

Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Mestrado em Design Industrial e de Produto**

# DESENVOLVIMENTO DE UMA EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL

para produtos Bosch

**Gonçalo Marques da Silva**

Orientador

Professora **Bárbara Rangel Carvalho**

Coorientador

Professor **Fernando Jorge Lino Alves**

Coorientador na empresa

Eng<sup>a</sup>. **Raquel Pinheiro Torres**



***“You never change things by fighting the existing reality. To change something, build a new model that makes the existing model obsolete.”***

**Buckminster Fuller**



*Aos meus pais,  
um sincero obrigado!*



# AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais, por todo o apoio e incentivo durante a realização do mestrado e desta dissertação. Ao meu pai, pela ajuda na revisão dos textos, à minha mãe pela força nos momentos mais complicados.

Agradeço à minha irmã Adriana pela paciência para comigo e ainda pelas ajudas para a minha dissertação.

À minha irmã Marina, agradeço a compreensão de todos os momentos em que não estive disponível para lhe dar atenção.

Aproveito também para agradecer à minha família pelas conversas relativas ou não com a dissertação.

À Mónica, um especial agradecimento pela enorme paciência e apoio emocional durante todo o ano letivo. Agradeço também por ter sido uma parceira incrível que me ajudou em vários momentos da minha dissertação, nomeadamente com os testes e organização de resultados e amostras.

Aos colegas e amigos do mestrado, à Ana Cardoso, à Ana Sousa e à Mónica Rocha um simples obrigado por fazerem parte deste percurso da minha vida.

Ao Bernardo, pelas ajudas e dicas espontâneas durante a investigação e a escrita da tese. Bem como durante o desenvolvimento, na análise dos dados e das curvas de amortecimento.

Um obrigado a todos os meus amigos que de alguma forma, direta ou indiretamente, ajudaram para que fosse possível realizar esta dissertação. Um especial obrigado ao Rui, pela compreensão da minha ausência na maioria das saídas de amigos.

Ao meu coorientador, professor Jorge Lino, um grande obrigado, por ser sempre impecável, imediato e eficaz em dar solução aos contratemplos desta investigação. E por ter revisto grande parte da minha dissertação.

À minha orientadora, professora Bárbara Rangel, agradeço pelos conselhos na organização da tese, bem como na pequena pressão que foi fazendo para garantir que as coisas fossem realizadas a tempo.

Ao Luís, líder da equipa de embalagens da Bosch, quero agradecer pela oportunidade da realização deste estágio, bem como por todas as orientações dadas em prol da investigação.

À Raquel, orientadora na empresa, agradeço pela forma simples e prática que executou cada tarefa pedida em prol desta dissertação.

Ao André, pela ajuda nos testes e análise dos dados, nomeadamente as curvas dos testes de impacto e de queda.

Um obrigado, também, ao Batista e ao Araújo pelas dicas pertinentes durante o estágio.

Aos restantes membros da equipa obrigado pela boa energia e disposição no local de trabalho.

Quereria ainda agradecer ao Eduardo Marques e colegas pelo apoio e disponibilidade para os vários testes de impacto realizados.

Finalmente, agradeço ao André Brandão pela impressão 3D do batente utilizado nos testes de impacto.



# RESUMO

A demanda da exploração de materiais de embalagem sustentáveis, com propriedades cada vez melhores, tem vindo a crescer, fundamentalmente devido ao impacto dos resíduos das embalagens no meio ambiente.

A utilização frequente de plásticos como o EPS e o EPE, no embalamento dos produtos eletrónicos, tem vindo a tornar-se insustentável, sendo urgente encontrar um material biodegradável que torne possível tal substituição.

Perante as acções que devem ser tomadas num futuro próximo, principalmente nas empresas onde o embalamento de produtos seja frequente, a Bosch lançou este desafio, culminado o mesmo num estágio e, por último, na investigação desta dissertação.

O principal objetivo deste estudo foi a implementação de um novo material de embalagem - Green cell foam *Plus*, cumprindo todos os requisitos do embalamento e colmatando o problema do fim de vida dos materiais.

