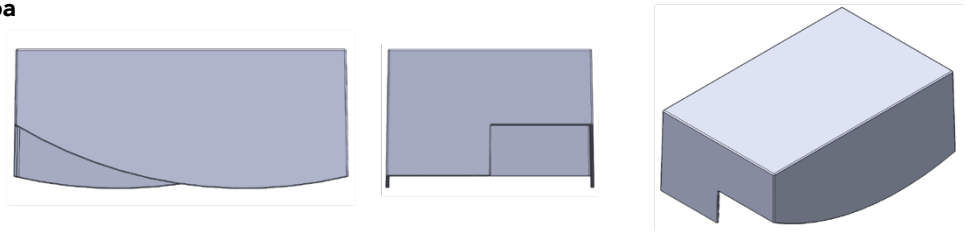


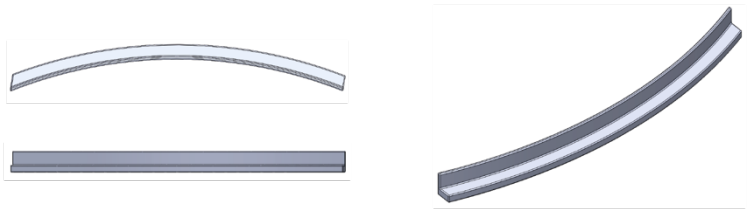
Figura 47 – Terceira e Última versão da Embalagem de Café

Dado o facto da embalagem não puder ser injetada toda em conjunto, foi necessário dividi-la por partes. Assim sendo, a embalagem foi dividida em tampa, suportes das cápsulas, base e peça central, Figura 48.

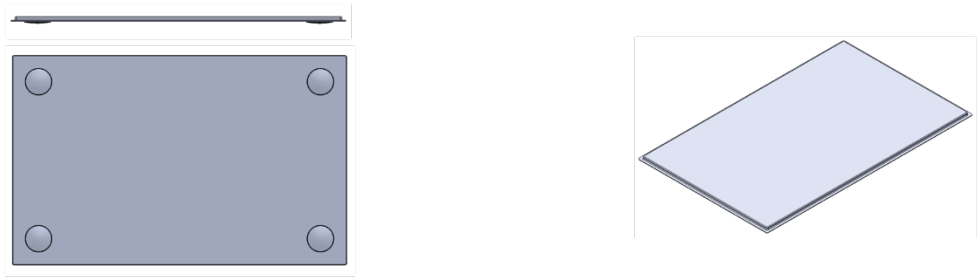
Tampa



Suporte para Cápsulas



Base



Peça Central

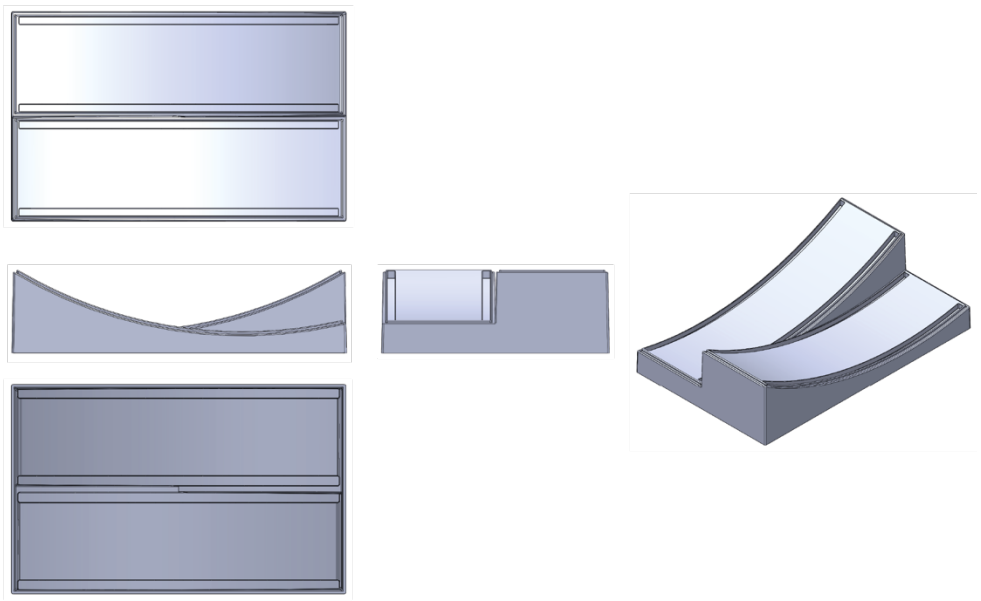


Figura 48 – Tampa, Suporte de Cápsulas, Base e Peça Central da Embalagem de Café Final

4.3.2. EMBALAGEM DE LARANJA

Na Figura 49 observa-se o esboço final do conceito de laranja, a embalagem pack de seis embalagens individuais, cada uma composta por duas metades que envolvem uma bisnaga da Meia.Dúzia no seu interior. Para além disto, a embalagem seria envolvida por uma manga de papel/cartão que segura as seis embalagens e expõe o rótulo e o logótipo da marca.

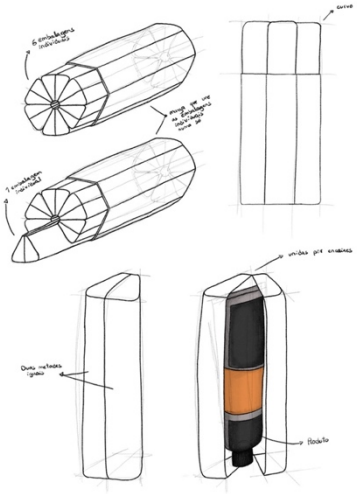


Figura 49 – Esboço Final da Embalagem de Laranja

Com o intuito de se determinar as dimensões da embalagem de laranja e proceder à modelação 3D da mesma, foi necessário recolher as dimensões da bisnaga que esta embalaria, Figura 50.

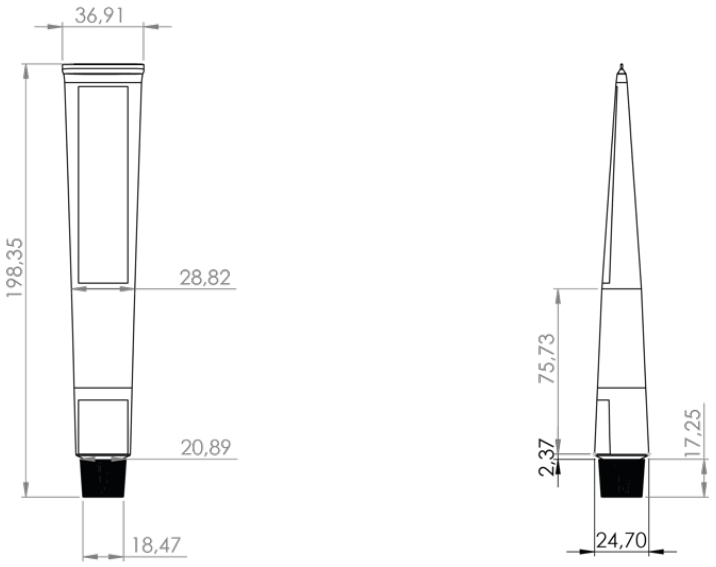
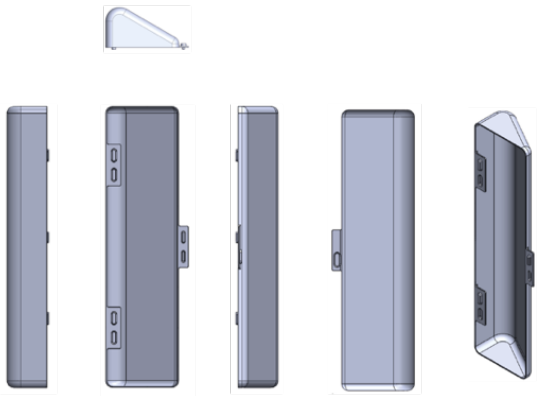


Figura 50 – Dimensões da Bisnaga da Meia.Dúzia, em milímetros

Seguidamente, procedeu-se à modelação da primeira versão da embalagem de laranja, Figura 51, que se apresenta com um formato igual ao do esboço final da embalagem. Com o objetivo de fixar as duas metades de cada embalagem individual, projetaram-se três abas com encaixes de pressão: uma na parte exterior da face menor; e duas na parte interna da face maior.



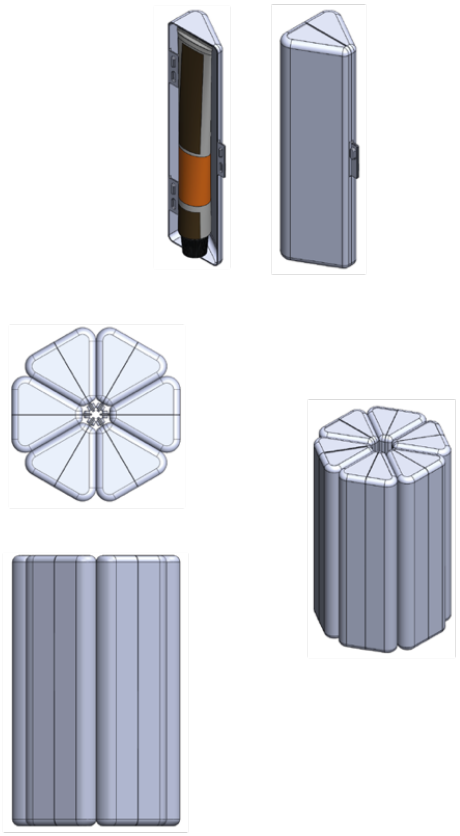


Figura 51 – Primeira versão da Embalagem de Laranja

A segunda versão da embalagem e última versão da embalagem de laranja, Figura 52, caracterizou-se por algumas alterações de detalhes. A forma de cada peça manteve-se a mesma, porém eliminou-se as duas abas internas, visto que se revelavam um desafio para a termoformação. Para além disso, duplicou o número das abas externas na menor face para maior segurança, passando assim a haver duas destas abas, e reforçou a embalagem através do aumento da sua espessura.

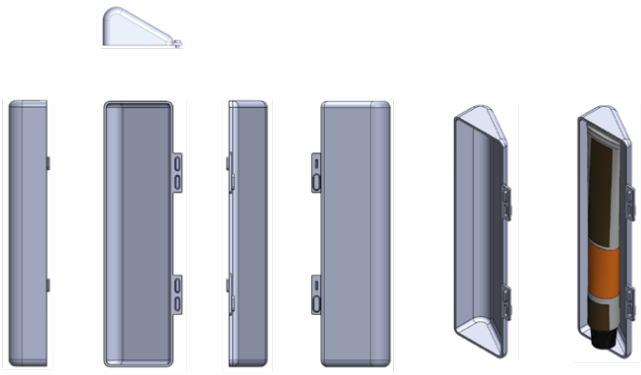


Figura 52 – Quarta e Última versão da Embalagem de Laranja

4.3.3. COMPLEMENTOS DAS EMBALAGENS

Como anteriormente enunciado, decidiu-se que ambas as embalagens seriam envolvidas por uma manga de papel/cartão com o objetivo de segurar as embalagens e expor o rótulo e o logótipo das marcas. Para o desenvolvimento destas mangas foi necessário, primeiramente, perceber de que forma e que estas mangas ou complementos se iriam relacionar com as embalagens. Na Figura 53 encontram-se esboçadas as mangas sobre as embalagens e a planificação das mesmas.

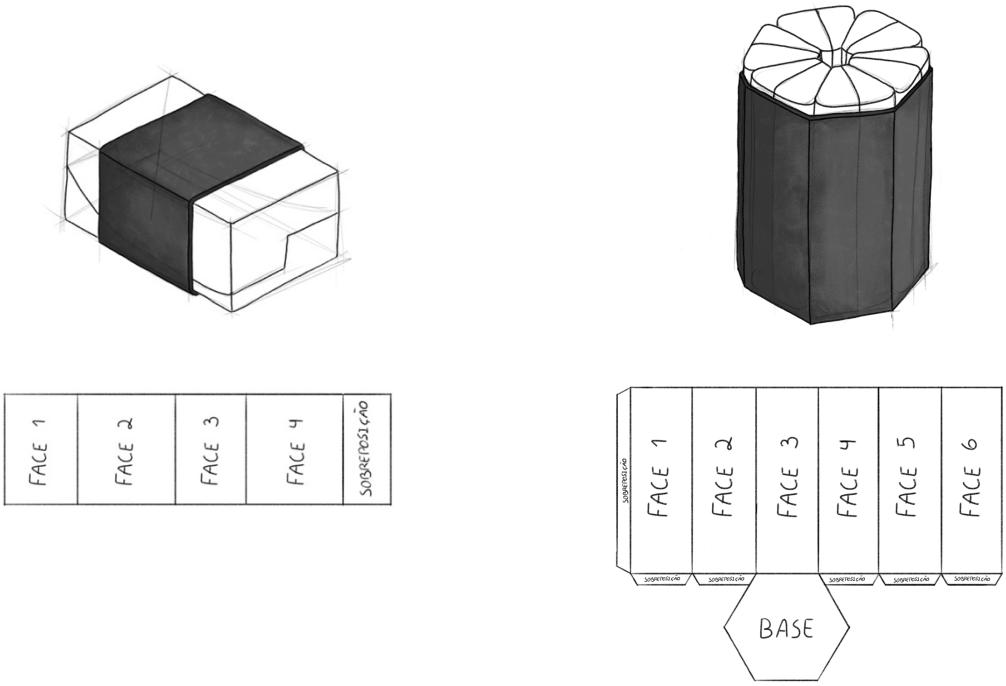


Figura 53 – Embalagem mais manga de Café e Embalagem mais manga de laranja

Desta forma foi possível perceber qual o formato que cada manga teria de ter. De seguida, foi necessário dimensionar as mangas, o que exigiu saber a dimensão total das embalagens para que estas pudessem ser envolvidas. Para além disto, foi necessário saber também qual o tipo de papel a utilizar pois determinaria a espessura das mangas e influenciaria as suas dimensões, tendo se optado por um papel de 120g/m^2, com 0,5mm de espessura. Posteriormente, procedeu-se ao dimensionamento das planificações das mangas e à adição da informação nas mesmas – rótulo e logótipo, retirados das embalagens já existentes. No Anexo 4 encontram-se as planificações dimensionadas e as planificações finais das mangas.

5. SOLUÇÕES FINAIS

A pesquisa, a exploração, a criação e o desenvolvimento descritos na presente dissertação, originaram duas embalagens secundárias provenientes de resíduos agroalimentares com a potencialização do odor dos quais os resíduos são gerados. De modo a dar a conhecer os produtos finais, elaborou-se uma memória descritiva.

Memória Descritiva Das Embalagens

As embalagens apresentadas foram projetadas com o intuito de mitigar o impacto ambiental causado pelos resíduos agroalimentares provenientes de diversas indústrias. Tipicamente, maior parte destes resíduos é descartada de forma imediata para eliminação quer em aterro, quer por incineração, o que leva à perda de valor económico dos mesmos. No contexto da economia circular, o reaproveitamento destes resíduos é indispensável, permitindo reduzir o consumo de outras matérias-primas e, simultaneamente, a sua valorização. A alternativa mais viável encontrada para a valorização dos resíduos agroalimentares foi a sua transformação em matéria-prima, através da sua inclusão em materiais compósitos juntamente com biopolímeros, para a criação de produtos relacionados quer às indústrias dos quais os resíduos agroalimentares são oriundos. Sendo que os resíduos agroalimentares apresentam um odor associado e considerando o facto de o olfato ser um dos 5 sentidos menos estimulado, surgiu a oportunidade de desenvolver novos materiais que, para além do aspeto, procuram potenciar o odor dos resíduos agroalimentares incorporados. Posto isto, o objetivo crucial seria o reconhecimento da utilização dos resíduos nos produtos por parte dos consumidores, construindo-se assim uma relação resíduo, odor e produto a embalar. Com os resíduos agroalimentares selecionados, borras de café e cascas de laranja, nasceram as duas respetivas embalagens. A embalagem com odor a café, Figura 48, foi projetada para o transporte e armazenamento de cápsulas de café originais da marca Nespresso. Esta apresenta uma dupla funcionalidade pois, para além de permitir o armazenamento e transporte das cápsulas, permite ainda a exposição das mesmas na casa do utilizador. E a embalagem com odor a laranja, Figura 54, foi projetada para o transporte e armazenamento de compotas em bisnaga da marca Meia.Dúzia. Ambas as marcas selecionadas situam-se numa categoria média/alta da tipologia de produtos que representam, o que justifica o investimento em soluções inovadoras e distintas de embalagem.

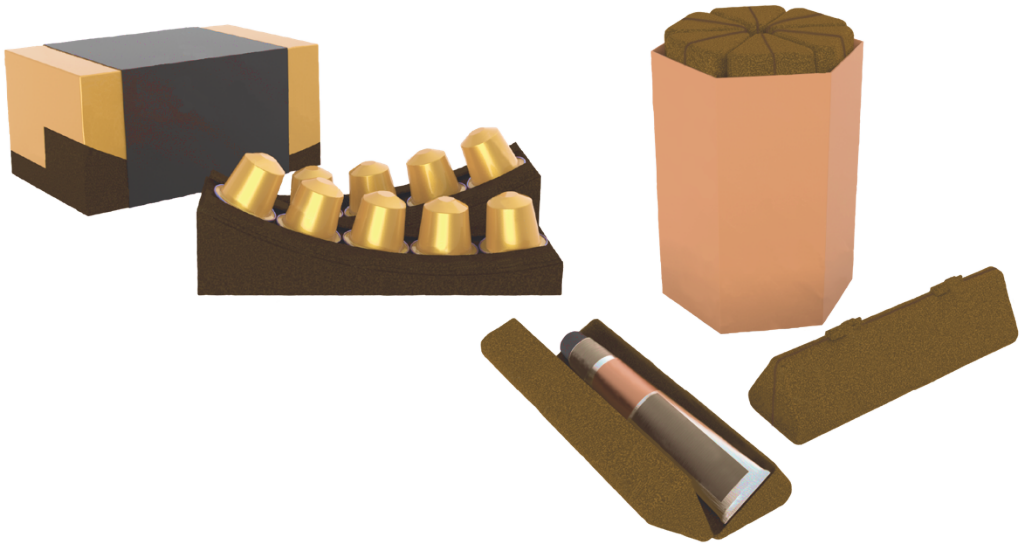


Figura 54 – Embalagem Final de Café e Embalagem Final de Laranja

A embalagem com odor a café destaca-se pelo seu design simples e *clean*, com um acabamento texturizado e cores neutras, de forma a se manter discreto num ambiente sem criar muito conflito com o espaço envolvente. Apresenta as dimensões gerais de 189,98mmx119,28mmx91,77mm e é constituído por quatro partes. A peça central, ou o corpo da embalagem, chama a atenção pelo seu formato com duas curvaturas espelhadas que remetem para a curvatura do logótipo da marca. É sobre esta peça que, com a ajuda dos suportes, as cápsulas deslizam. Estes suportes encontram-se em forma de arco com uma saliência que permite o encaixe nas respetivas ranhuras da peça central. À parte inferior da peça central encaixa-se a base que detém um desnível para que este encaixe seja possível. Para além disso, a base apresenta ainda quatro saliências no seu inferior para prevenir que o produto deslize. Todas estas três partes da embalagem são fixadas entre si com recurso a cola. A última parte da embalagem, a tampa apresenta um formato paralelepípedo com recortes na parte inferior que permitem o encaixe da tampa na restante embalagem. Por fim, a embalagem é envolvida por uma manga de papel que segura as partes da embalagem e expõe o rótulo e o logótipo da marca. A embalagem com odor a café é produzida através de moldação por injeção num material compósito com 80% PLA, 16% Cargas de Borras de Café, 4% Óleo de Café. Esta embalagem armazena dez cápsulas originais da Nespresso. No que toca ao uso da embalagem de café, como esta apresenta duas funcionalidades, o utilizador deve remover a tampa e descartá-la de forma correta a fim de converter a embalagem de transporte e armazenamento no expositor de cápsulas de café para a

sua casa. No Anexo 5 encontram-se os desenhos técnicos das peças da embalagem de café. A Figura 55 mostra uma vista explodida da embalagem de café sem a manga.

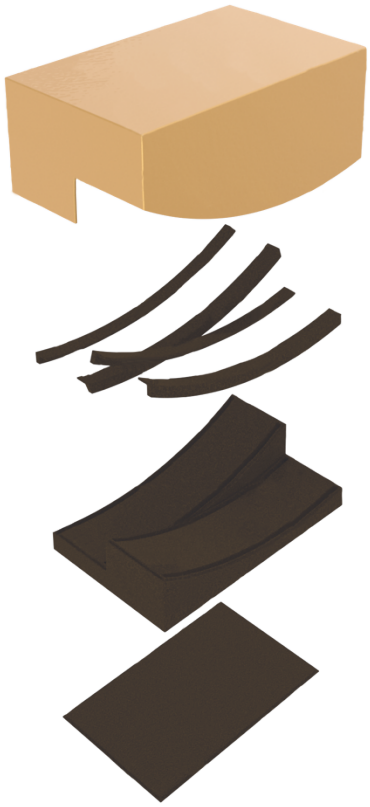


Figura 55 –Vista Explodida da Embalagem Final de Café sem a manga

A embalagem com odor a laranja destaca-se pelo seu design simples e alongado, que visto de cima remete para os gomos de uma laranja. Caracteriza-se pelo seu acabamento texturizado e pelas suas cores neutras, mas com o apontamento de cor da manga envolvente. Esta embalagem apresenta as dimensões gerais de 144,38mmx125,03mmx203,5mm e é constituída por uma única peça que é duplicada até formar a embalagem total. A peça única tem o formato de um prisma triangular com arestas curvas, sendo oca por dentro para que seja possível envolver a bisnaga no seu interior. Num dos seus lados apresenta duas abas, cada uma com duas saliências em direções opostas que permitem a fixação de duas peças entre si. Para que estas se fixem é necessário juntar as zonas interiores de duas peças, com a bisnaga dentro, e unir as duas metades através do encaixe à pressão das saliências. A fim de se obter a embalagem total, basta unir seis embalagens individuais – 12 peças – sobre o mesmo eixo. Por fim, a embalagem é envolvida por

uma manga de papel que segura as embalagens individuais e expõe o rótulo e o logótipo da marca. A embalagem com odor a laranja é produzida através de moldação por termoformação num material compósito com 80% PLA, 16% Cargas de Cascas de Laranja, 4% Óleo de Laranja. Esta embalagem armazena uma bisnaga da Meia.Dúzia de forma individual e seis bisnagas da Meia.Dúzia no total. Relativamente ao uso da embalagem de laranja, esta apresenta uma única função, o transporte e armazenamento das bisnagas. Contudo, o utilizador é livre para reutilizar as peças para o que bem entender e prolongar a vida útil da embalagem. No Anexo 6 encontram-se os desenhos técnicos das peças da embalagem de laranja. A Figura 56 mostra uma vista explodida da embalagem de café sem a manga.



Figura 56 –Vista Explodida da Embalagem Final de Laranja sem a manga

6. PROTÓTIPOS

O desenvolvimento dos produtos ocorreu paralelamente ao estudo dos materiais a criar. Com a finalização dos conceitos, foi possível avançar para a criação dos protótipos destes mesmos produtos. No que toca às tecnologias de produção dos protótipos, optou-se por recorrer

maioritariamente à termoformação e à impressão 3D, o que exigiu a modificação de certos componentes das embalagens.

6.1. PRODUÇÃO E RECOLHA DE MATÉRIA-PRIMA PARA OS PROTÓTIPOS

Para a produção do protótipo da embalagem de café, como este seria produzido através de impressão 3D, com recurso à tecnologia de fabrico por filamento fundido - FFF –, foi necessário adquirir filamento. Deste modo, obteve-se filamento de PLA de café com 1,75mm de espessura, assim como filamento de PLA branco com 1,75mm de espessura. Contudo, optou-se também por termoformar folha de café como prova de conceito. Para o protótipo da embalagem de laranja, visto que este seria produzido através da termoformação, avançou-se para a produção de grandes quantidades de cada um dos compósitos, a mistura de 80% de F38 com 16% de cargas de cascas de laranja e 4% de óleo essencial Tangerine Musk e da mistura de 80% de F38 com 16% de cargas de borras de café e 4% de óleo essencial de Café, como anteriormente dito, para prova de conceito. Para tal, recorreu-se a uma extrusora laboratorial duplo-fuso (Co-rotativa) Coperion ZSK 26 MC, do PIEP, que operou a uma velocidade de rotação do fuso de 180 rpm, com um diâmetro do fuso de 26 mm e a uma temperatura à saída da fieira de 140°C. No final, foram produzidos 3 kg de cada uma das misturas.

Uma vez que se optou por recorrer à termoformação para a manufatura do protótipo da embalagem de laranja, foi necessário produzir folha do material compósito. Este método de produção consiste na termoformação de folhas no formato pretendido. Para cada folha termoformadas de cada mistura, foram distribuídos 115g de grânulos nas placas dos moldes de 300mmx300mmx2mm, que por sua vez foram colocados nas prensas hidráulicas Moore a 185°C até à sua fusão. As folhas obtidas apresentam uma dimensão de 250mmx250mm com, idealmente, 1mm de espessura. Contudo, não foi possível assegurar a espessura de 1mm das folhas devido às condições dos esquipamentos, resultando assim em folhas não uniformes. Na Figura 57 observam-se os grânulos dispersos sobre as placas e o exemplo de uma folha de laranja.



Figura 57 – Placa com grânulos e Exemplo de Folha

Para além da produção de folhas para o protótipo de laranja foi também necessário adquirir tábua de madeira para produção do molde para termoformação.

6.2. PROTOTIPAGEM DA EMBALAGEM DE CAFÉ

Como anteriormente referido, recorreu-se à tecnologia de impressão 3D para a conceção do protótipo da embalagem de café, nomeadamente à impressora 3D CREALITY. Selecionou-se esta tecnologia com o objetivo de se obter resultados semelhantes aos que seriam obtidos por moldação por injeção – método de produção real. Este método produtivo permitiu realizar um protótipo à escala real, tendo sido apenas necessárias algumas alterações nos modelos para que estes encaixassem entre si e interagissem corretamente com os produtos a embalar. Tanto a peça central como a tampa mantiveram-se iguais sem precisar de qualquer tipo de alterações pois as suas medidas cumpriam as tolerâncias requeridas pela tecnologia de fabrico. Por vezes a impressão 3D exige a criação de material de suporte em determinadas áreas das peças, como é o caso do interior da peça central. Contudo, a remoção no material de suporte neste caso em específico revelou-se complexo e com o possível risco de danificar a peça, logo optou-se por manter o material de suporte. Com isto, uma vez que a peça central passou a ter um fundo, não foi necessário produzir a base da embalagem, produziu-se apenas quatro peças antiderrapantes. Já os suportes das cápsulas foram modificados para que encaixassem na peça central, o que levou a uma diminuição das dimensões da zona de encaixe. Na Figura 58 observa-se a diferença entre os suportes das cápsulas originais e os suportes das cápsulas modificados. No Anexo 7 encontram-se os desenhos técnicos das peças antiderrapantes e dos suportes das cápsulas modificados.

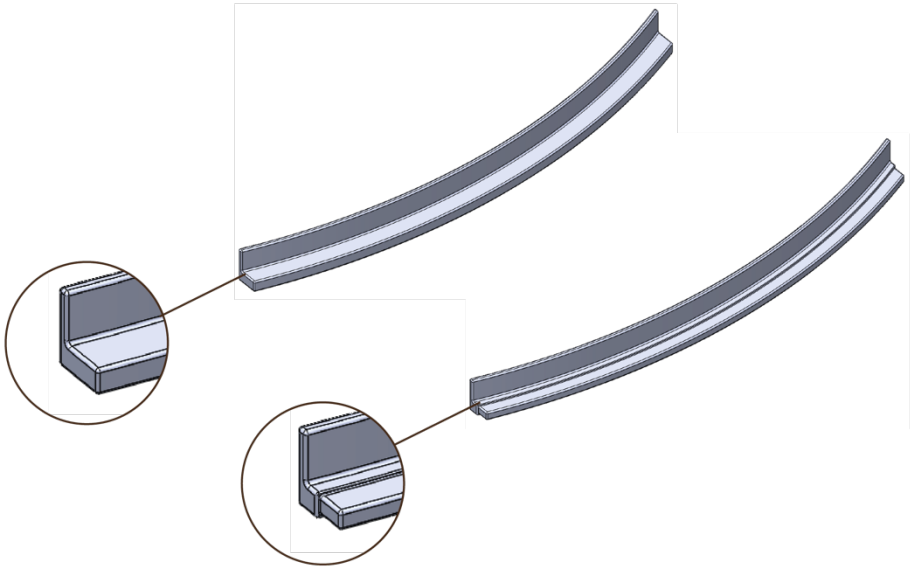


Figura 58 – Suportes das Cápsulas Original versus Suportes das Cápsulas Modificado da Embalagem de Café

Após o término da impressão dos modelos, avançou-se para os acabamentos, o que envolveu a remoção de material de suporte e/ou pequenas anomalias nas peças. A Figura 59 apresenta os modelos após os acabamentos.



Figura 59 – Modelos da Embalagem de Café impressos em FFF

De seguida, procedeu-se à pintura da tampa da embalagem, Figura 60, neste caso a dourado para que correspondesse à cor das cápsulas que embala (caso a embalagem embalasse cápsulas de outro tipo, a tampa corresponderia à cor das cápsulas no seu interior),

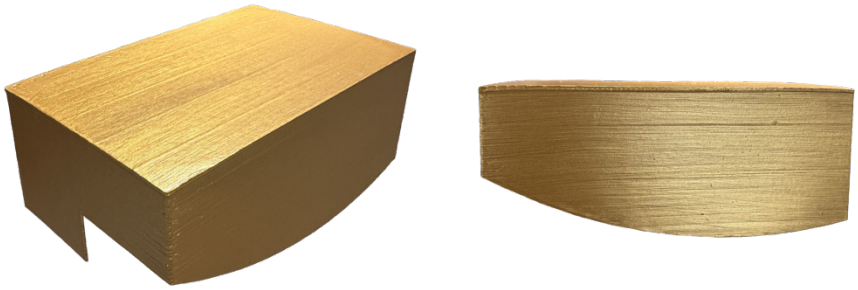


Figura 60 – Tampa da Embalagem de Café pintada

A última etapa do processo de prototipagem da embalagem de café consistiu na impressão, recorte e montagem da manga da embalagem, à colagem das peças e inserção das cápsulas. Posto isto, deu-se por terminada a produção do protótipo da embalagem de Café, apresentado na Figura 61. No Anexo 9 encontram-se mais fotografias do protótipo de café.



Figura 61 – Protótipo da Embalagem de Café

6.3. PROTOTIPAGEM DA EMBALAGEM DE LARANJA

Para a produção do protótipo da embalagem de laranja, recorreu-se à tecnologia pela qual o produto final seria produzido, ou seja, à moldação por termoformação. Este método produtivo permitiu realizar um protótipo à escala real, tendo sido apenas necessárias algumas alterações na peça única. Em primeiro lugar, para que se possa proceder à termoformação, é necessário produzir o molde da peça em madeira sobre qual as folhas seriam termoformadas. Uma vez que o molde de madeira seria fabricado através de uma CNC, alguns detalhes da peça tiveram de ser alterados devido às dimensões das brocas, que não fazem detalhes inferiores a 8mm. Deste modo, foram removidos os detalhes de encaixe da peça única, optando-se pela colagem das duas peças ao invés do encaixe à pressão, e foi diminuída a espessura de toda a peça de forma a corresponder às dimensões das folhas. A Figura 62 compara a peça original com a modificada.

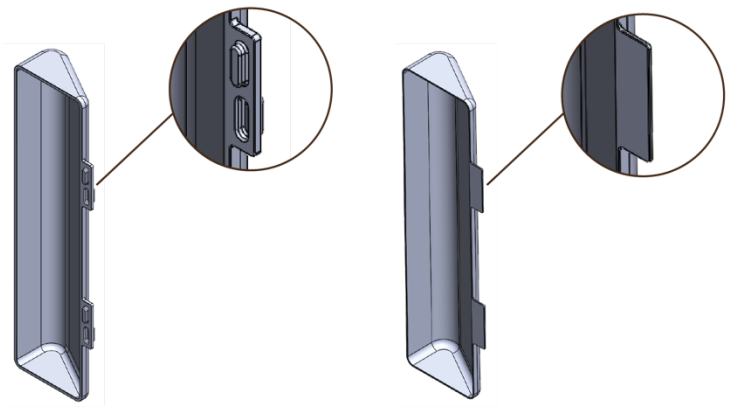


Figura 62 – Peça Original versus Peça Modificada da Embalagem de Laranja

De seguida, procedeu-se ao projeto do molde macho da peça em madeira. Nesta etapa foi tido em conta as dimensões da termoformadora, foram adicionados ângulos de saída para uma melhor remoção e converteram-se as duas abas numa só para uma termoformação facilitada. Com a modelação terminada, avançou-se para a produção do molde físico em madeira. Posteriormente, foram realizados diversos furos ao longo do molde, junto à conexão com a peça, e foram adicionadas tiras de vedante no inferior do molde para que ocorresse vácuo entre a folha e o molde durante a termoformação, obtendo-se assim um melhor resultado. A Figura 63 apresenta o modelo 3D e molde final em madeira. No Anexo 8 encontra-se também o desenho técnico do molde de madeira.



Figura 63 – Modelo 3D e Molde Final em madeira da Embalagem de Laranja

Com o molde finalizado, foi possível proceder-se à termoformação das peças através da termoformadora Formech 450DT. Relembrando que para além das folhas de laranja, foram também termoformadas folhas de café para prova de conceito. A fim de se obter resultados satisfatórios na termoformação das folhas, foi necessário ajustar a temperatura de termoformação e o tempo de aquecimento, até se alcançar as condições adequadas. A Figura 64 mostra o resultado das folhas termoformadas.



Figura 64 – Folhas de Laranja e de Café Termoformadas

Após o término da termoformação das folhas, selecionaram-se os melhores exemplares para se proceder ao recorte das peças, visível na Figura 65.



Figura 65 – Peças da Embalagem de Laranja, folha de laranja e folha de café respetivamente

A última etapa do processo de prototipagem da embalagem de café consistiu na impressão, recorte e montagem da manga da embalagem, à colagem das peças e inserção das bisnagas. Posto isto, deu-se por terminada a produção do protótipo da embalagem de Café, apresentado na Figura 66. No Anexo 9 encontram-se mais fotografias do protótipo de laranja.



Figura 66 – Protótipo da Embalagem de Laranja

7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A presente dissertação teve em conta dois objetivos: o estudo de cariz exploratório e avaliação do potencial da incorporação de resíduos agroalimentares com óleos essenciais, em biopolimeros, para potencialização do odor; e a criação de dois novos produtos relacionados quer às indústrias dos quais os resíduos agroalimentares são oriundos, quer a áreas que comercializem bens ou produtos associados aos odores em estudo. Para o desenvolvimento dos materiais compósitos misturou-se o biopolímero F38 da Nurel juntamente com resíduos agroalimentares, borras de café e cascas de laranja, e óleos essenciais, ambos em várias percentagens nomeadamente 0%, 5%, 10% e 20%. O principal propósito da incorporação de diferentes percentagens foi avaliar de que forma a adição de carga – os resíduos agroalimentares – e os óleos essenciais afetavam as propriedades dos materiais resultantes quando comparados com o material virgem. Como forma de avaliação efetuaram-se diversos ensaios de caracterização, mais concretamente um Ensaio Termogravimetria – TGA – como análise térmica, um Ensaio de Índice de Fluidez - MFI - para análise reológica e um Ensaio de Tração como análise mecânica. No Ensaio Termogravimetria testaram-se as cargas em pó, os óleos essenciais e a mistura de ambos (com 80% carga e 20% óleo), que apresentaram respetivamente perdas de massa reduzida, perdas de massa consideráveis e perdas de massa intermédia. Nos ensaios realizados ao café as perdas de massa obtidas foram iguais, mas nos ensaios realizados à laranja as perdas de massa obtidas foram superiores às expectadas. Para além disto, nos ensaios realizados a ambas as misturas observou-se um pico adicional na curva da derivada relacionado com as interações entre os componentes. Do Ensaio de Índice de Fluidez concluiu-se que a incorporação de cargas e óleos não apresenta um efeito muito acentuado nas propriedades reológicas dada a variação mínima verificada, o que se pode dever à volatilização do óleo essencial que por sua vez ameniza o seu efeito plasticizante ou a uma quantidade relativamente baixa. No Ensaio de Tração observou-se que o aumento da quantidade de qualquer um dos óleos essenciais, de 0% para 4%, provocou uma diminuição do módulo de elasticidade e a da tensão máxima, enquanto aumentava a deformação à rutura. Isto deve-se possivelmente à diminuição de material rígido, às cargas, e ao aumento do material plasticizante, (óleo) que aumenta a flexibilidade do material. Para além destes ensaios foi também elaborado um teste à libertação e permanência de odor que permitiu determinar qual seria a percentagem de óleo mais adequada à aplicação desejada. Deste retirou-se que as composições com 4% de óleo apresentavam um melhor desempenho o que conduziu à seleção destas composições. Para além disto, este teste permitiu ainda selecionar qual dos óleos de laranja seria

utilizado. Posto isto, as composições finais foram 80% de F38, 16% de borras de café e 4% de óleo essencial de Café e 80% de F38, 16% de cascas de laranja e 4% de óleo essencial Tangerine Musk.

No que toca ao desenvolvimento das duas embalagens aqui enunciadas, pode-se que concluir que fatores como o método de fabrico, as dimensões e a essência da marca para qual os produtos se destinavam foram determinantes. Este foi um processo iterativo que exigiu diversas alterações até se obter o resultado final. A realização dos protótipos das embalagens, revelou-se crucial pois, para além de funcionar como uma prova de conceito do trabalho desenvolvido e conduzir à materialização dos produtos, os protótipos permitiram ainda perceber de que forma poderiam os conceitos melhorar. Com o término da conceção dos protótipos foi então possível determinar onde poderiam ocorrer melhorias. Contudo, devido a questões de calendário e de orçamento, não foi possível realizar diversos protótipos ao longo do processo de desenvolvimento ou até mesmo ajustar os produtos, com o intuito de se obter o melhor resultado possível. Relativamente ao protótipo de café, este apresenta a desvantagens de não ter sido realizado no material projetado, uma vez que foi necessário recorrer à impressão 3D para a sua conceção. Para além disto, esta tecnologia originou produtos com alguns defeitos o que se revela uma desvantagem. Porém, foi possível obter um protótipo fiel ao conceito projetado. O protótipo da embalagem de laranja foi aquele que se demonstrou mais difícil, especificamente durante o processo de termoformação, pois a produção de folhas através da moldação por compressão gerou folhas com espessura irregular o que influenciou os resultados obtidos. Todavia conclui-se que, apesar de haver espaço para melhoria do design dos produtos, estes apresentam-se satisfatórios e cumprem a sua principal função de prova de conceito e validam o reconhecimento da utilização dos resíduos agroalimentares na composição de produtos por parte dos consumidores e dos *stakeholders*.

Para trabalhos futuros considera-se que se deve procurar obter óleos essenciais aprovados pelo FDA para que seja possível desenvolver embalagens com reaproveitamento de resíduos agroalimentares e potencialização de odor de contacto direto com alimentos, de forma a ir totalmente de encontro ao objetivo. Deve-se também procurar substituir o método de moldação por compressão para a criação de folhas de material compósito, como o processo de produção de folha por extrusão. Por fim, considera-se que para trabalhos futuros é importante investir na análise dos possíveis efeitos que a incorporação de óleos essenciais causa num biopolímero, nomeadamente na sua biodegradabilidade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Bhat, R. (2021). Valorization of Agri-Food Wastes and By-Products: Recent Trends, Innovations and Sustainability Challenges. Academic Press.

[2] Torres-Valenzuela, L. S., Ballesteros-Gómez, A., & Rubio, S. (2020). Green Solvents for the Extraction of High Added-Value Compounds from Agri-food Waste. Food Engineering Reviews, 12(1), 83–100

[3] Webinar: Valorização de resíduos agroalimentares. (s. d.). f4sacademy. Obtido 2 de fevereiro de 2023, de https://f4sacademy.online/pt/events/webinar-valorizacao-de-residuos-agroalimentares/

[4] FAO (s. d.). Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction.

[5] Brito, G. F., Agrawal, P., Araújo, E. M., & Mélo, T. J. A. (2011). Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes.

[6] Lima, E. (2016). Implementação de Sistemas de Gestão Ambiental no setor Agroalimentar

[7] Baptista, I., Jorge, R., Marinheiro, L. & Oliveira, T. (2020). Guia Informativo sobre Economia Circular para o Setor Agroalimentar

[8] Demo, G., Guarnieri, P. & Salim, O. O. (2021). Desperdício nas Cadeias Agroalimentares no Contexto da Economia Circular

[9] Gay, D. (1991). Materiaux Composites

[10] A. S.-R. Hans-Josef Endres, “What are Biopolymers?,” in Engieering Biopolymers, 2011, pp. 4–17.

[11] Christy, E. J. S., Pius, A. & Rajeswari, A., (2021). Biopolymer blends and composites: processing technologies and their properties for industrial applications in Biopolymers and Their Industrial Applications, no. April, Elsevier Inc., 2021, pp. 105–149.