Primeiramente foi realizada uma abordagem e caracterização dos novos materiais disponíveis no mercado. Em seguida foi realizada uma análise comparativa de forma a seleccionar um material. Os materiais foram filtrados através de testes climáticos e de impacto. Posteriormente foi desenhada uma nova solução formal de embalagem, testada (teste de queda, vibração e compressão) e validada para futura implementação.

## **Palavras-Chave**

Design de embalagens; biodegradável; conteúdo de base biológica; biomaterial; embalagens produtos eletrónicos.



# ABSTRACT

Demand for the exploration of sustainable packaging materials with better properties has been growing, mainly due to the impact of packaging waste on the environment.

The frequent use of plastics such as EPS and EPE in the packaging of electronic products has become unsustainable, so it is urgent to find a biodegradable material to make such substitution possible.

Given the actions that need to be taken in the near future, especially in companies where product packaging is frequent, Bosch has launched this challenge, culminating it at an internship and, finally, in the investigation of this dissertation.

The main objective of this study was the implementation of a new packaging material - Green cell foam Plus, meeting all packaging requirements and addressing the end-of-life problem.

Firstly, an approach and characterization of the new materials available in the market was performed. Then a comparative analysis was performed to select a material. The materials were filtered through climate and impact tests. Subsequently a new formal packaging solution was designed, tested (drop, vibration and compression testing) and validated for future implementation.

## **Keywords**

Packaging design; biodegradable; bio-based; biomaterial; industrial compostable; home compostable.

# SUMÁRIO

	<i>Agradecimentos</i>	<i>VII</i>
	<i>Resumo</i>	<i>IX</i>
	<i>Abstract</i>	<i>XI</i>
	<i>Sumário</i>	<i>XII</i>
	<i>Índice de Figuras</i>	<i>XIV</i>
	<i>Índice de Tabelas</i>	<i>XXVIII</i>
	<i>Abreviaturas e Símbolos</i>	<i>XXX</i>
	<i>Glossário</i>	<i>XXXII</i>
	<i>Nota Prévia</i>	<i>XXXIII</i>
<b>1.</b>	<b>Introdução</b>	<b>001</b>
1.1.	Enquadramento	002
1.2.	Problematização	003
1.3.	Objetivos	004
1.4.	Metodologia	004
1.5.	Constrangimentos	005
1.6.	Estrutura	005
<b>2.</b>	<b>Revisão da literatura</b>	<b>009</b>
2.1.	Enquadramento	010
2.2.	Metodologia de pesquisa	011
2.3.	Estratégia Europeia para redução da utilização dos plásticos	012
2.4.	O conceito “Embalagem Sustentável”	016
2.5.	Biomateriais, Biopolímeros e Biocompósitos	021
2.6.	Fim de vida dos materiais biodegradáveis	026
2.7.	Normas, certificações e rótulos	027
2.8.	Estado da Arte	033
2.8.1.	O EPS e o EPE	033
2.8.2.	Materiais biodegradáveis	039
2.8.3.	Embalagens/insertos biodegradáveis	056

2.9.	Requisitos das embalagens	062
2.9.1.	Seleção de materiais	062
2.9.2.	Validação das embalagens	064
2.10.	Síntese do Capítulo	067
<b>3.</b>	<b>Caso de Estudo</b>	<b>069</b>
3.1.	Introdução	070
3.2.	A Empresa - Bosch	071
3.3.	Especificações da Proposta	072
3.4.	Metodologia	073
3.5.	Fase Experimental	074
3.5.1.	Materiais	074
3.5.2.	Teste Climático	075
3.5.3.	Teste de Impacto	077
3.5.4.	Discussão dos resultados (seleção do material)	086
3.6.	Desenvolvimento da Embalagem	088
3.6.1.	Análise da embalagem atual	088
3.6.2.	1º Desenvolvimento	090
3.6.3.	Teste de Compressão	094
3.6.4.	Teste de Vibração	097
3.6.5.	Teste de Queda	099
3.6.6.	2º Desenvolvimento	107
3.6.7.	Discussão dos resultados (validação)	109
<b>4.</b>	<b>Considerações finais</b>	<b>111</b>
4.1	Perspetivas futuras	113
<b>5.</b>	<b>Referências</b>	<b>114</b>
<b>6.</b>	<b>Anexos</b>	<b>120</b>
	Anexo 1 - Normas	120
	Anexo 2 - Desenho técnico batente	122
	Anexo 3 - Desenho técnico inserto em EPE	123
	Anexo 4 - Desenho técnico inserto em GCF final	124
	Anexo 5 - Solução em tecidos não tecidos	125