[12] Bhagwat, G., Gray, K., Muniyasamy, S. & Wilson, S. P. (2020). Benchmarking Bioplastics: A Natural Step Towards a Sustainable Future, J Polym Environ, vol. 28, no. 12, pp. 3055–3075

[13] Filiciotto, L. & Rothenberg, G. (2020). Biodegradable Plastics: Standards, Policies, and Impacts, ChemSusChem, vol. 14, no. 1, pp. 56–72, Jan. 2021

[14] Emadian, S. M., Demirel, B. & Onay, T. T. (2017). Biodegradation of bioplastics in natural environments,” Waste Management, vol. 59, pp. 526–536, Jan. 2017

[15] Davies, G. B. H., Murphy, R. J., Narayan, R. & Song, J. H. (2009). Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, vol. 364, no. 1526, pp. 2127–2139

[16] Cobb, M. (2020). Smell: A Very Short Introduction

[17] Writer, C. W. H. S. (2020, fevereiro 27). How scent, emotion, and memory are intertwined—And exploited. Harvard Gazette. https://news.harvard.edu/gazette/story/2020/02/how-scent-emotion-and-memory-are-intertwined-and-exploited/

[18] Por que olfato é o sentido mais importante para nossas emoções. (s. d.). BBC News Brasil. Obtido 2 de fevereiro de 2023, de https://www.bbc.com/portuguese/geral-60393885

[19] Ariffin, S., Basri, M., Ghani, N., Nor, M., Salleh, F., Shah, N., Sulaiman, A. & Tawakkal, I. (2021). Progress in the Valorization of Fruit and Vegetable Wastes: Active Packaging, Biocomposites, By-Products, and Innovative Technologies Used for Bioactive Compound Extraction

[20] Du, G., Fan, Q., Gao, Z., Guo, Q., Jia, H., Yuan, Y., Yue, T. & Wang, Z. (2021). Essential oils encapsulated by biopolymers as antimicrobials in fruits and vegetables: A review

[21] Arshad, M., Hussain, A., Pradhan, R. A., Shahzad, S., Ullah, A. & Zubair, M. (2022). Current Trends in the Utilization of Essential Oils for Polysaccharide- and Protein-Derived Food Packaging Materials

[22] Chalier, P., Gastaldi, E., Ruiz, T. & Wicochea-Rodríguez, J. D. (2019). Active Food Packaging Based on Biopolymers and Aroma Compounds: How to Design and Control the Release

[23] Christodoulou, P., Detsi, A., Kavetsou, E., Kostopoulou, I., Pitterou, I., Pontillo, A. R. N., Siliachli, A., Tzani, A. & Zoumpoulakis, P. (2020). Nanosystems for the Encapsulation of Natural Products: The Case of Chitosan Biopolymer as a Matrix

[24] Chiriac, A. P., Chiriac, V. M., Neamtu, I., Nita, L. E., Rusu, A. G. & Sandu, A. (2021). Polymeric Carriers Designed for Encapsulation of Essential Oils with Biological Activity

[25] Chen, B., McClements, D. J. & Rao, J. (2019). Improving the Efficacy of Essential Oils as Antimicrobials in Foods: Mechanisms of Action

[26] Arias, M. J. L., Bellalta, J. P., Bezerra, F. M., López, A., Prieto, R., Simó, M., Vallès, B., Valle, J. A. B., Valle, R. C. S. C. & Vilaseca, M. (2021). Influence of Chitosan Characteristics in the Microencapsulation of Essential Oils

[27] Carvalho, J. S. R. (2009). Encapsulamento de Óleo Essencial de Origanum virens L. em Matrizes de Gelatina e Gelatina/Sacarose

[28] Li, P., Kong, L., Tran, T. T., Wang, Y. & Zhang, J (2016). Manufacturing Techniques and Surface Engineering of Polymer Based Nanoparticles for Targeted Drug Delivery to Cancer

[29] Luna, P. B. F. G. da S. de. Efeito do óleo essencial de tomilho nas propriedades do poli (butileno adipato co-tereftalato). Obtido 14 de fevereiro de 2023, de https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/44536.

[30] Noshirvani, N., Ghanbarzadeh, B., Gardrat, C., Rezaei, M. R., Hashemi, M., Le Coz, C., & Coma, V. (2017). Cinnamon and ginger essential oils to improve antifungal, physical and mechanical properties of chitosan-carboxymethyl cellulose films. Food Hydrocolloids, 70, 36–45. Obtido 14 de fevereiro de 2023, de https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.03.015.

[31] Do Evangelho, J. A., da Silva Dannenberg, G., Biduski, B., el Halal, S. L. M., Kringel, D. H., Gularte, M. A., Fiorentini, A. M., & da Rosa Zavareze, E. (2019). Antibacterial activity, optical, mechanical, and barrier properties of corn starch films containing orange essential oil. Carbohydrate Polymers, 222, 114981. Obtido 14 de fevereiro de 2023, de https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.114981.

[32] Shen, Z., & Kamdem, D. P. (2015). Development and characterization of biodegradable chitosan films containing two essential oils. International Journal of Biological Macromolecules, 74, 289–296. Obtido 14 de fevereiro de 2023, de https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.11.046.

[33] Vianna, T. C., Marinho, C. O., Marangoni Júnior, L., Ibrahim, S. A., & Vieira, R. P. (2021). Essential oils as additives in active starch-based food packaging films: A review. International Journal of Biological Macromolecules, 182, 1803–1819. Obtido 15 de fevereiro de 2023, de https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.170.

[34] Giubilini, A., Sciancalepore, C., Messori, M., & Bondioli, F. (2020). Valorization of oat hull fiber from agri-food industrial waste as filler for poly(3-hydroxybutyrate-co-3- hydroxyhexanoate). Journal of Material Cycles and Waste Management, 23(1), 402–408. Obtido 15 de fevereiro de 2023, de https://doi.org/10.1007/s10163-020-01104-4.

[35] Arseni, L. Valorização de Resíduos Provenientes de Café Através da Sua Incorporação em Compósitos Poliméricos. Obtido 18 de fevereiro de 2023, de https://run.unl.pt/handle/10362/135196.

[36] Ouidi, O., Nakkabi, A., Boukhlifi, F., Fahim, M., Lgaz, H., Alrashdi, A. A., & Elmoualij, N. (2022). Peanut shell from agricultural wastes as a sustainable filler for polyamide biocomposites fabrication. Journal of King Saud University - Science, 34(6), 102148. Obtido 18 de fevereiro de 2023, de https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102148.

[37] Estudo das propriedades mecaˆnicas e térmicas de compósitos de polipropileno com casca de banana. Obtido 18 de fevereiro de 2023, de https://docplayer.com.br/33964068- estudo-das-propriedades-mecanicas-e-termicas-de-compositos-de-polipropileno-com-casca-de- banana.html.

[38] Jafelice, D. A. (2013). Caracterização de compósitos de polipropileno reciclado e fibra de coco. Obtido 18 de fevereiro de 2023, de https://dspace.mackenzie.br/items/8903856f-4549-4a75-bb30-98bd51f0eae3.

[39] Doutora, O., Ferreira Da Cunha, A., Júri, Q., Ana, D., & Ferreira Da Cunha Queda, C. (n.d.). Otimização do processo de compostagem de resíduos da torrefação de café Engenharia do Ambiente. Obtido 18 de fevereiro de 2023, de https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/25690/1/TESE%20VERS%c3%83O%20FINAL.pdf

[40] Esquivel, P., & Jiménez, V. M. (2012). Functional properties of coffee and coffee by- products. Food Research International, 46(2), 488–495. Obtido 19 de fevereiro de 2023, de https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028.

[41] Blinová, L., Bartošová, A., & Sirotiak, M. (2017). Biodiesel Production from Spent Coffee Grounds. Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology,25(40), 113–121. Obtido 19 de fevereiro de 2023, de https://doi.org/10.1515/rput-2017-0013.

[42] Da, S., Sousa, S., Catedrática, P., Costa, E., Fernandes, N., Duarte, A., Auxiliar, P., Guerreiro, M., & Mesquita De Oliveira, D. (2016). Valorização energética de borras de cereais e café através da codigestão anaeróbia com chorume de porco Engenharia do Ambiente. Obtido 19 de fevereiro de 2023, de https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/13386/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Vers%C3%A3o%20definitiva.pdf.

[43] Coffee waste as an alternative fertilizer with soil improving properties for sandy soils in humid tropical environments. (n.d.). ResearchGate. Obtido 19 de fevereiro de 2023, de

https://www.researchgate.net/publication/263375752_Coffee_waste_as_an_alternative_fertilizer_with_soil_improving_properties_for_sandy_soils_in_humid_tropical_environments.

[44] Coffee grounds can also be made into straws. Obtido 19 de fevereiro de 2023, de https://www.homestraw.com/coffee-grounds-can-also-be-made-into-straws/.

[45] Sheth, S. These cups are made from recycled coffee waste. They're reusable, shatter- proof, and smell like coffee! - Yanko Design. Obtido 19 de fevereiro de 2023, de https://www.yankodesign.com/2022/06/28/these-cups-were-made-from-recycled-coffee-waste-theyre-reusable-shatter-proof-and-smell-like-coffee/

[46] As laranjas de Portugal | Rubrica Cultiva-te | AgroB Business School EV. Espaço Visual. Obtido 21 de fevereiro de 2023, de https://www.espaco-visual.pt/laranjas-de- portugal/.

[47] Ayala, J. R., Montero, G., Coronado, M. A., García, C., Curiel-Alvarez, M. A., León, J. A., Sagaste, C. A., & Montes, D. G. (2021). Characterization of Orange Peel Waste and Valorization to Obtain Reducing Sugars. Molecules, 26(5), 1348. Obtido 21 de fevereiro de 2023, de https://doi.org/10.3390/molecules26051348.

[48] Suri, S., Singh, A., & Nema, P. K. (2022). Current applications of citrus fruit processing waste: A scientific outlook. Applied Food Research, 2(1), 100050. Obtido 21 de fevereiro de 2023, de https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100050.

[49] Guerrero, C. C., Carrasco de Brito, J., Lapa, N., & Oliveira, J. F. S. (1995). Re-use of industrial orange wastes as organic fertilizers. Bioresource Technology, 53(1), 43–51. Obtido 21 de fevereiro de 2023, de https://doi.org/10.1016/0960-8524(95)00050-O

[50] Zapping orange peel oil into new, pleasant aroma compounds. (n.d.). American Chemical Society. Obtido 21 de fevereiro de 2023, de https://www.acs.org/pressroom/presspacs/2022/acs-presspac-june-1-2022/zapping-orange-peel-oil-into-new-pleasant-aroma-compounds.html.

[51] Lamp made with orange peels. (2021, July 12). Matrec. Obtido 21 de fevereiro de 2023, de https://www.matrec.com/en/trends-news/lamp-made-with-orange-peels.

[52] Carlo Ratti's orange squeezer serves juice in bioplastic cups made from the peel. (2019). Dezeen. Obtido 21 de fevereiro de 2023, de https://www.dezeen.com/2019/09/10/carlo-ratti-feel-the-peel-circular-orange-juice-bar-design/.

[53] Bizzo, H. R., Hovell, A. M. C. & Rezende, C. M. (2009). Óleos essenciais no Brasil: Aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. Química Nova, 32(3), 588-594

[54] Junior, A. F., Machado, B. F. M. T. (2011). Óleos Essenciais: Aspectos Gerais e Usos em Terapias Naturais

[55] Turi, E. A. (1981). Thermal Characterization of Polymeric Materials

[56] Younes, B. (2015). Simple Rheological Analysis Method of Spinnable-Polymer Flow Properties Using MFI Tester. Indian Journal of Materials Science, 2015, 1–8.

[57] Souza, S. A. (1982). Ensaios Mecânicos de Materiais Metálicos, 5. Ed

[58] Szulczyński, B., Gębicki, J. (2019). Determination of Odor Intensity of Binary Gas Mixtures Using Perceptual Models and an Electronic Nose Combined with Fuzzy Logic[Review of Determination of Odor Intensity of Binary Gas Mixtures Using Perceptual Models and an Electronic Nose Combined with Fuzzy Logic]. Obtido 25 de fevereiro de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/335073588_Determination_of_Odor_Intensity_of_Binary_Gas_Mixtures_Using_Perceptual_Models_and_an_Electronic_Nose_Combined_with_Fuzzy_Logic.

[59] Bem-Othman, S., Bhat, R. & Jõudu, I. (2020). Bioactives from Agri-Food Waste: Present Insights and Future Challenges.

[60] Cristofoli, N. L., Lima, A. R., Quintino, A. C., Tchonkouang, R. D. N. & Vieira, M. C. (2023). Advances in the Food Packaging Production from Agri-Food Waste and By-Products: Market Trends for a Sustainable Development

9. ANEXOS

Anexo 1

Ficha técnica biopolímero F38 gama Inzea da Nurel

Universal Selector™ by SpecialChem

View online product page

INZEA® F38

Technical DataSheet | Supplied by Nurel

INZEA® F38 by Nurel is a bio-based, biodegradable rigid polylactic acid (PLA) grade. Exhibits improved thermal stability. It contains >70% renewable content. It is suitable for 3D printing filaments, injection blow molding, extrusion thermoforming, blown film extrusion and blow molding extrusion applications. Recommended for compostable bottles (dairy bottles, beverage bottles, containers for phytosanitary products or consumer goods), disposable food service products such as trays, bowls, plates, glasses & lids, cutlery, straws. It is also used in single use items including stationary items, pens, tape containers, make-up packaging, candy boxes, disposable health & beauty items. INZEA® F38 by Nurel complies with EN 13432 international standards for compostability in industrial composting, USDA and FDA 10/2011 regulations.

Product Type	3D Printing Polymers/ Photopolymers PLA (Polylactide) > PLA
Product Status	COMMERCIAL
Applications/ Recommended for	Packaging > Food - Trays Stationary > Pens & Pencils Packaging > Food - Bottle, carbonated drinks Packaging > Food - Closures (lids, cap) Injection molding - thermoplastics > Blow molding Thermoforming/ Vaccuum forming Extrusion > Films (blown) 3D Printing/Additive Manufacturing Extrusion > Blow molding
Food contact approval	Yes
Biodegradable	Yes
Bio Based	Yes
Bio Based Content (%)	>70
Labels/Agency Rating	BioPreferred label (USDA), OK Compost, EN 13432 FDA Regulation 10/2011
Key Features	Biodegradable Compostable Food contact approved Renewable Resource Content

INZEA® F38 Properties

Universal Selector™ by SpecialChem

View online product page

Thermal	Value & Unit	Test Condition	Test Method
Melting Point	140 - 155 °C	10°C/min, Differential Scanning Calorimetry (DSC)	ISO 3146
Deflection Temperature at 0.46 MPa (66 psi)	60 °C	Molded amorphous with 20ºC mold temperature	ISO 75-1/-2

Mechanical	Value & Unit	Test Condition	Test Method
Elongation at Yield	2.7 %	23°C, 50 mm/min, Molded amorphous with 20ºC mold temperature	ISO 527-1/-2
Tensile Modulus	2300 MPa	23°C, 1mm/min, Molded amorphous with 20ºC mold temperature	ISO 527-1/-2
Tensile Strength	46 MPa	23°C, 50mm/min, Molded amorphous with 20ºC mold temperature	ISO 527-1/-2
Elongation at Break	20 %	23°C, 50 mm/min, Molded amorphous with 20ºC mold temperature	ISO 527-1/-2
Flexural Modulus	2200 MPa	23°C, 2mm/min, Molded amorphous with 20ºC mold temperature	ISO 178
Flexural Strength	55 MPa	23°C, 2mm/min, Molded amorphous with 20ºC mold temperature	ISO 178
Impact Strength, Charpy Notched	5.6 kJ/m^2	23°C, Molded amorphous with 20ºC mold temperature	ISO 179/1eA

Physical	Value & Unit	Test Condition	Test Method
Density	1.23 g/cm^3	At 23°C, 50% H.R	ISO 1183-1
Melt Volume-Flow Rate (MVR)	1.8 cc/10 min	At 190°C, 2.16 kg	ISO 1133

INZEA® F38 Processing Guidelines

Injection Molding	Value & Unit	Test Condition	Test Method
Melt Temperature	155 - 170 °C		
Mold Temperature	20 - 30 °C		
Drying Temperature	60 °C		

Extrusion/Injection Molding	Value & Unit	Test Condition	Test Method
Moisture Content	< 1 %		

Anexo 2

Valores massas do Índice de Fluidez - MFI

Tabela I - F38

Intervalo de corte (s)	60			
Temperatura do fundido (°C)	160	170	180	190
Massa (g) / **Amostras**				
1	0,213	0,299	0,540	0,591
2	0,246	0,291	0,631	0,733
3	0,207	0,291	0,562	0,711
4	0,216	0,260	0,605	0,774
5	0,203	0,329	0,524	-
6	0,198	0,263	0,470	-
7	0,211	0,282	-	-
8	0,199	0,252	-	-
9	0,179	-	-	-
10	0,237	-	-	-
11	0,244	-	-	-
Média	0,214	0,283	0,555	0,702
Desvio-padrão	0,020	0,023	0,053	0,068

Tabela II - F38 com Cascas de Laranja

Massa (g) / **Amostras**	
1	0,135
2	0,186
3	0,247
4	0,257
5	0,324
6	0,388
7	0,382
Média	0,274
Desvio-padrão	0,096

Tabela III - F38 com Cascas de Laranja e óleo Oranger Must BB

Incorporação de óleo (%)	1	2	4
Massa (g) / **Amostras**			
1	0,234	0,282	0,149
2	0,259	0,290	0,274
3	0,226	0,215	0,260
4	0,183	0,187	0,224
5	0,156	0,212	0,345
6	0,177	0,127	0,371
Média	0,206	0,219	0,271
Desvio-padrão	0,036	0,056	0,074

Tabela IV - F38 com Cascas de Laranja e óleo Tangerine Musk

Incorporação de óleo (%)	1	2	4
Massa (g) / **Amostras**			
1	0,120	0,230	0,144
2	0,152	0,130	0,196
3	0,174	0,192	0,281
4	0,226	0,201	0,272
5	0,226	0,235	-
6	0,260	0,274	-
Média	0,193	0,210	0,223
Desvio-padrão	0,048	0,045	0,056

Tabela V - F38 com Borras de Café

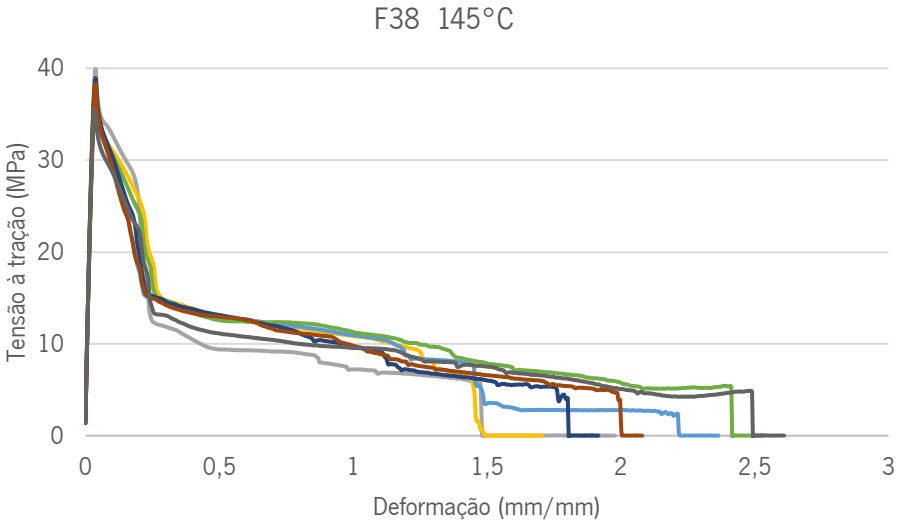
Massa (g) / **Amostras**	
1	0,121
2	0,229
3	0,345
4	0,400
Média	0,274
Desvio-padrão	0,108

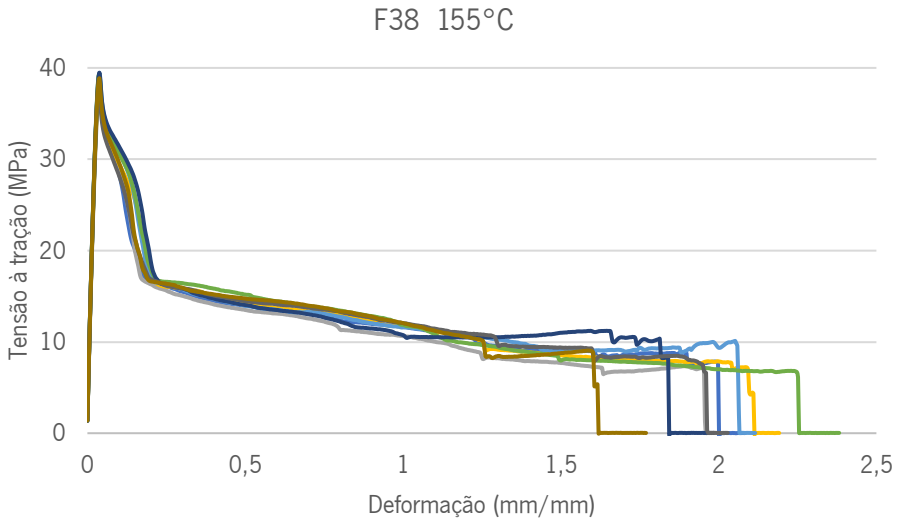
Tabela VI - F38 com Borras de Café e óleo de Café