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01.	Esquema da metodologia e estrutura da investigação <small>Esquema do autor</small>	006-007
Figura 02.	O plástico que utiliza uma vez tortura os oceanos para sempre <small>(Sea Shepher 2019)</small>	010
Figura 03.	O plástico que utiliza uma vez tortura os oceanos para sempre <small>(Sea Shepher 2019)</small>	010
Figura 04.	Quantidade de plásticos produzidos na Europa <small>(Adaptado de Agência Portuguesa do Ambiente 2019; Plastics Europe 2018)</small>	012
Figura 05.	Quantidade de resíduos plásticos produzidos na Europa <small>(Adaptado de Agência Portuguesa do Ambiente 2019; Plastics Europe 2018)</small>	013
Figura 06.	Vanish Powder vs. Vanis Powder Eco Pack <small>(Adaptado de Jane Bickerstaffe 2015; Arno Melchior 2013)</small>	016-017
Figura 07.	Desenvolvimento sustentável - sinergia entre os pilares constituintes <small>(Adaptado de G. F. Brito 2011)</small>	018
Figura 08.	Princípios de embalagem sustentável pela SPA <small>(Adaptado de Abdul Khalil et al. 2016; Lewis, Verghese, e Fitzpatrick 2010; Helen Lewis 2007; Kees Sonneveld 2005)</small>	019
Figura 09.	Sistema de coordenadas de Biopolímeros <small>(European Bioplastics 2016b; Niaounakis 2015a; Philp 2013)</small>	022
Figura 10.	Polímeros biodegradáveis versus polímeros com base bio <small>(Adaptado de Reddy et al. 2013; Niaounakis 2015a)</small>	023
Figura 11.	USDA Certified Biobased Product <small><a href="https://biomassboard.gov/pdfs/buckhalt_tac_may_2011.pdf">https://biomassboard.gov/pdfs/buckhalt_tac_may_2011.pdf</a>; <a href="https://www.wakefieldbiochar.com/wakefield-biochar-earns-usda-certified-biobased-product-label/">https://www.wakefieldbiochar.com/wakefield-biochar-earns-usda-certified-biobased-product-label/</a>; <a href="https://biospherecarbon.com/wp-content/uploads/BioPreferredLabel-Approved-for-use-1274x637.png">https://biospherecarbon.com/wp-content/uploads/BioPreferredLabel-Approved-for-use-1274x637.png</a></small>	029
Figura 12.	DIN Geprüft <small><a href="https://www.betalabservices.com/wp-content/uploads/2018/08/xDinCertco_biobased-logo.jpg.pagespeed.ic.yFEFOBrnvZ.webp">https://www.betalabservices.com/wp-content/uploads/2018/08/xDinCertco_biobased-logo.jpg.pagespeed.ic.yFEFOBrnvZ.webp</a></small>	029
Figura 13.	EPS <small><a href="https://www.confeipan.pt/produto/esferovite-quadrado/">https://www.confeipan.pt/produto/esferovite-quadrado/</a></small>	034
Figura 14.	EPS <small><a href="https://img.misterius.pt/resources/NEVE-ARTIFICIAL-ESFEROVITE-EM-BOLINHAS_1_I.PNG">https://img.misterius.pt/resources/NEVE-ARTIFICIAL-ESFEROVITE-EM-BOLINHAS_1_I.PNG</a></small>	034
Figura 15.	EPE <small><a href="https://cdn.shopify.com/s/files/1/2036/3389/products/epe-expanded-polyethylene-epe-sheet-plank-1_800x.jpg?v=149622227">https://cdn.shopify.com/s/files/1/2036/3389/products/epe-expanded-polyethylene-epe-sheet-plank-1_800x.jpg?v=149622227</a></small>	036
Figura 16.	Expositor de amostras de EPE da Inapa <small>Imagem do autor</small>	036
Figura 17.	Matriz de Seleção de materiais utilizada no desenvolvimento de embalagens pela Bosch <small>Esquema cedido pelo departamento de embalagens Bosch</small>	037
Figura 18.	Amostras e soluções de design em EPE recebidas pela Inapa <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 19.	Amostras e soluções de design em EPE recebidas pela Inapa <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 20.	Amostras e soluções de design em EPE recebidas pela Inapa <small>Imagem do autor</small>	038

Figura 21.	Amostras e soluções de design em EPE recebidas pela Inapa <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 22.	Amostras e soluções de design em EPE recebidas pela Inapa <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 23.	Amostras e soluções de design em EPE recebidas pela Inapa <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 24.	Peças em EPE de produtos Bosch <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 25.	Peças em EPE de produtos Bosch <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 26.	Peças em EPE de produtos Bosch <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 27.	Embalagens de produtos (em desenvolvimento) Bosch, com insertos em EPE <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 28.	Embalagens de produtos (em desenvolvimento) Bosch, com insertos em EPE <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 29.	Embalagens de produtos (em desenvolvimento) Bosch, com insertos em EPE <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 30.	Inserto do IPPA em EPS <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 31.	Inserto do IPPA em EPS <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 32.	Inserto do IPPA em EPS <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 33.	Inserto do Idesk em EPS <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 34.	Inserto do Idesk em EPS <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 35.	Inserto do Idesk em EPS <small>Imagem do autor</small>	038
Figura 36.	Ecovio® EA, BASF <small><a href="https://foodnewsinternational.com/wp-content/uploads/2016/07/basf-fni-130716.jpg">https://foodnewsinternational.com/wp-content/uploads/2016/07/basf-fni-130716.jpg</a></small>	040
Figura 37.	Ecovio® EA, BASF <small><a href="https://industries.basf.com/images/global/corp/Plastics_Rubber/Performance%20Polymers/05_Products/ecovio_foam_packaging.jpg/_jcr_content/renditions/cq5dam.web.16-9.4.jpg">https://industries.basf.com/images/global/corp/Plastics_Rubber/Performance%20Polymers/05_Products/ecovio_foam_packaging.jpg/_jcr_content/renditions/cq5dam.web.16-9.4.jpg</a></small>	041
Figura 38.	Fibi Buffer <small><a href="https://www.canadianpackaging.com/wp-content/uploads/2018/10/fibi-631x475.jpg">https://www.canadianpackaging.com/wp-content/uploads/2018/10/fibi-631x475.jpg</a></small>	042
Figura 39.	Fibi Buffer <small>Imagem do autor</small>	043
Figura 40.	BioFoam®, BEWiSynbra <small><a href="https://materialdistrict.com/material/biofoam/">https://materialdistrict.com/material/biofoam/</a></small>	044