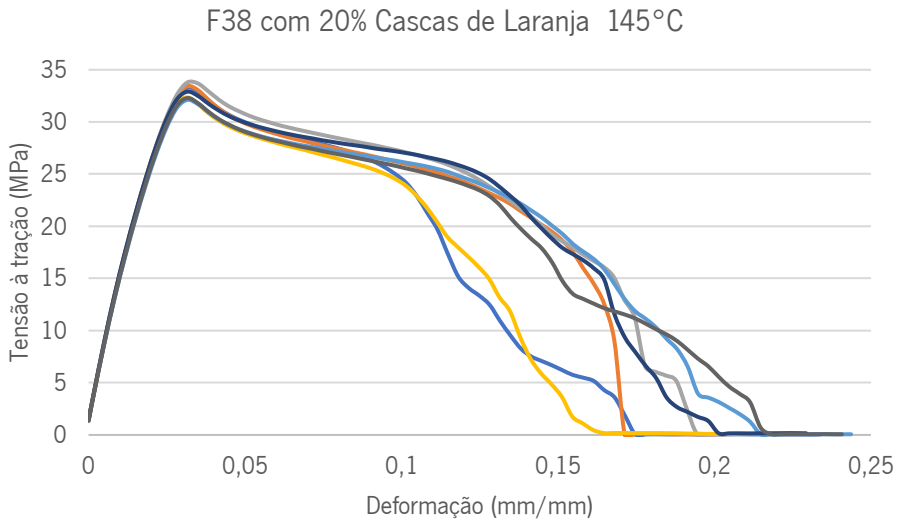
Incorporação de óleo (%)	2	4
Massa (g) / **Amostras**		
1	0,337	0,285
2	0,285	0,403
3	0,441	0,416
4	0,332	0,359
5	0,226	-
6	0,342	-
7	0,241	-
Média	0,319	0,366
Desvio-padrão	0,330	0,070

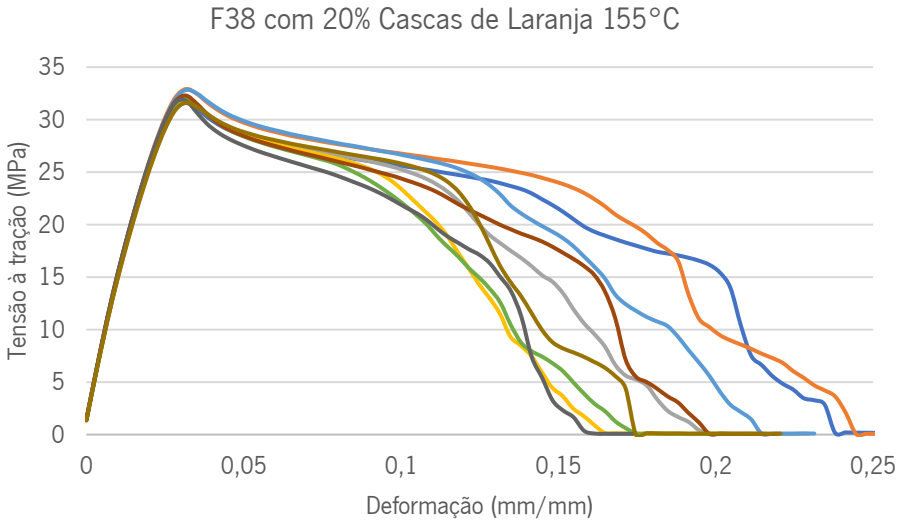
Anexo 3

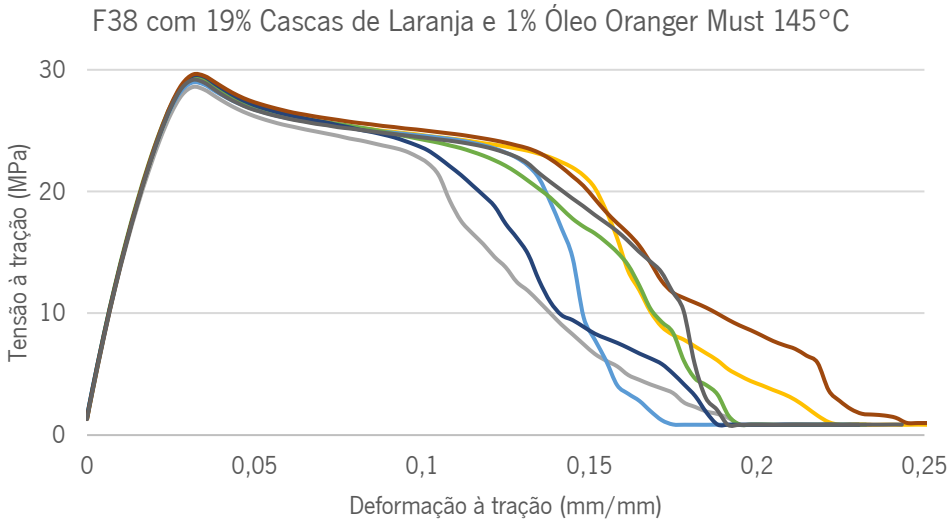
Ensaios de tração

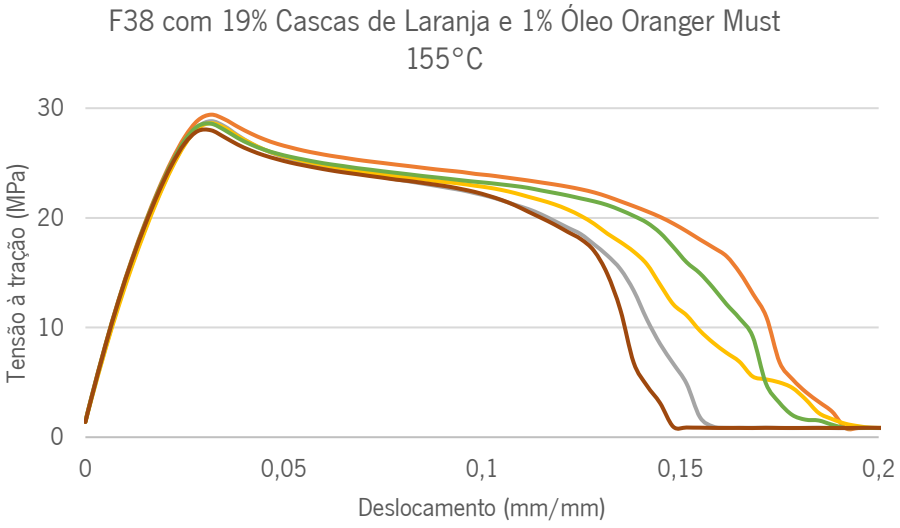


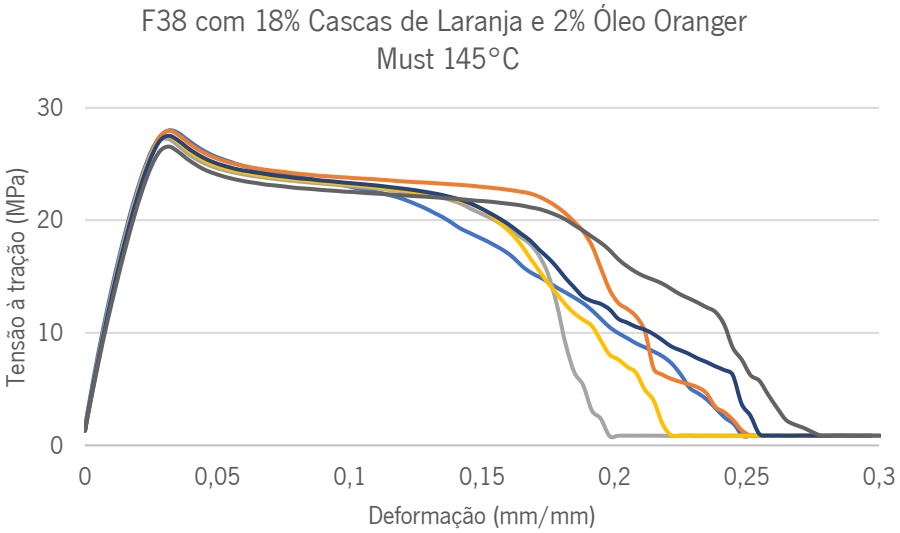


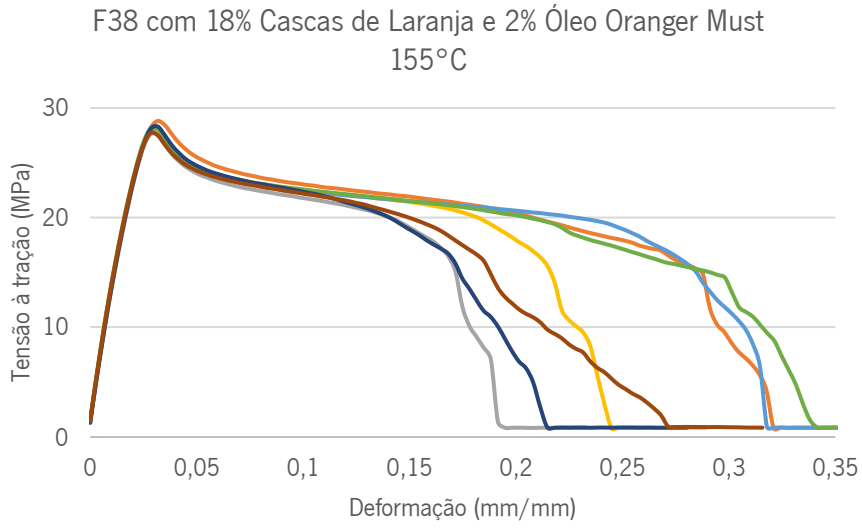

F38 com 20% Cascas de Laranja 145°C
Tensão à tração (MPa)
35
30
25
20
15
10
5
0
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
Deformação (mm/mm)

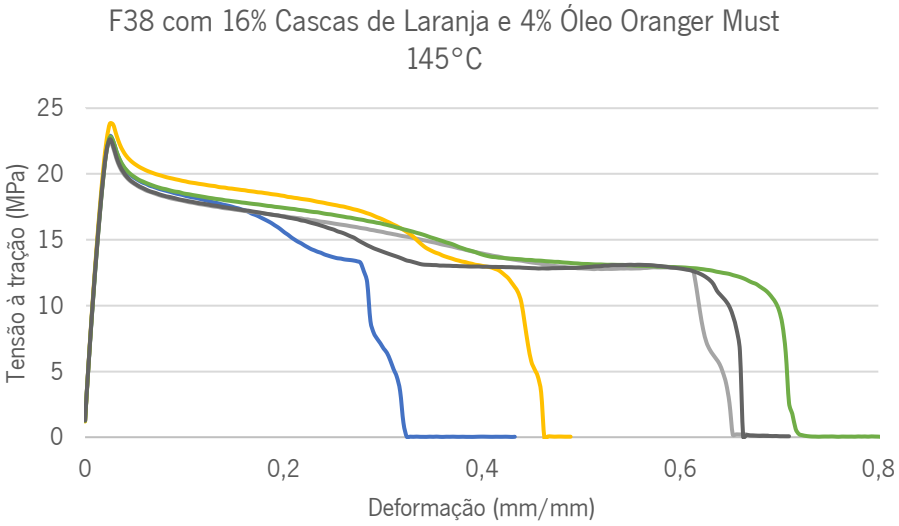

F38 com 20% Cascas de Laranja 155°C
Tensão à tração (MPa)
35
30
25
20
15
10
5
0
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
Deformação (mm/mm)

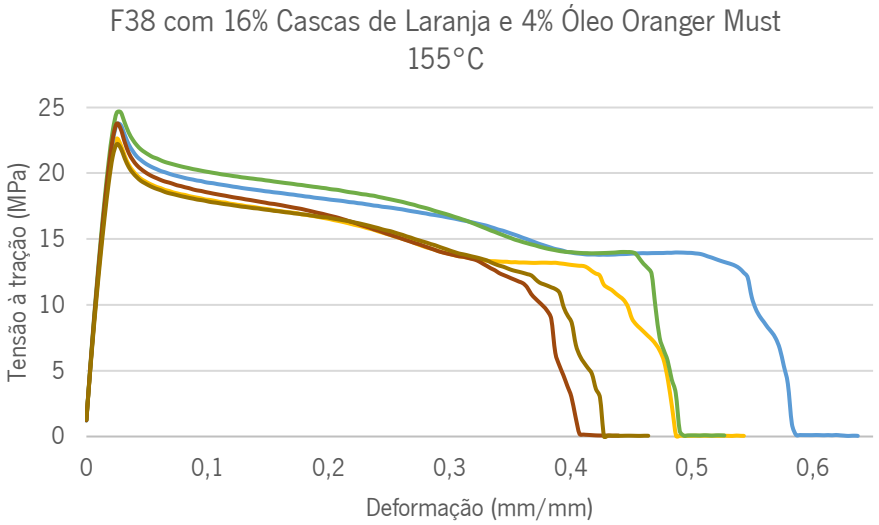

F38 com 19% Cascas de Laranja e 1% Óleo Oranger Must 145°C
Tensão à tração (MPa)
30
20
10
0
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
Deformação à tração (mm/mm)

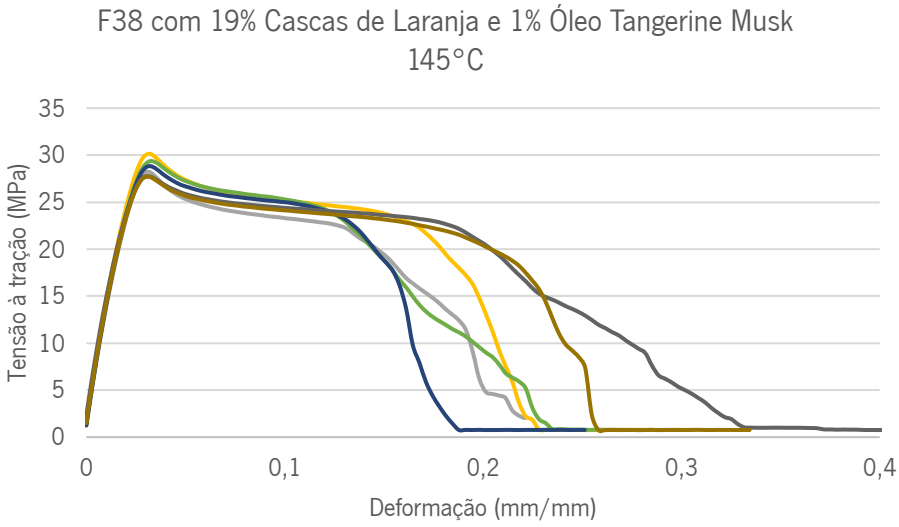

F38 com 19% Cascas de Laranja e 1% Óleo Oranger Must 155°C
Tensão à tração (MPa)
30
20
10
0
0
0,05
0,1
0,15
0,2
Deslocamento (mm/mm)

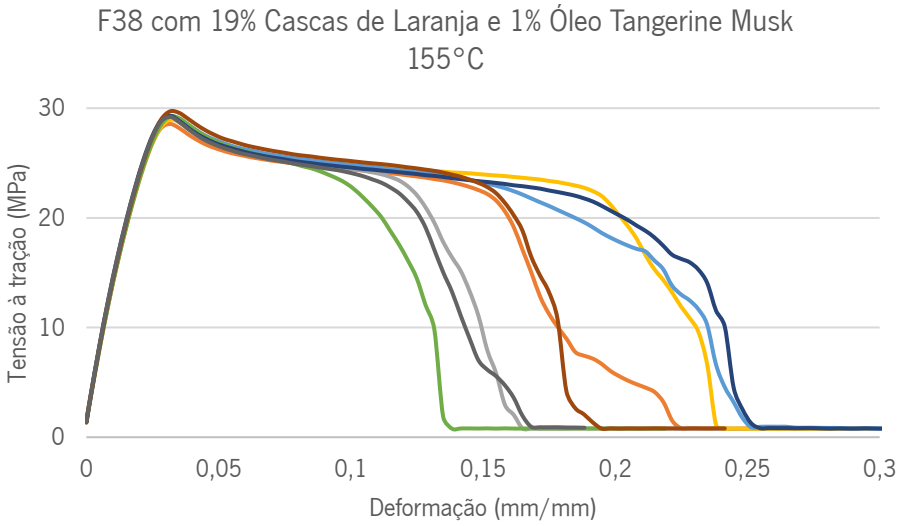

F38 com 18% Cascas de Laranja e 2% Óleo Oranger Must 145°C
Tensão à tração (MPa)
30
20
10
0
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
Deformação (mm/mm)

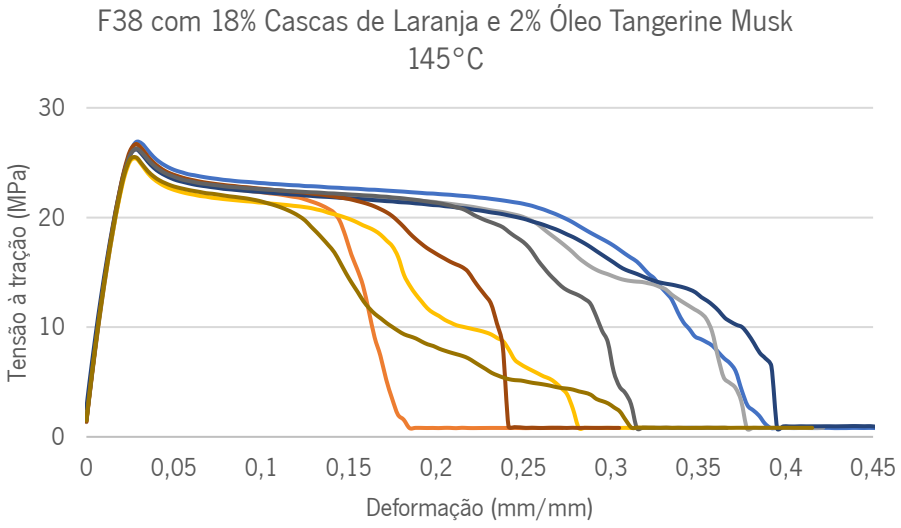

F38 com 18% Cascas de Laranja e 2% Óleo Oranger Must 155°C
Tensão à tração (MPa)
30
20
10
0
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
0,35
Deformação (mm/mm)

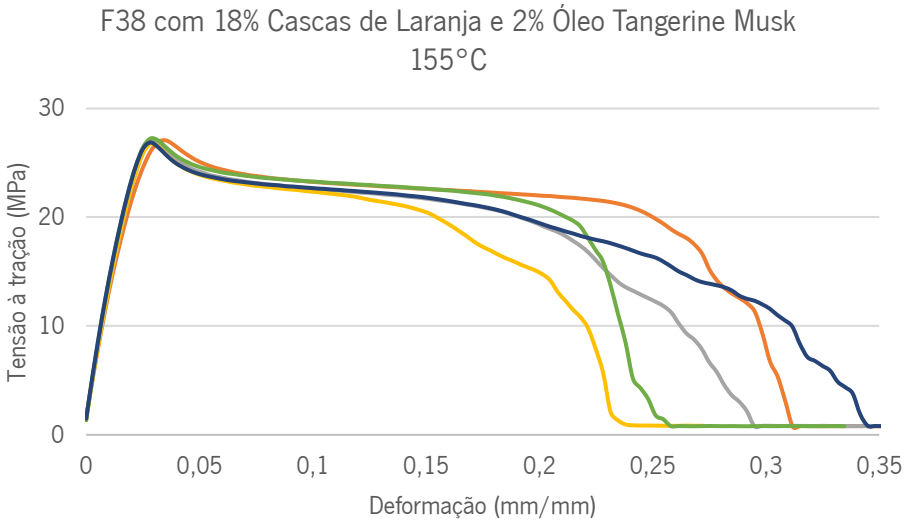

F38 com 16% Cascas de Laranja e 4% Óleo Oranger Must
145°C
Tensão à tração (MPa)
25
20
15
10
5
0
0
0,2
0,4
0,6
0,8
Deformação (mm/mm)

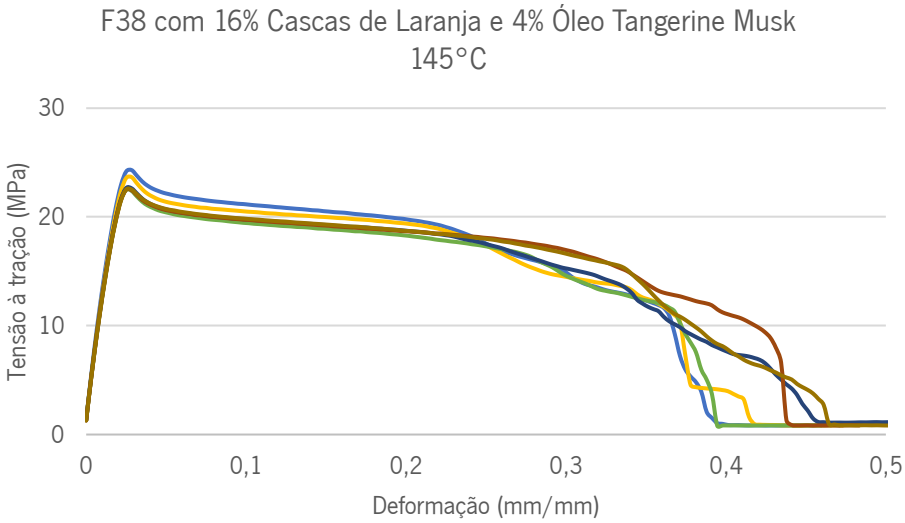

F38 com 16% Cascas de Laranja e 4% Óleo Oranger Must
155°C
Tensão à tração (MPa)
25
20
15
10
5
0
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
Deformação (mm/mm)