Figura 41.	Partículas para expansão da Bio Foam® <small>Imagem do autor</small>	045
Figura 42.	Myco Composite™, Ecovative Design <small><a href="https://cdn.shopify.com/s/files/1/0237/1581/products/myco-foam-in-hand_ce87b9da-25f3-4ebb-9373-ed84549a13e3_720x.jpg?v=1494963243">https://cdn.shopify.com/s/files/1/0237/1581/products/myco-foam-in-hand_ce87b9da-25f3-4ebb-9373-ed84549a13e3_720x.jpg?v=1494963243</a></small>	046
Figura 43.	Myco Composite™, Ecovative Design <small><a href="https://materialdistrict.com/material/mushroom-materials/mushroom-packaging-ona503-8/">https://materialdistrict.com/material/mushroom-materials/mushroom-packaging-ona503-8/</a></small>	047
Figura 44.	Myco Composite™ <small>Imagem do autor</small>	61
Figura 45.	Myco Flex™, Ecovative Design <small><a href="https://ecovative.com/mycoflex">https://ecovative.com/mycoflex</a></small>	048
Figura 46.	Myco Flex™, Ecovative Design <small><a href="https://www.fastcompany.com/90246740/can-mushrooms-be-the-platform-we-build-the-future-on">https://www.fastcompany.com/90246740/can-mushrooms-be-the-platform-we-build-the-future-on</a></small>	049
Figura 47.	Myco Flex™, Ecovative Design <small><a href="https://ecovative.com/mycoflex">https://ecovative.com/mycoflex</a></small>	049
Figura 48.	Myco Flex™, impermeabilidade <small><a href="https://ecovative.com/mycoflex">https://ecovative.com/mycoflex</a></small>	049
Figura 49.	Green cell foam™ <small><a href="https://www.greencellfoam.com/green-cell-wine-shippers">https://www.greencellfoam.com/green-cell-wine-shippers</a></small>	050
Figura 50.	Placas de GCF com diferentes espessuras <small><a href="https://healthy-materials-lab.s3.amazonaws.com/images/news/role-models-healthier-modeling-material-alternatives-investigations-by-del-hardin-hoyle/_matrix/image/DSC_8180.jpg?mtime=20161017153840">https://healthy-materials-lab.s3.amazonaws.com/images/news/role-models-healthier-modeling-material-alternatives-investigations-by-del-hardin-hoyle/_matrix/image/DSC_8180.jpg?mtime=20161017153840</a></small>	051
Figura 51.	Green cell foam Plus, separação do filme da espuma <small><a href="https://www.greencellfoam.com/green-cell-plus">https://www.greencellfoam.com/green-cell-plus</a></small>	051
Figura 52.	Bioespuma® <small><a href="https://www.kehl.lind.br/images/fotos/normal/DSC_0161.jpg">https://www.kehl.lind.br/images/fotos/normal/DSC_0161.jpg</a></small>	052
Figura 53.	Vaso com Bioespuma® da Khel <small><a href="https://www.betalabservices.com/wp-content/uploads/2018/08/xDinCertco_biobased-logo.jpg.pagespeed.ic.yfEFOBrvZ.webp">https://www.betalabservices.com/wp-content/uploads/2018/08/xDinCertco_biobased-logo.jpg.pagespeed.ic.yfEFOBrvZ.webp</a></small>	053
Figura 54.	Amostra expandida em molde de madeira <small>Imagem do autor</small>	053
Figura 55.	Reação tradicional vs. reação kehl <small>(Adaptado de Kehl® 2006)</small>	053
Figura 56.	Ecovio® EA - Caixa para peixe. Amostra cedida pela BASF através da Petibol <small>Imagem do autor</small>	056
Figura 57.	Ecovio® EA - Caixa para peixe. Amostra cedida pela BASF através da Petibol <small>Imagem do autor</small>	056
Figura 58.	Ecovio® EA - Caixa para peixe. Amostra cedida pela BASF através da Petibol <small>Imagem do autor</small>	056
Figura 59.	Aplicações do FIBI-buffer <small>(Fibi-buffer 2019)</small>	057
Figura 60.	Aplicações do FIBI-buffer <small>(Fibi-buffer 2019)</small>	057

Figura 60.	Aplicações do FIBI-buffer <small>(Fibi-buffer 2019)</small>	057
Figura 62.	Caixa de gelados em Biofoam® da BewiSynbra <small><a href="https://materialdistrict.com/material/biofoam/">https://materialdistrict.com/material/biofoam/</a></small>	057
Figura 63.	Caixa de gelados em Biofoam® da BewiSynbra <small><a href="https://materialdistrict.com/material/biofoam/">https://materialdistrict.com/material/biofoam/</a></small>	057
Figura 64.	Aplicações do Myco Composite <small><a href="https://mushroompackaging.com/">https://mushroompackaging.com/</a></small>	058
Figura 65.	Aplicações do Myco Composite <small><a href="https://mushroompackaging.com/">https://mushroompackaging.com/</a></small>	058
Figura 66.	Aplicações do Myco Composite <small><a href="https://mushroompackaging.com/">https://mushroompackaging.com/</a></small>	058
Figura 67.	Aplicações do Myco Composite <small><a href="https://mushroompackaging.com/">https://mushroompackaging.com/</a></small>	058
Figura 68.	ChinélOs descartáveis em Myco Flex <small><a href="https://pbs.twimg.com/media/D84PSdaX4AAnAO1.jpg:large">https://pbs.twimg.com/media/D84PSdaX4AAnAO1.jpg:large</a></small>	058
Figura 69.	Aplicações do Myco Flex: Estética e calçado <small><a href="https://www.beautiful-instagram.club/share/BzgpbtHeEf">https://www.beautiful-instagram.club/share/BzgpbtHeEf</a></small>	058
Figura 70.	Aplicações do Myco Flex: Estética e calçado <small><a href="https://www.beautiful-instagram.club/share/Bt6IMNVHUIW">https://www.beautiful-instagram.club/share/Bt6IMNVHUIW</a></small>	058
Figura 71.	Cantos e placas de GCF - possíveis insertos com este material <small><a href="http://www.bioviron.com/Pages/Products.html/">http://www.bioviron.com/Pages/Products.html/</a></small>	059
Figura 72.	Cantos e placas de GCF - possíveis insertos com este material <small><a href="http://www.bioviron.com/Pages/Products.html/">http://www.bioviron.com/Pages/Products.html/</a></small>	059
Figura 73.	Cantos e placas de GCF - possíveis insertos com este material <small><a href="http://www.bioviron.com/Pages/Products.html/">http://www.bioviron.com/Pages/Products.html/</a></small>	059
Figura 74.	Cantos e placas de GCF - possíveis insertos com este material <small><a href="http://www.bioviron.com/Pages/Products.html/">http://www.bioviron.com/Pages/Products.html/</a></small>	059
Figura 75.	Cantos e placas de GCF - possíveis insertos com este material <small><a href="http://www.bioviron.com/Pages/Products.html/">http://www.bioviron.com/Pages/Products.html/</a></small>	059
Figura 76.	Enchimentos de embalagens no mercado que utilizam o GCF <small><a href="https://www.greencellfoam.com/">https://www.greencellfoam.com/</a></small>	059
Figura 77.	Enchimentos de embalagens no mercado que utilizam o GCF <small><a href="https://www.greencellfoam.com/">https://www.greencellfoam.com/</a></small>	059
Figura 78.	Enchimentos de embalagens no mercado que utilizam o GCF <small><a href="https://www.greencellfoam.com/">https://www.greencellfoam.com/</a></small>	059
Figura 79.	Design de soluções em GCF visando o aproveitamento e o desempenho do material <small><a href="http://packagingsystemsincorporated.com/index.php/homepage/products-services/greencell-packaging">http://packagingsystemsincorporated.com/index.php/homepage/products-services/greencell-packaging</a></small>	059
Figura 80.	Design de soluções em GCF visando o aproveitamento e o desempenho do material <small><a href="http://packagingsystemsincorporated.com/index.php/homepage/products-services/greencell-packaging">http://packagingsystemsincorporated.com/index.php/homepage/products-services/greencell-packaging</a></small>	059