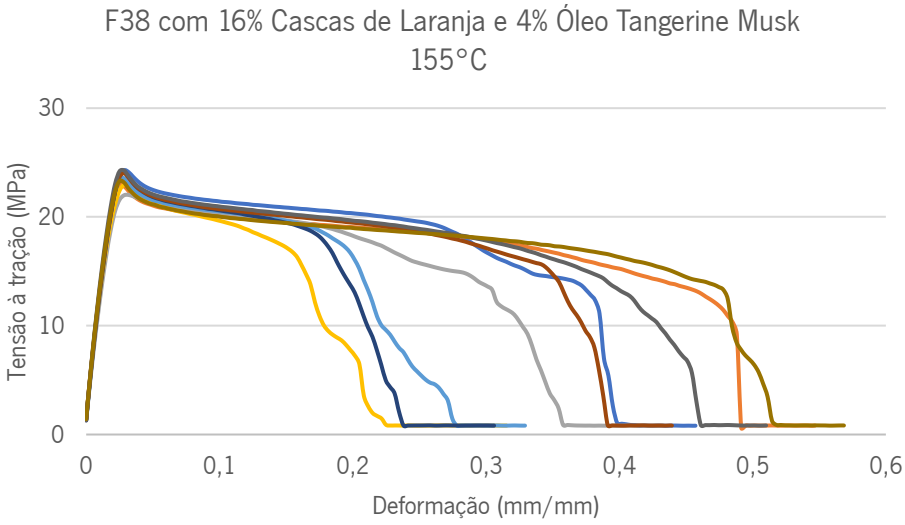

F38 com 19% Cascas de Laranja e 1% Óleo Tangerine Musk
145°C
Tensão à tração (MPa)
35
30
25
20
15
10
5
0
0
0,1
0,2
0,3
0,4
Deformação (mm/mm)

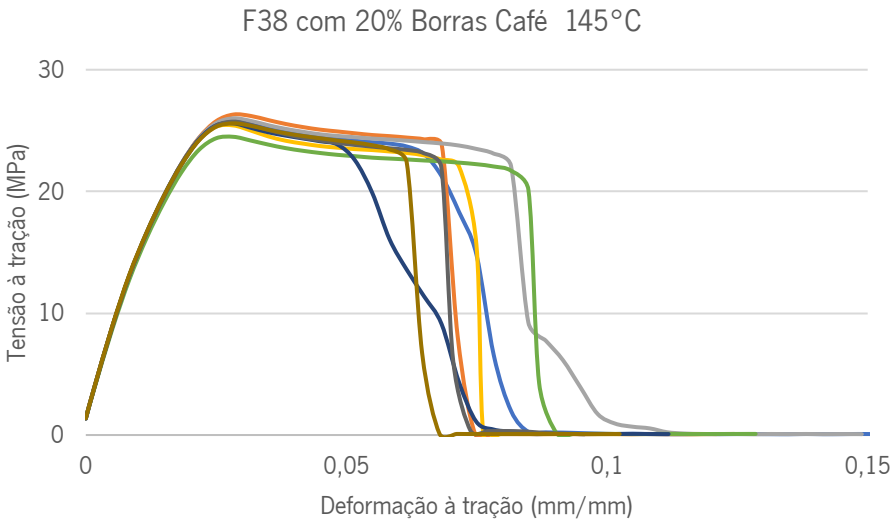

F38 com 19% Cascas de Laranja e 1% Óleo Tangerine Musk
155°C
Tensão à tração (MPa)
30
20
10
0
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
Deformação (mm/mm)

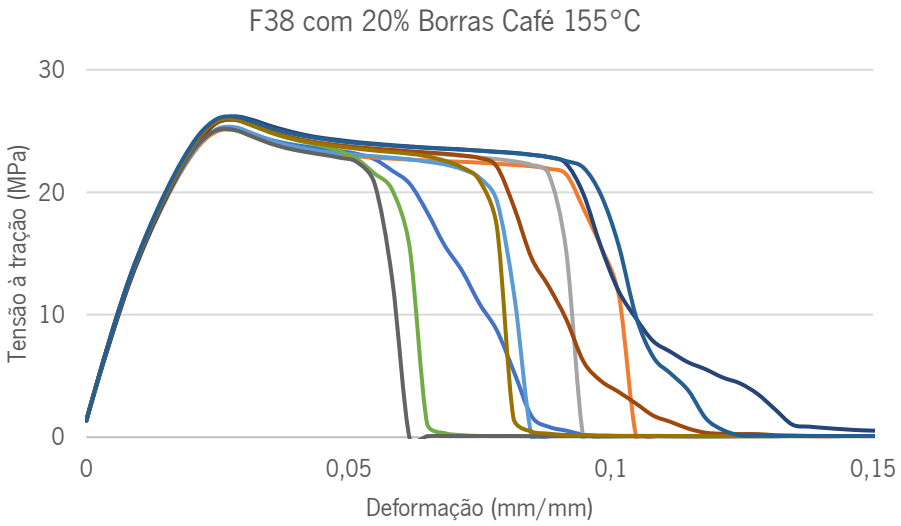

F38 com 18% Cascas de Laranja e 2% Óleo Tangerine Musk
145°C
Tensão à tração (MPa)
30
20
10
0
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
0,35
0,4
0,45
Deformação (mm/mm)

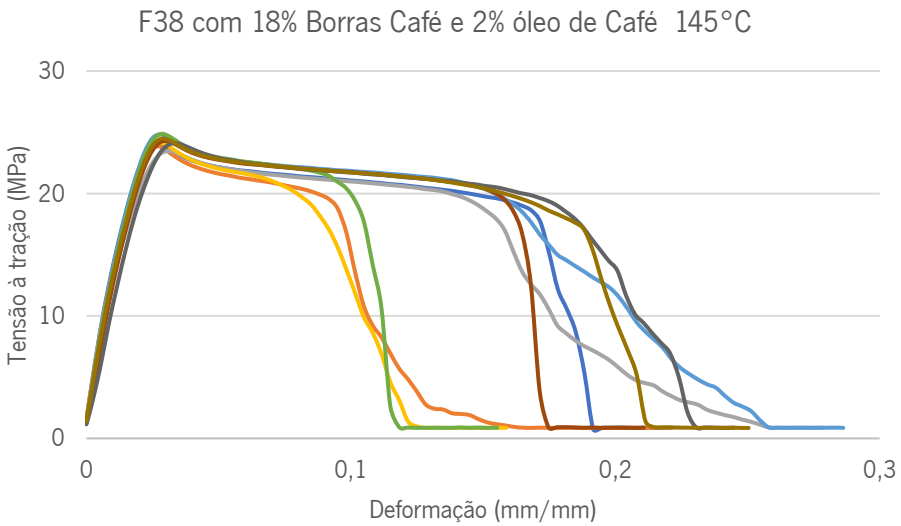

F38 com 18% Cascas de Laranja e 2% Óleo Tangerine Musk
155°C
Tensão à tração (MPa)
30
20
10
0
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
0,35
Deformação (mm/mm)

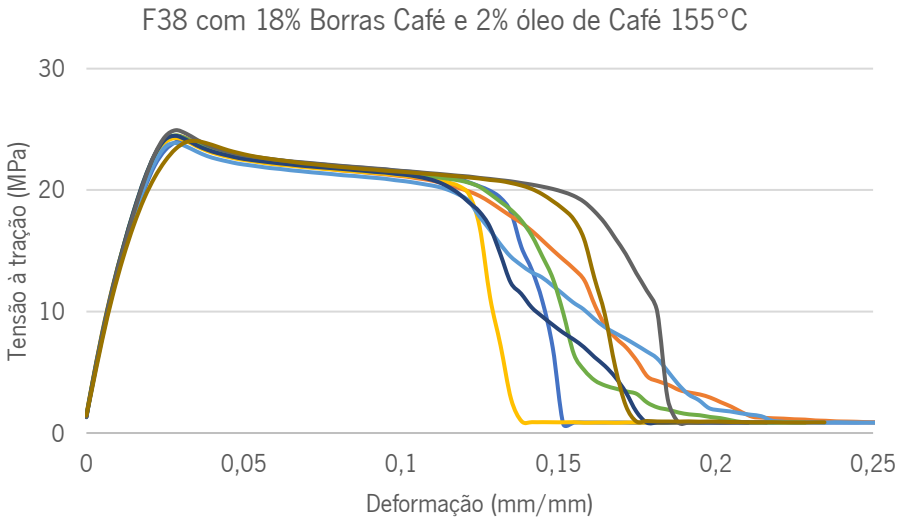

F38 com 16% Cascas de Laranja e 4% Óleo Tangerine Musk
145°C
30
20
10
0
Tensão à tração (MPa)
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
Deformação (mm/mm)

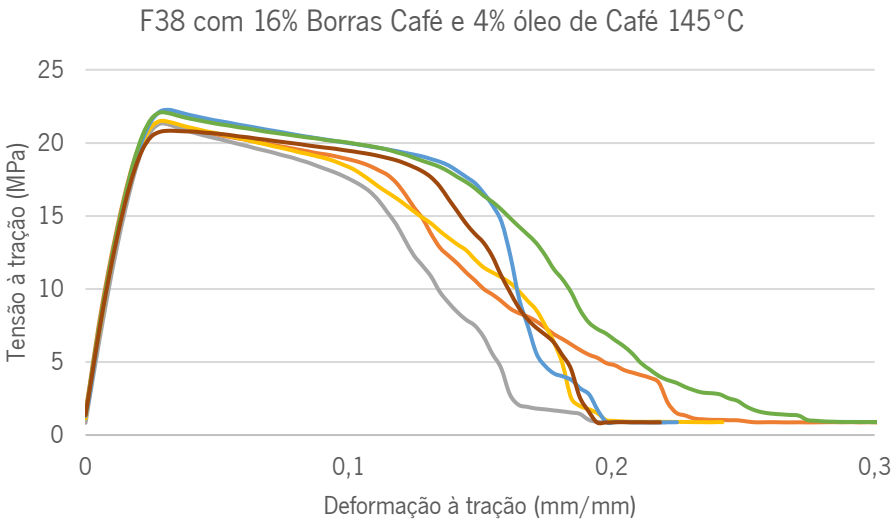

F38 com 16% Cascas de Laranja e 4% Óleo Tangerine Musk
155°C
30
20
10
0
Tensão à tração (MPa)
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
Deformação (mm/mm)

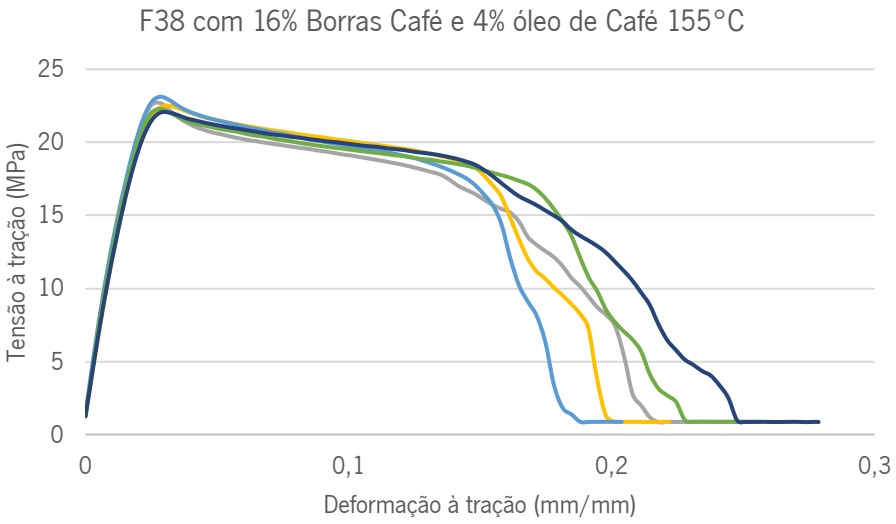

F38 com 20% Borras Café 145°C
30
20
10
0
Tensão à tração (MPa)
0
0,05
0,1
0,15
Deformação à tração (mm/mm)


F38 com 20% Borras Café 155°C
30
20
10
0
Tensão à tração (MPa)
0
0,05
0,1
0,15
Deformação (mm/mm)


F38 com 18% Borras Café e 2% óleo de Café 145°C
30
20
10
0
Tensão à tração (MPa)
0
0,1
0,2
0,3
Deformação (mm/mm)


F38 com 18% Borras Café e 2% óleo de Café 155°C
30
20
10
0
Tensão à tração (MPa)
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
Deformação (mm/mm)

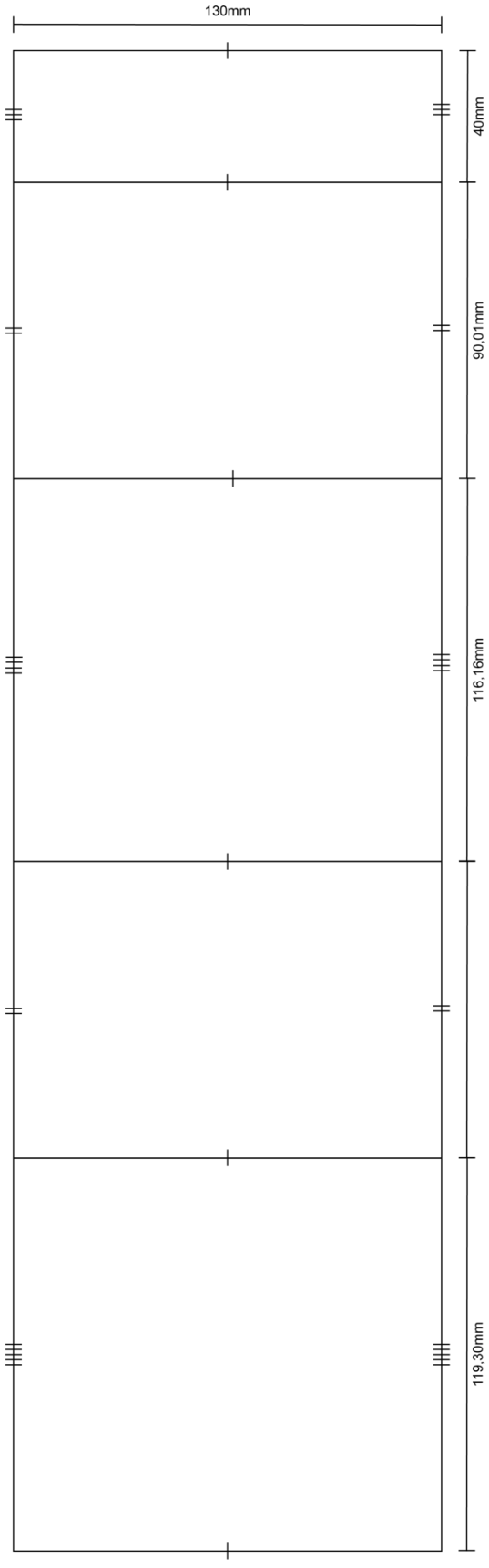

F38 com 16% Borras Café e 4% óleo de Café 145°C
25
20
15
10
5
0
Tensão à tração (MPa)
0
0,1
0,2
0,3
Deformação à tração (mm/mm)


F38 com 16% Borras Café e 4% óleo de Café 155°C
25
20
15
10
5
0
Tensão à tração (MPa)
0
0,1
0,2
0,3
Deformação à tração (mm/mm)

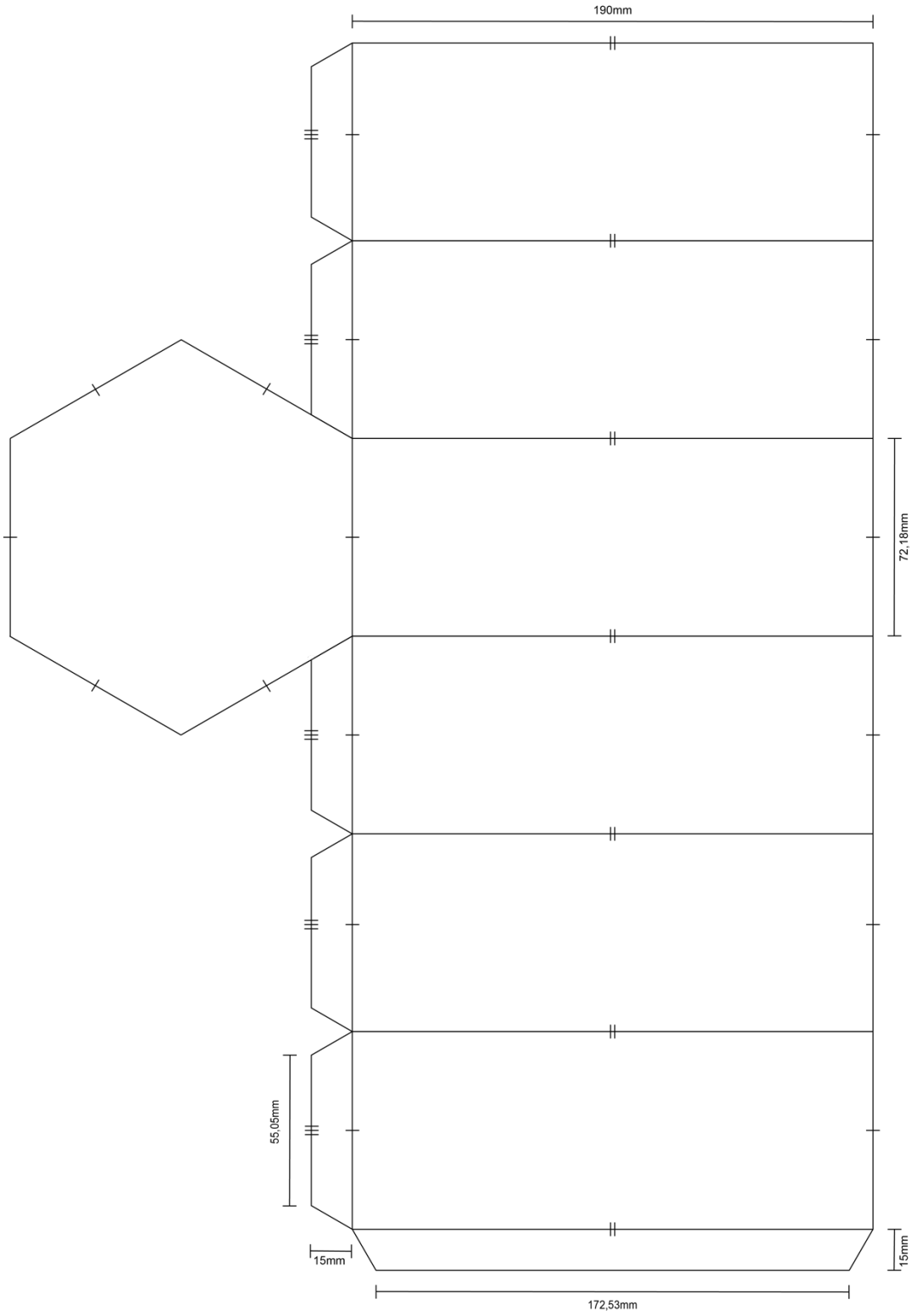
Anexo 4

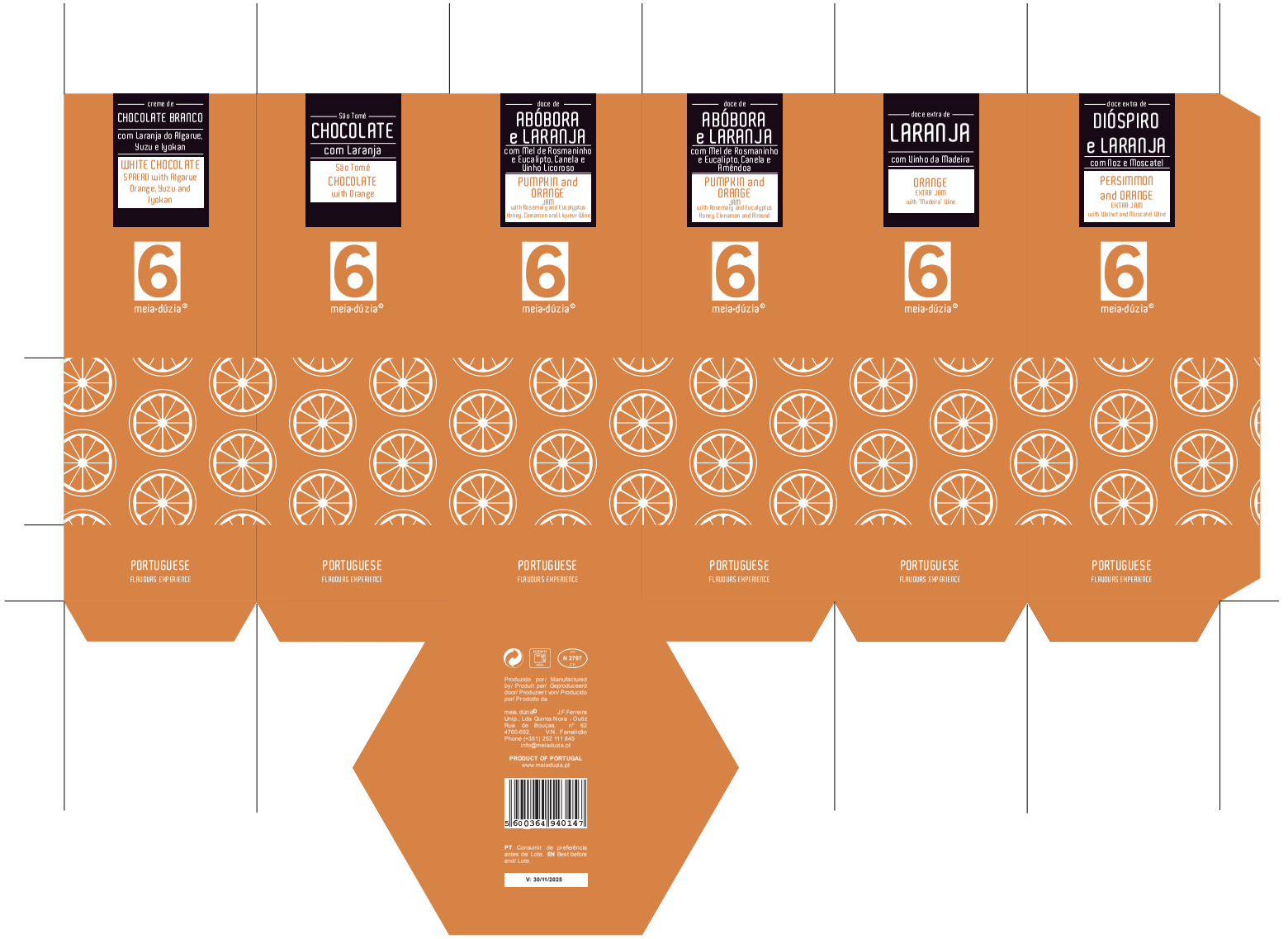
Planificações das Mangas/Complementos das Embalagens:

- Planificação com dimensões da Manga da Embalagem de Café;
- Planificação Final da Manga da Embalagem de Café;
- Planificação com dimensões da Manga da Embalagem de Laranja;
- Planificação Final da Manga da Embalagem de Laranja


130mm
40mm
90,01mm
116,16mm
119,30mm

VOLLUTO
EXPRESSO
40 ml - 1.35 fl oz
CEREAL
NOTE DE CEREALE
PACKAGE
COFFE HOLDER
CARING FOR THE CLIMATE
CARING FOR COMMUNITIES
CARING FOR THE FUTURE

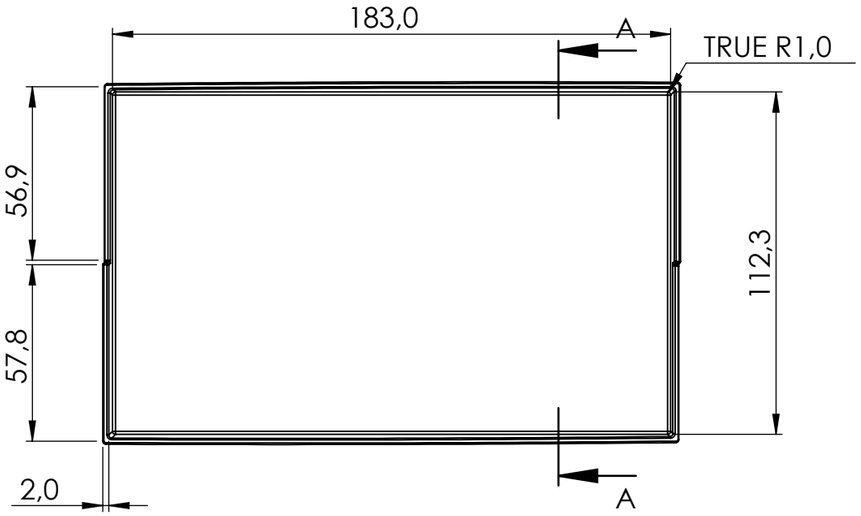

190mm
72,18mm
55,05mm
15mm
15mm
172,53mm

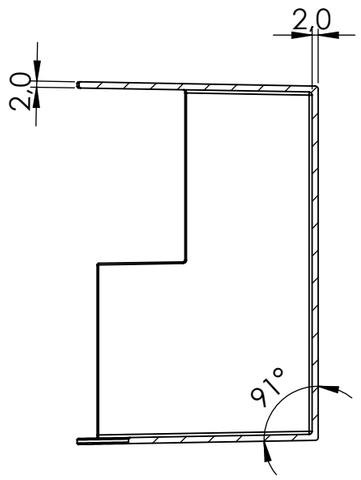

creme de
CHOCOLATE BRANCO
com Laranja do Algarve, Yuzu e Iyokan
WHITE CHOCOLATE SPREAD with Algarve Orange, Yuzu and Iyokan
São Tomé
CHOCOLATE
com Laranja
São Tomé CHOCOLATE with Orange
doce de
ABÓBORA e LARANJA
com Mel de Rosmaninho e Eucalipto, Canela e Vinho Licoroso
PUMPKIN and ORANGE JAM with Rosemary and Eucalyptus Honey, Cinnamon and Liqueur Wine
doce de
ABÓBORA e LARANJA
com Mel de Rosmaninho e Eucalipto, Canela e Rmêndoa
PUMPKIN and ORANGE JAM with Rosemary and Eucalyptus Honey, Cinnamon and Almond
doce extra de
LARANJA
com Vinho da Madeira
ORANGE EXTRA JAM with Madeira Wine
doce extra de
DIÓSPIRO e LARANJA
com Noz e Moscatel
PERSIMMON and ORANGE EXTRA JAM with Walnut and Moscatel Wine
6
meia-dúzia©
PORTUGUESE
FLAVOURS EXPERIENCE
N 2797
Produzido por/ Manufactured by/ Produit par/ Geproduceerd door/ Produziert von/ Producido por/ Prodotto da
meia dúzia© J.F.Ferreira Unip., Lda. Quinta Nova - Outiz Rua de Bouças, nº 62 4760-692, V.N. Famalicão Phone (+351) 252 111 845 info@meiaduzia.pt
PRODUCT OF PORTUGAL
www.meiaduzia.pt
5 600364 940147
PT Consumir de preferência antes do/ Lote. EN Best before end/ Lote.
V: 30/11/2025

Anexo 5

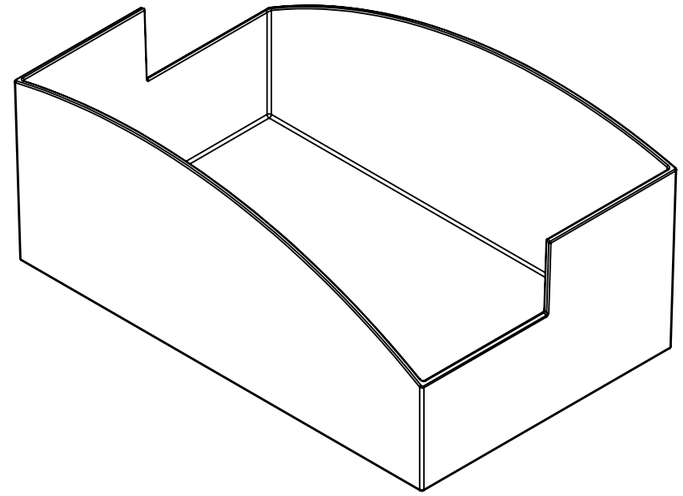
Desenhos Técnicos da Embalagem de Café:

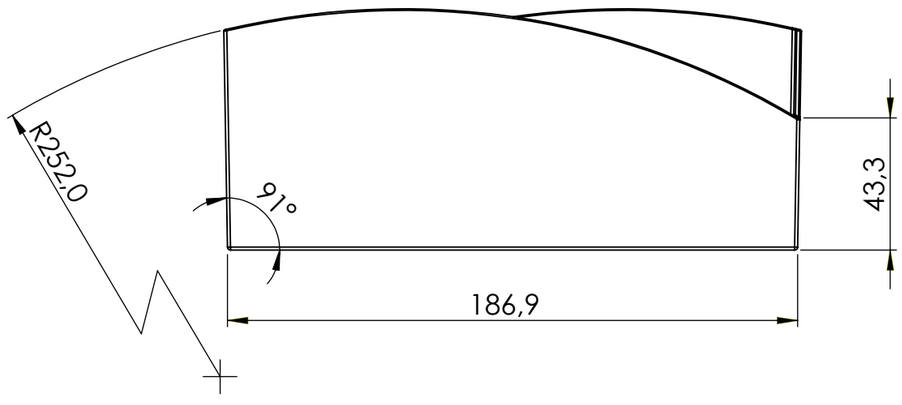
- Tampa;
- Suporte das Cápsulas;
- Peça Central;
- Base;
- Embalagem de Café.

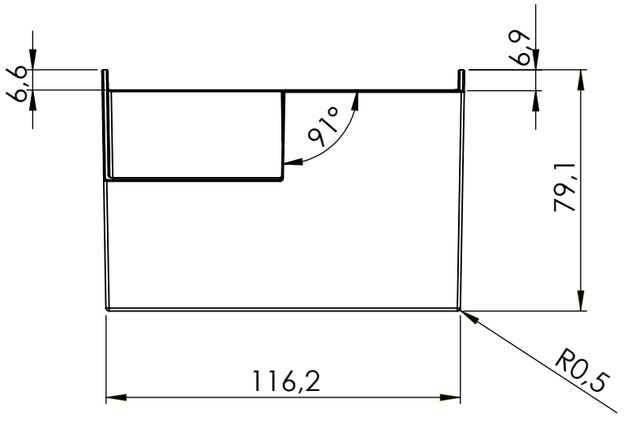




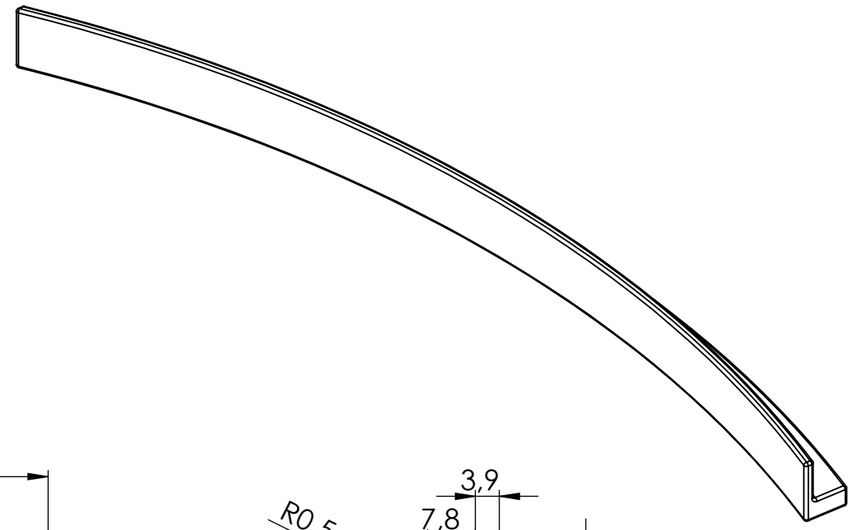
SECTION A-A
SCALE 1 : 2

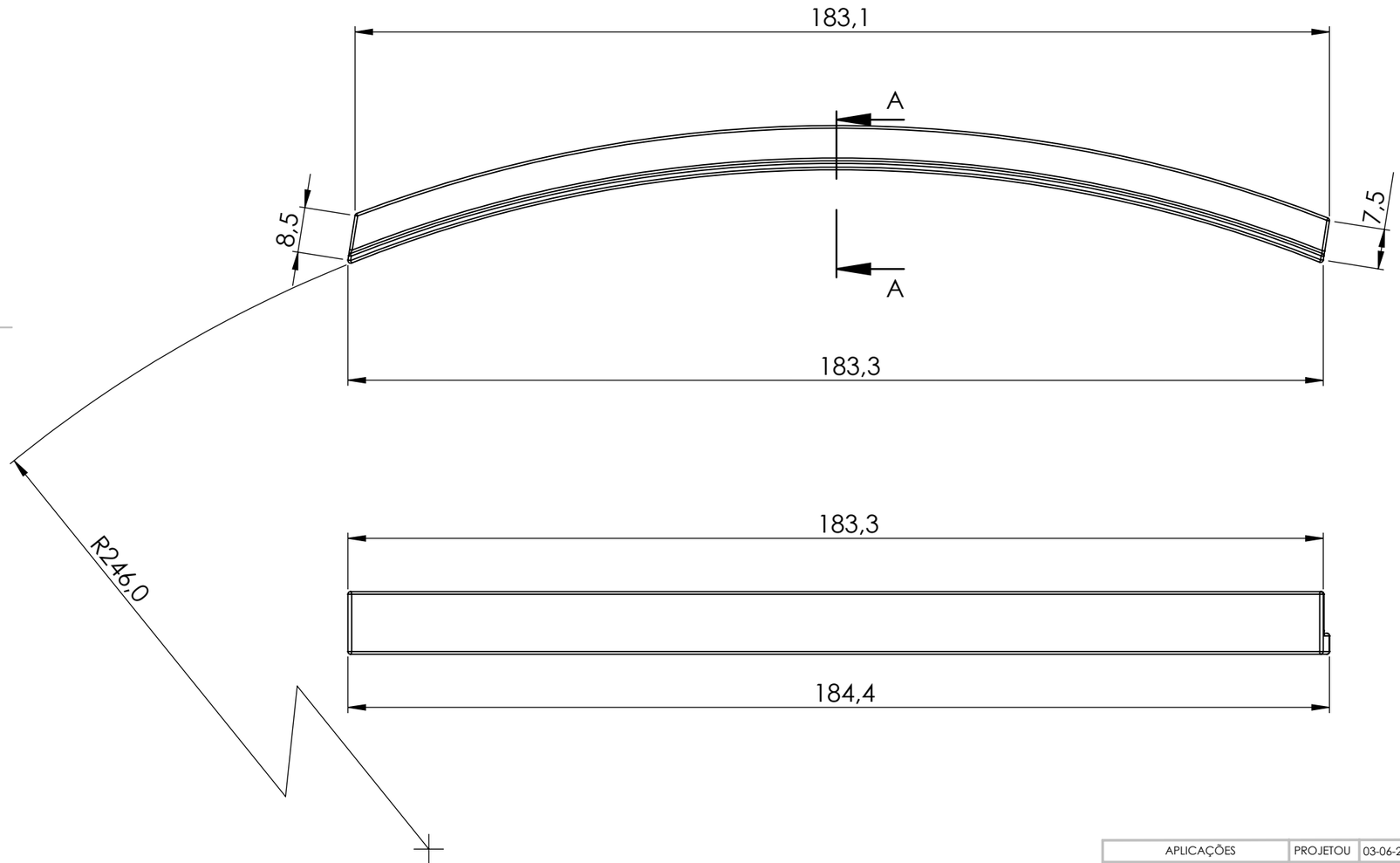


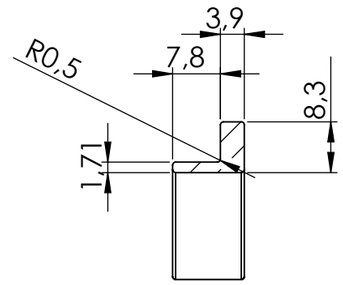




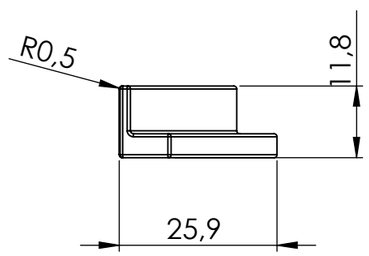
APLICAÇÕES	PROJETOU	03-06-23	FILIPA CASTRO	EMBALAGEM DE CAFÉ CONVERTÍVEL	UNIVERSIDADE DO MINHO
Material: 80% PLA F38-Nurel, 16% carga de borras de café, 4% óleo essencial de Café	DESENHOU	21-11-23	FILIPA CASTRO		MESTRADO EM ENGENHARIA DO PRODUTO
	COPIOU	28-11-23	FILIPA CASTRO		
Folha de Desenho ISO 5457-A4T-OP90-F-NP204	VERIFICOU	04-12-23	FILIPA CASTRO		
	ESCALA 1:2			TAMPA	FC-0002/2023D
					21-11-23 28-11-23
					SUBSTITUI:
					SUBSTITUIDO POR:



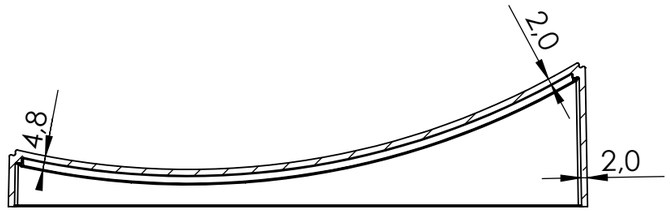




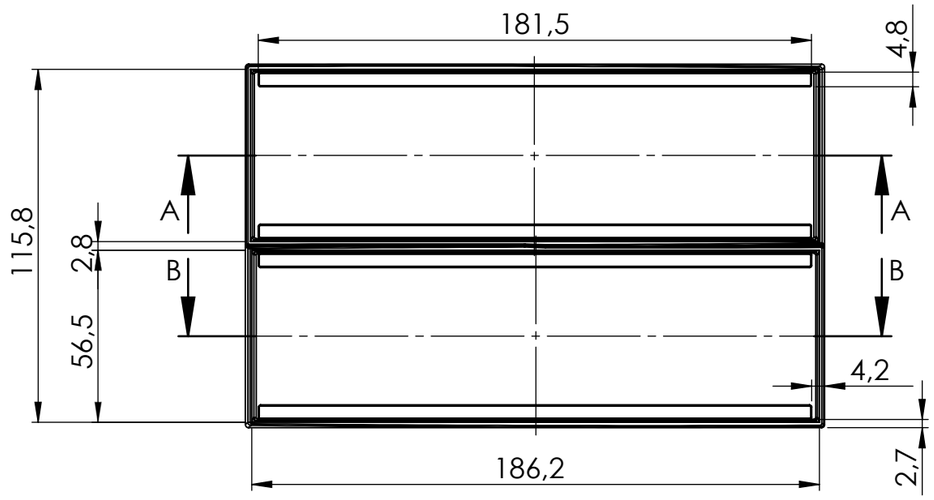
SECTION A-A
SCALE 1 : 1

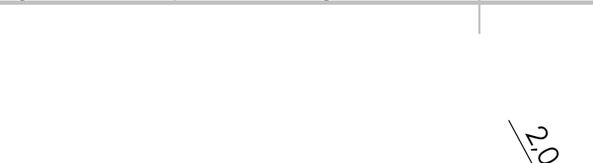


APLICAÇÕES	PROJETOU	03-06-23	FILIPA CASTRO	EMBALAGEM DE CAFÉ CONVERTÍVEL	UNIVERSIDADE DO MINHO
Material: 80% PLA F38-Nurel, 16% carga de borras de café, 4% óleo essencial de Café	DESENHOU	21-11-23	FILIPA CASTRO		MESTRADO EM ENGENHARIA DO PRODUTO
Folha de Desenho ISO 5457-A4T-OP90-F-NP204	COPIOU	28-11-23	FILIPA CASTRO		FC-0003/2023D
	VERIFICOU	04-12-23	FILIPA CASTRO		21-11-23 / 28-11-23
	ESCALA 1:1			SUPORTE DAS CÁPSULAS	SUBSTITUI:
					SUBSTITUIDO POR:

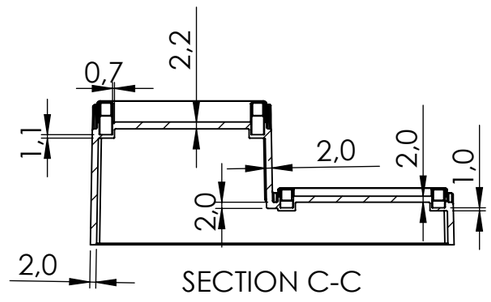


SECTION A-A

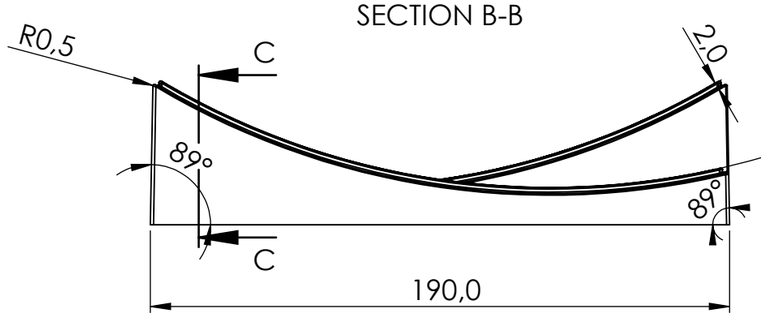


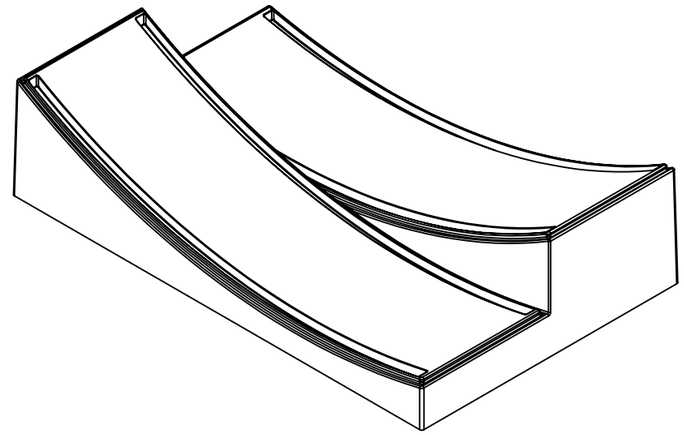


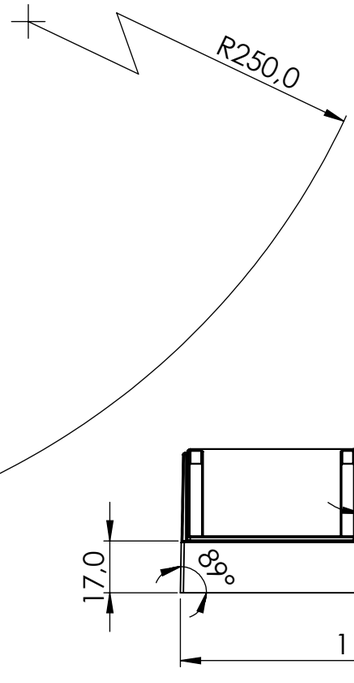
SECTION B-B

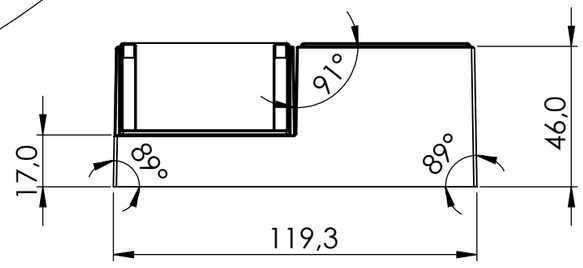


SECTION C-C

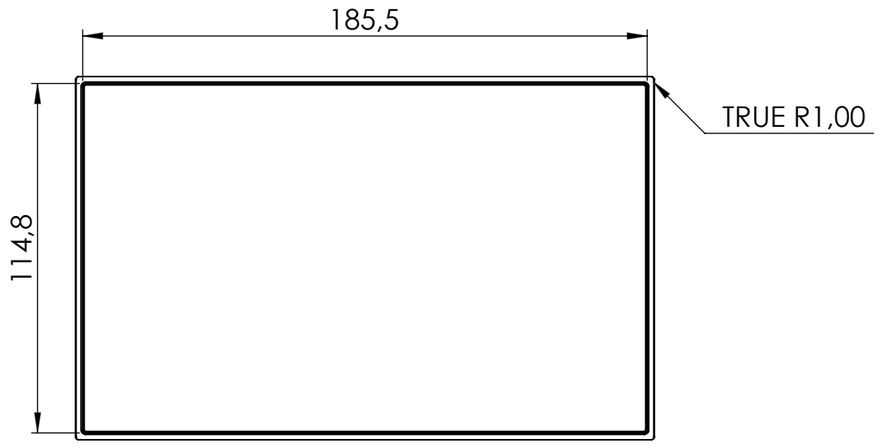


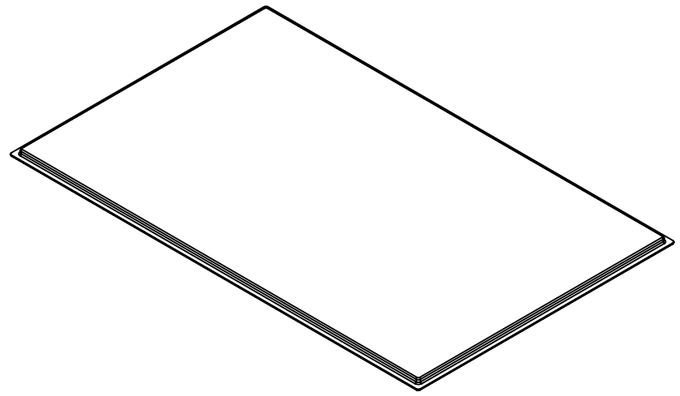




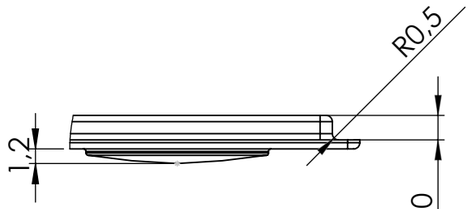


APLICAÇÕES	PROJETOU	03-06-23	FILIPA CASTRO	EMBALAGEM DE CAFÉ CONVERTÍVEL	UNIVERSIDADE DO MINHO
Material: 80% PLA F38-Nurel, 16% carga de borras de café, 4% óleo essencial de Café	DESENHOU	21-11-23	FILIPA CASTRO		MESTRADO EM ENGENHARIA DO PRODUTO
Folha de Desenho ISO 5457-A4T-OP90-F-NP204	COPIOU	28-11-23	FILIPA CASTRO		
	VERIFICOU	04-12-23	FILIPA CASTRO		
	ESCALA 1:2			PEÇA CENTRAL	FC-0001/2023D
					21-11-23 | 28-11-23
					SUBSTITUI:
					SUBSTITUIDO POR:

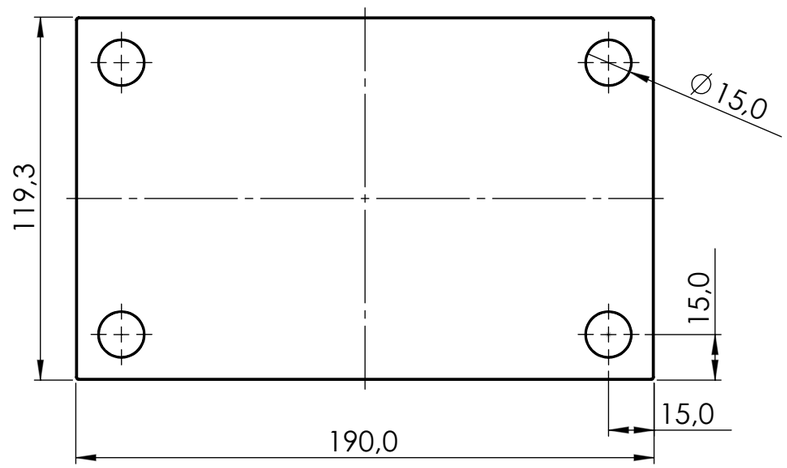






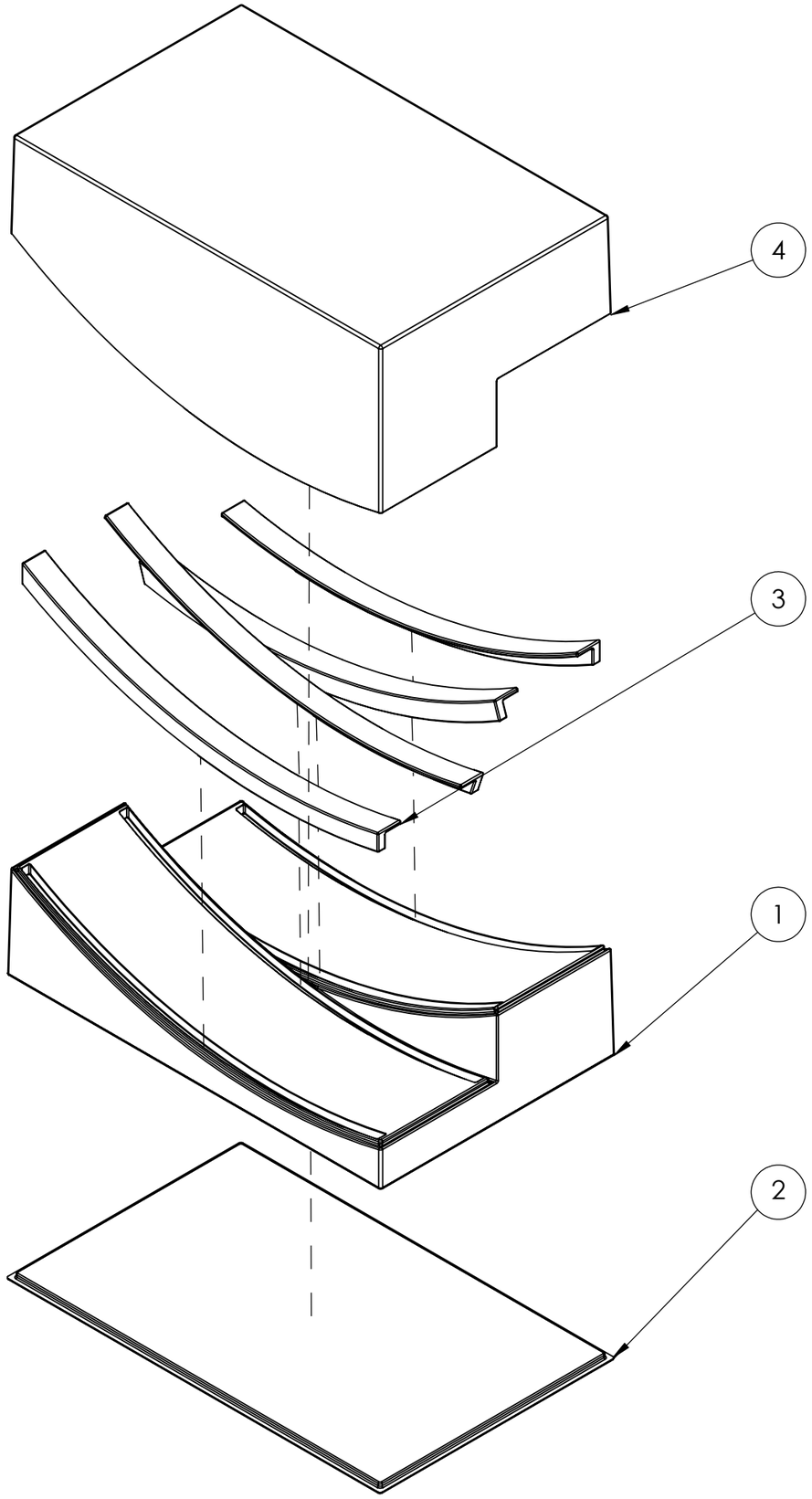


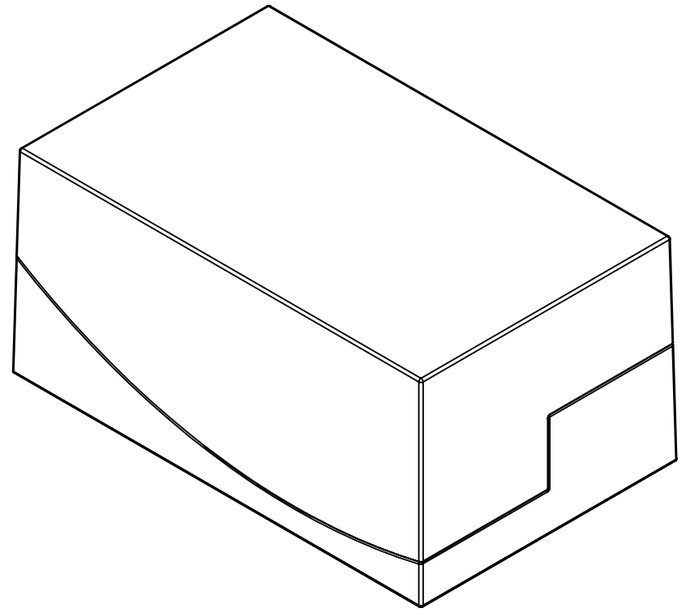
DETAIL A
SCALE 2 : 1



APLICAÇÕES	PROJETOU	03-06-23	FILIPA CASTRO	EMBALAGEM DE CAFÉ CONVERTÍVEL	UNIVERSIDADE DO MINHO
Material: 80% PLA F38-Nurel, 16% carga de borras de café, 4% óleo essencial de Café Folha de Desenho ISO 5457-A4T-OP90-F-NP204	DESENHOU	21-11-23	FILIPA CASTRO		MESTRADO EM ENGENHARIA DO PRODUTO
	COPIOU	28-11-23	FILIPA CASTRO		
	VERIFICOU	04-12-23	FILIPA CASTRO		
	ESCALA 1:2			BASE	FC-0004/2023D
					21-11-23 | 28-11-23
					SUBSTITUI:
					SUBSTITUIDO POR:

ITEM Nº	DESCRIÇÃO	QTDD.
1	Café Modelo Base	1
2	Café Modelo Topo	1
3	Café Modelo Tiras	4
4	Café Modelo Tampa	1



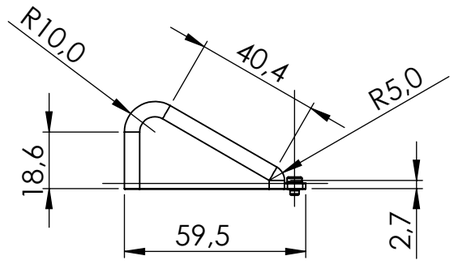


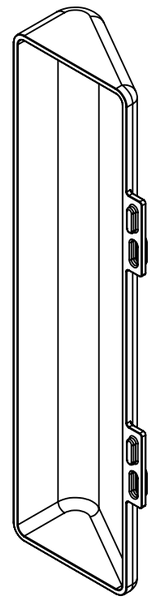
APLICAÇÕES	PROJETOU	03-06-23	FILIPA CASTRO	EMBALAGEM DE CAFÉ CONVERTÍVEL	UNIVERSIDADE DO MINHO
Material: 80% PLA F38-Nurel, 16% carga de borras de café, 4% óleo essencial de Café Folha de Desenho ISO 5457-A4T-OP90-F-NP204	DESENHOU	21-11-23	FILIPA CASTRO		MESTRADO EM ENGENHARIA DO PRODUTO
	COPIOU	28-11-23	FILIPA CASTRO		
	VERIFICOU	04-12-23	FILIPA CASTRO		
	ESCALA 1:2			EMBALAGEM DE CAFÉ	FC-0006/2023D
					21-11-23 / 28-11-23
					SUBSTITUI:
					SUBSTITUIDO POR:

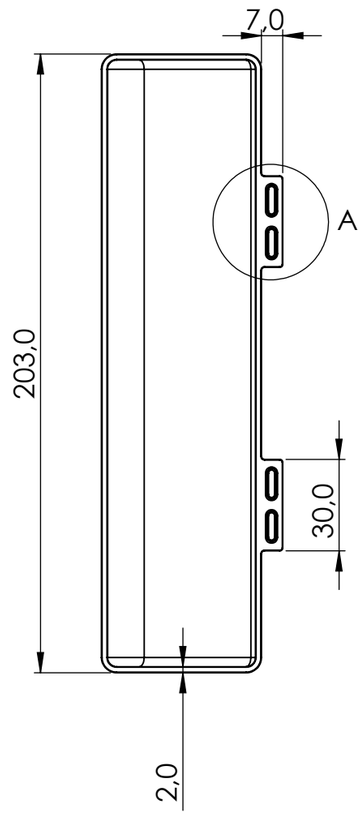
Anexo 6

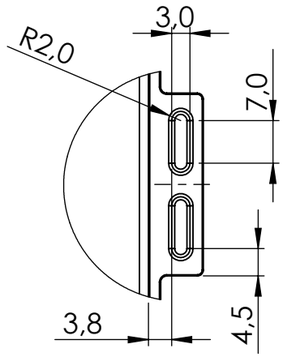
Desenhos Técnicos da Embalagem de Laranja:

- Peça;
- Embalagem de Laranja.

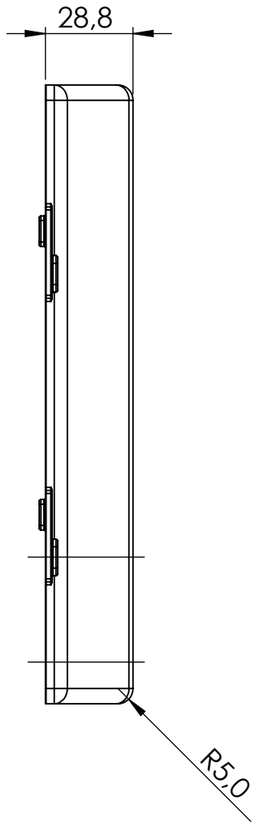


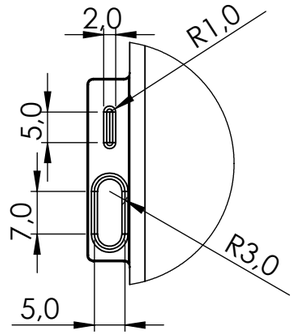




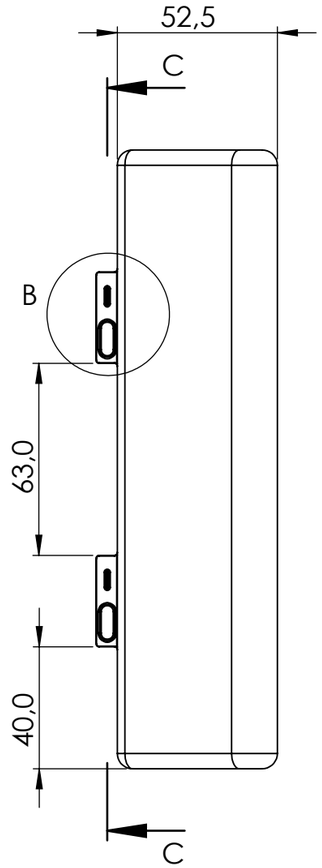


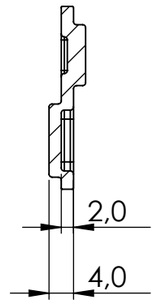
DETAIL A
SCALE 1 : 1

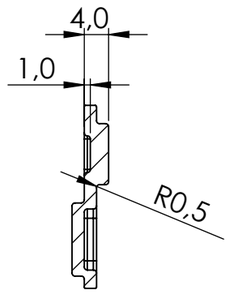




DETAIL B
SCALE 1 : 1



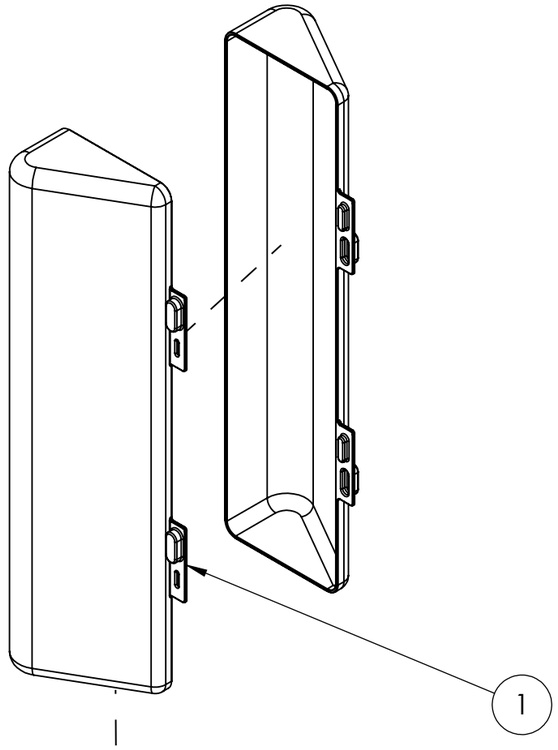


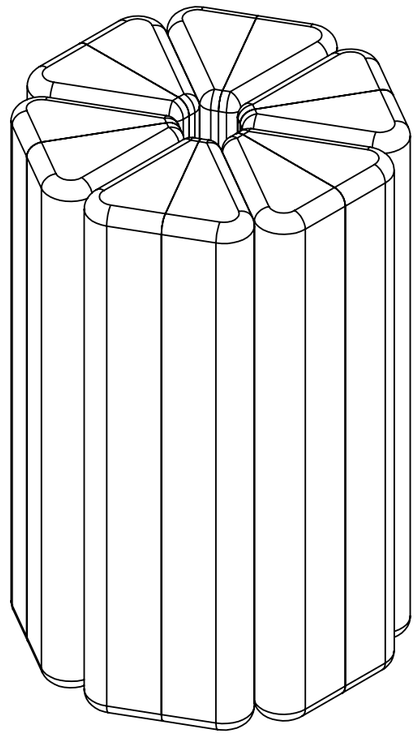


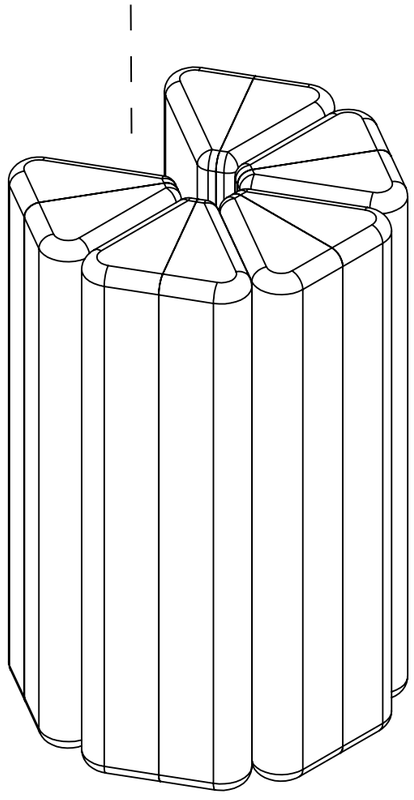
SECTION C-C
SCALE 1 : 1

APLICAÇÕES	PROJETOU	03-06-23	FILIPA CASTRO	EMBALAGEM DE LARANJA	UNIVERSIDADE DO MINHO
Material: 80% PLA F38-Nurel, 16% carga de casca de laranja, 4% óleo essencial de Laranja Folha de Desenho ISO 5457-A4T-OP90-F-NP204	DESENHOU	21-11-23	FILIPA CASTRO		MESTRADO EM ENGENHARIA DO PRODUTO
	COPIOU	28-11-23	FILIPA CASTRO		
	VERIFICOU	04-12-23	FILIPA CASTRO		
	ESCALA 1:2			PEÇA	FC-0005/2023D
					21-11-23 / 28-11-23
					SUBSTITUI:
					SUBSTITUIDO POR:

ITEM Nº	DESCRIÇÃO	QTDD.
1	Embalagem Laranja 4	12





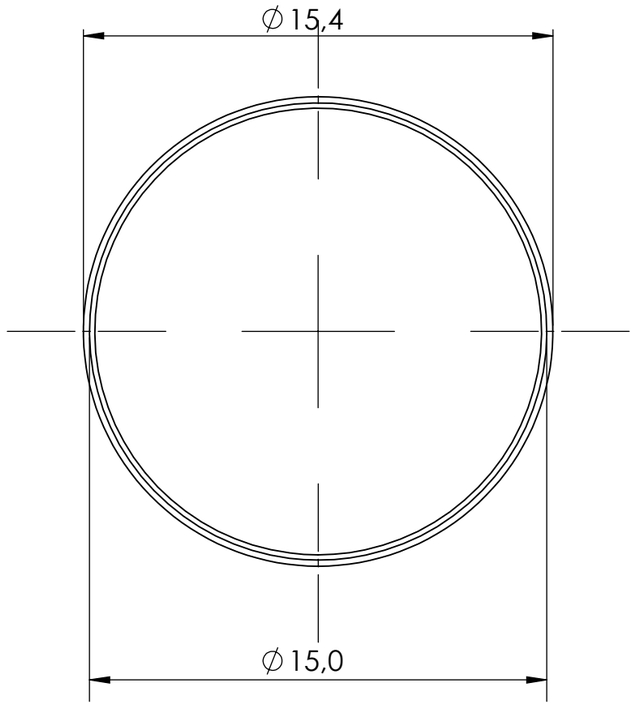


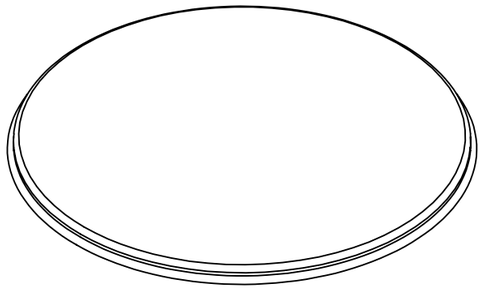
APLICAÇÕES					UNIVERSIDADE DO MINHO
Material: 80% PLA F38-Nurel, 16% carga de cascas de laranja, 4% óleo essencial de Laranja Folha de Desenho ISO 5457-A4T-OP90-F-NP204	PROJETOU	03-06-23	FILIPA CASTRO	EMBALAGEM DE LARANJA	MESTRADO EM ENGENHARIA DO PRODUTO
	DESENHOU	21-11-23	FILIPA CASTRO		
	COPIOU	28-11-23	FILIPA CASTRO		
	VERIFICOU	04-12-23	FILIPA CASTRO		
	ESCALA 1:2	EMBALAGEM DE LARANJA			FC-0007/2023D
					21-11-23 / 28-11-23
					SUBSTITUI:
					SUBSTITUIDO POR:

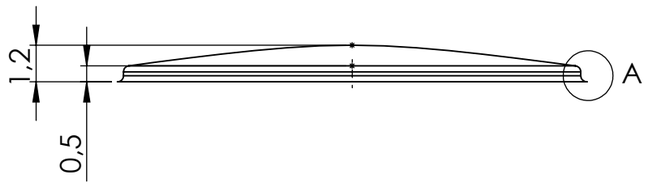
Anexo 7

Desenhos Técnicos do Protótipo da Embalagem de Café:

- Antiderrapantes;
- Suporte para Cápsulas Modificado.



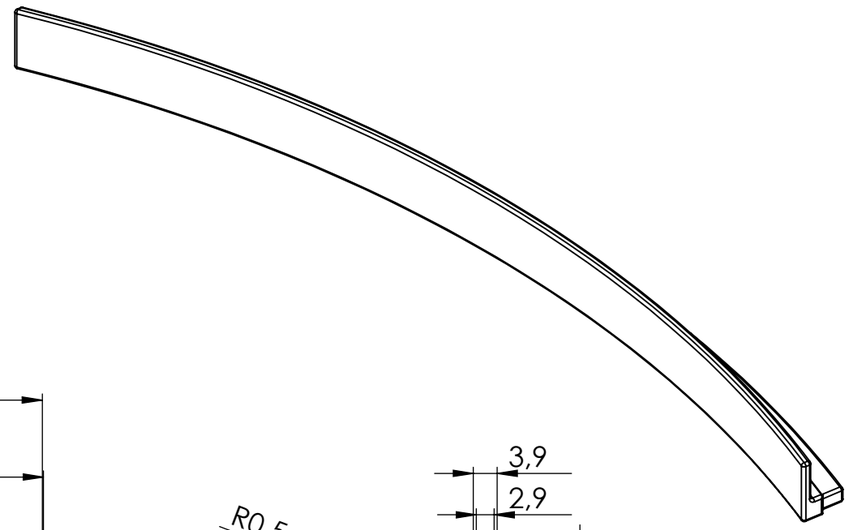


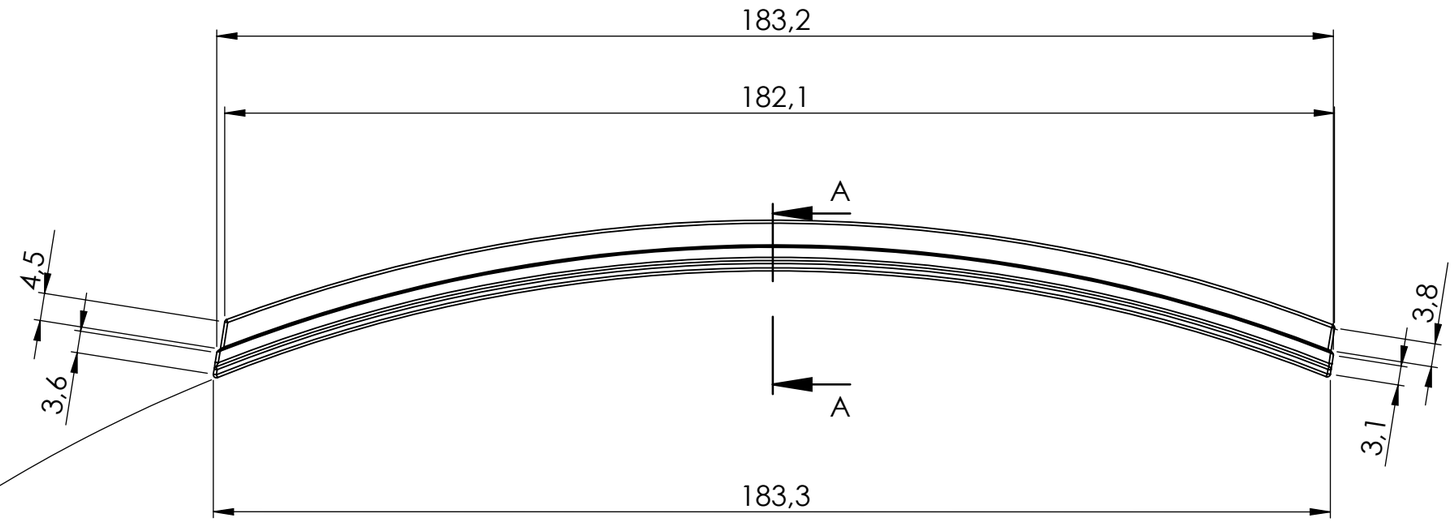


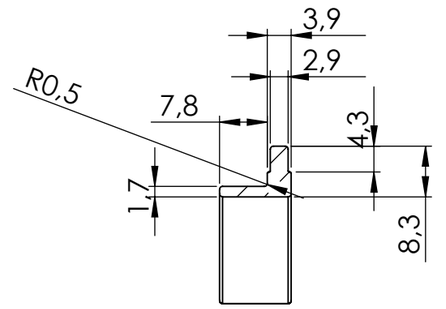


DETAIL A
SCALE 10 : 1

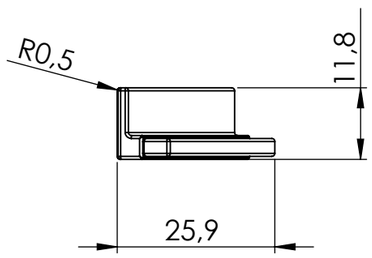
APLICAÇÕES	PROJETOU	03-06-23	FILIPA CASTRO	PROTÓTIPO - EMBALAGEM DE CAFÉ CONVERTÍVEL	UNIVERSIDADE DO MINHO
Material: 100% PLA com café	DESENHOU	21-11-23	FILIPA CASTRO		
Folha de Desenho ISO 5457-A4T-OP90-F-NP204	COPIOU	28-11-23	FILIPA CASTRO		MESTRADO EM ENGENHARIA DO PRODUTO
	VERIFICOU	04-12-23	FILIPA CASTRO		
	ESCALA 5:1			ANTIDERRAPANTES	FC-0009/2023D
					21-11-23 / 28-11-23
					SUBSTITUI:
					SUBSTITUIDO POR:







SECTION A-A
SCALE 1 : 1

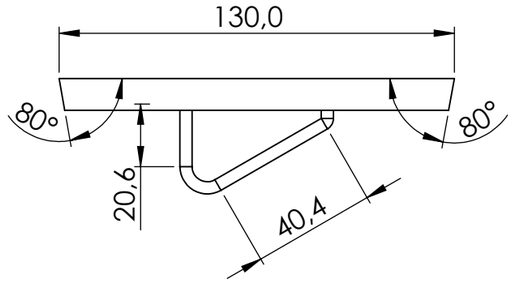


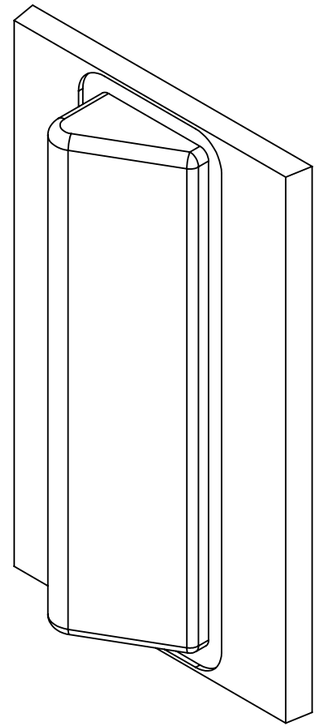
APLICAÇÕES	PROJETOU	03-06-23	FILIPA CASTRO	PROTÓTIPO - EMBALAGEM DE CAFÉ CONVERTÍVEL	UNIVERSIDADE DO MINHO
Material: 100% PLA com café	DESENHOU	21-11-23	FILIPA CASTRO		
Folha de Desenho ISO 5457-A4T-OP90-F-NP204	COPIOU	28-11-23	FILIPA CASTRO		MESTRADO EM ENGENHARIA DO PRODUTO
	VERIFICOU	04-12-23	FILIPA CASTRO		
	ESCALA 1:1			SUPORTE PARA CÁPSULAS MODIFICADO	FC-0008/2023D
					21-11-23 / 28-11-23
					SUBSTITUI:
					SUBSTITUIDO POR:

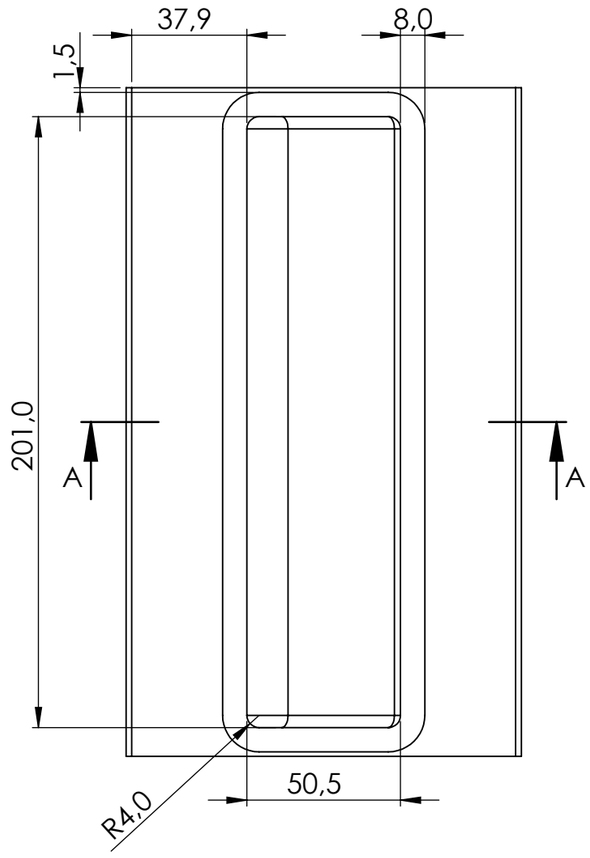
Anexo 8

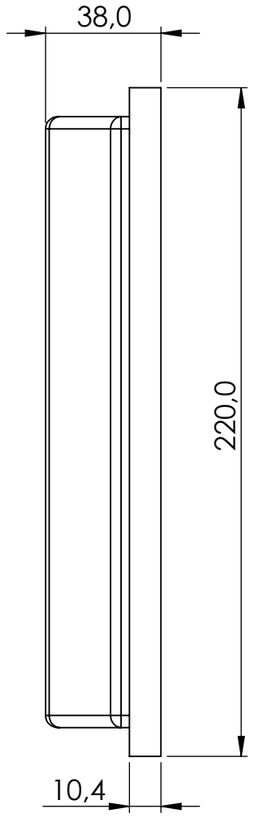
Desenhos Técnicos do Protótipo da Embalagem de Laranja:

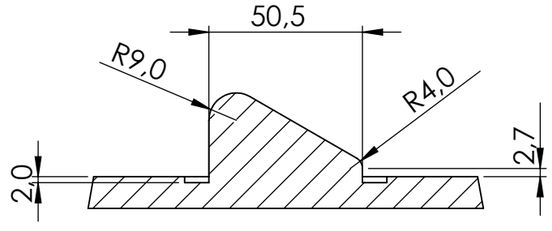
- Molde.











SECTION A-A

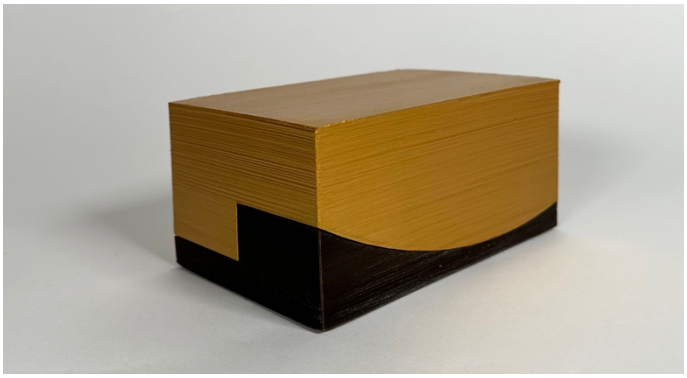
APLICAÇÕES	PROJETOU	03-06-23	FILIPA CASTRO	PROTÓTIPO - EMBALAGEM DE LARANJA	UNIVERSIDADE DO MINHO
Material: 80% PLA F38-Nurel, 16% carga de casca de laranja, 4% óleo de laranja Folha de Desenho ISO 5457-A4T-OP90-F-NP204	DESENHOU	21-11-23	FILIPA CASTRO		MESTRADO EM ENGENHARIA DO PRODUTO
	COPIOU	28-11-23	FILIPA CASTRO		
	VERIFICOU	04-12-23	FILIPA CASTRO		
	ESCALA 2:1			MOLDE VERSÃO 2	FC-0010/2023D
					21-11-23 | 28-11-23
					SUBSTITUI:
					SUBSTITUIDO POR:

Anexo 9

Fotografias dos Protótipos das Embalagens de Café e de Laranja





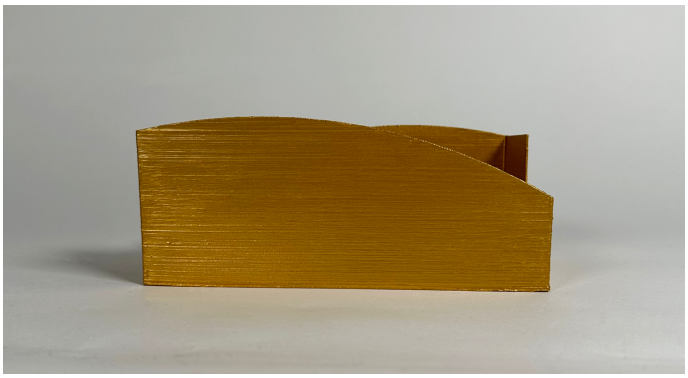



PACKAGE
COFFE HOLDER
CARING FOR THE CLIMATE
CARING FOR COMMUNITIES
CARING FOR THE FUTURE

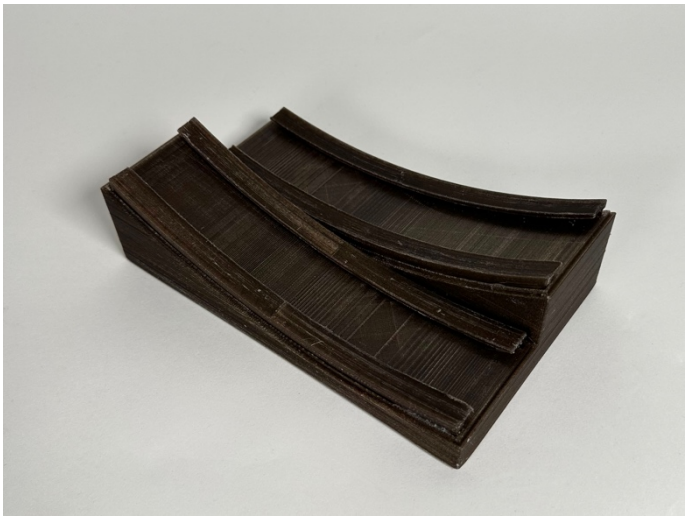












LARANJA
com Ginha da Madeira
6
meia-dúzia




ABÓBORA
E LARANJA
LARANJA
com Ginha da Madeira
6
meia-dúzia


ABÓBORA
E LARANJA
LARANJA
com Ginha da Madeira
6
meia-dúzia











doce de
ABÓBORA
e LARANJA
com Mel de Rosmaninho
e Eucalipto, Canela e
Vinho Licoroso
PUMPKIN and
ORANGE
JAM
with Rosemary and Eucalyptus
Honey, Cinnamon and Liqueur Wine
6
meia·dúzia®
PORTUGUESE
FLAVOURS EXPERIENCE


Produzido por/ Manufactured
by/ Produit par/ Geproduceerd
door/ Produziert von/ Producido
por/ Prodotto da
meia.dúzia®
J.F.Ferreira
Rua de Bouças, nº 62
4760-692 V.N. Famalicão
Phone (+351) 252 111 845
info@meiaduzia.pt
PRODUCT OF PORTUGAL
www.meiaduzia.pt
5 600364 940147
PT Consumir de preferência
antes do/ Lote EN Best before
end/ Lote
V: 30/11/2025


6
meia·dúzia®


doce de
ABÓBORA
e LARANJA
Com Mel de Rosmaninho
e Eucalipto, Canela e
Amêndoa
PUMPKIN and
ORANGE
doce extra de
LARANJA
com Vinho da Madeira
ORANGE
6
meia-dúzia®
PORTUGUESE