Figura 81.	Design de soluções em GCF visando o aproveitamento e o desempenho do material <a href="https://www.greenerpackage.com/renewable_resources/biodegradable_foam_protects_electronics_shipments">https://www.greenerpackage.com/renewable_resources/biodegradable_foam_protects_electronics_shipments</a>	059
Figura 82.	Design de soluções em GCF visando o aproveitamento e o desempenho do material <a href="https://www.greenerpackage.com/renewable_resources/biodegradable_foam_protects_electronics_shipments">https://www.greenerpackage.com/renewable_resources/biodegradable_foam_protects_electronics_shipments</a>	059
Figura 83.	Peças na Bioespuma da Kehl utilizando a tecnologia <i>foam in place</i> Adapado de <a href="http://blog.kehl.ind.br/?cat=54">http://blog.kehl.ind.br/?cat=54</a>	060
Figura 84.	Peças na Bioespuma da Kehl utilizando a tecnologia <i>foam in place</i> Adapado de <a href="http://blog.kehl.ind.br/?cat=54">http://blog.kehl.ind.br/?cat=54</a>	060
Figura 85.	Peças na Bioespuma da Kehl utilizando a tecnologia <i>foam in place</i> Adapado de <a href="http://blog.kehl.ind.br/?cat=54">http://blog.kehl.ind.br/?cat=54</a>	060
Figura 86.	Amostras fornecidas peças Kehl, injeção em moldes de madeira Imagem de autor	060
Figura 87.	Amostras fornecidas peças Kehl, injeção em moldes de madeira Imagem de autor	060
Figura 88.	Amostras fornecidas peças Kehl, injeção em moldes de madeira Imagem de autor	060
Figura 89.	Amostras fornecidas peças Kehl, injeção em moldes de madeira Imagem de autor	060
Figura 90.	Inserto em Paper foam utilizado na Bosch Imagem de autor	061
Figura 91.	Inserto em Paper foam utilizado na Bosch Imagem de autor	061
Figura 92.	Amostra de inserto em Paper foam Imagem de autor	061
Figura 93.	Amostra de inserto em Paper foam Imagem de autor	061
Figura 94.	Amostra de inserto em polpa de bagaço Imagem de autor	061
Figura 95.	Amostra de inserto em polpa de bagaço Imagem de autor	061
Figura 96.	Amostra de inserto em polpa de papel Imagem de autor	061
Figura 97.	Amostra de inserto em polpa de papel Imagem de autor	061
Figura 98.	Embalagem em korrvu implementada na Bosch Imagem de autor	061
Figura 99.	Embalagem em korrvu implementada na Bosch Imagem de autor	061
Figura 100.	Configuração do teste de impacto/amortecimento <a href="https://www.e-sciencecentral.org/articles/Figure.php?xn=jbe/ksam-41-221&amp;id=F003-ksam-41-221">https://www.e-sciencecentral.org/articles/Figure.php?xn=jbe/ksam-41-221&amp;id=F003-ksam-41-221</a>	063

Figura 101.	Câmara climática Bosch <small>Imagem do autor</small>	063
Figura 102.	Câmara climática Bosch <small>Imagem do autor</small>	063
Figura 103.	Equipamento Bosch para o teste de compressão <small>Imagem do autor</small>	064
Figura 104.	Equipamento Bosch para o teste de compressão <small>Imagem do autor</small>	064
Figura 105.	Equipamento Bosch para o teste de vibração <small>Imagem do autor</small>	065
Figura 106.	Simulador de vibração do transporte <small>Imagem do autor</small>	065
Figura 107.	Identificação dos cantos, arestas e faces da embalagem <small>Adaptado de <a href="https://www.smartchinasourcing.com/wp-content/uploads/2018/11/DROPTTESTS2.jpg">https://www.smartchinasourcing.com/wp-content/uploads/2018/11/DROPTTESTS2.jpg</a></small>	066
Figura 108.	Equipamento utilizado para libertar a embalagem <small>Imagem do autor</small>	066
Figura 109.	Suporte de cervejas em plástico e consequências <small><a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Six_pack_rings#/media/File:Six_pack_rings.JPG">https://en.wikipedia.org/wiki/Six_pack_rings#/media/File:Six_pack_rings.JPG</a></small>	070
Figura 110.	Suporte de cervejas em plástico e consequências <small><a href="https://inhabitat.com/peanut-the-story-behind-the-poor-sea-turtle-deformed-by-a-six-pack-ring/">https://inhabitat.com/peanut-the-story-behind-the-poor-sea-turtle-deformed-by-a-six-pack-ring/</a></small>	070
Figura 111.	E6PR e vantagens para a vida marinha <small><a href="https://growlermag.com/launch-edible-six-pack-rings-offer-brewers-eco-friendly-alternative/">https://growlermag.com/launch-edible-six-pack-rings-offer-brewers-eco-friendly-alternative/</a></small>	070
Figura 112.	E6PR e vantagens para a vida marinha <small><a href="https://nypost.com/2016/05/19/edible-beer-rings-will-hopefully-save-the-planet/">https://nypost.com/2016/05/19/edible-beer-rings-will-hopefully-save-the-planet/</a></small>	070
Figura 113.	Bosch, Fábrica de Ovar <small><a href="http://www.ordemeconomistas.pt/xportalv3/file/XEOCM_Documento/55625230/file/Joa0%20Bras.pdf">http://www.ordemeconomistas.pt/xportalv3/file/XEOCM_Documento/55625230/file/Joa0%20Bras.pdf</a></small>	071
Figura 114.	Imagem e desenho técnico Fipad <small>Imagem cedida pelo departamento de embalagens da Bosch (MKM1)</small>	072
Figura 115.	Materiais na câmara climática antes de se iniciar o teste de condicionamento atmosférico <small>Imagem do autor</small>	075
Figura 116.	Green cell foam sem filme, antes e depois do teste climático <small>Imagem do autor</small>	076
Figura 117.	Green cell foam sem filme, antes e depois do teste climático <small>Imagem do autor</small>	076
Figura 118.	Aspecto dos materiais depois do teste climático ou de condicionamento atmosférico <small>Imagem do autor</small>	076
Figura 119.	Máquina de impacto com batente para metais <small>Imagem do autor</small>	077
Figura 120.	Desenho em Solidworks do novo batente <small>Imagem do autor</small>	077

Figura 121.	Aplicação do novo batente na máquina de impacto <small>Imagem do autor</small>	077
Figura 122.	Aplicação do novo batente na máquina de impacto <small>Imagem do autor</small>	077
Figura 123.	Curvas de amortecimento EPS <small><a href="http://styropor.basf.us/files/pdf/Packaging_with_Styropor.pdf">http://styropor.basf.us/files/pdf/Packaging_with_Styropor.pdf</a></small>	078
Figura 124.	Valores/parâmetros introduzidos na máquina de impacto disponibilizada pela FEUP <small>Imagem do autor</small>	079
Figura 125.	Gráfico EPS 1 <small>Gráfico do autor</small>	080
Figura 126.	Amostra EPS 1 <small>Imagem do autor</small>	080
Figura 127.	Amostra EPS 1 <small>Imagem do autor</small>	080
Figura 128.	Gráfico EPS 2 <small>Gráfico do autor</small>	080
Figura 129.	Amostra EPS 2 <small>Imagem do autor</small>	080
Figura 130.	Gráfico EPE 1 <small>Gráfico do autor</small>	080
Figura 131.	Amostra EPE 1 <small>Imagem do autor</small>	080
Figura 132.	Amostra EPE 1 <small>Imagem do autor</small>	080
Figura 133.	Gráfico EPE 2 <small>Gráfico do autor</small>	080
Figura 134.	Amostra EPE 2 <small>Imagem do autor</small>	080
Figura 135.	Amostra GCF 1 <small>Imagem do autor</small>	081
Figura 136.	Amostra GCF 1 <small>Imagem do autor</small>	081
Figura 137.	Gráfico GCF 1 <small>Gráfico do autor</small>	081
Figura 138.	Amostra GCF 2 <small>Imagem do autor</small>	081
Figura 139.	Amostra GCF 2 <small>Imagem do autor</small>	081
Figura 140.	Gráfico GCF 2 <small>Gráfico do autor</small>	081

Figura 141.	Amostra GCF 3 <small>Imagem do autor</small>	081
Figura 142.	Gráfico GCF 3 <small>Gráfico do autor</small>	081
Figura 143.	Amostra GCF 4 <small>Imagem do autor</small>	081
Figura 144.	Gráfico GCF 4 <small>Gráfico do autor</small>	081
Figura 145.	Gráfico Bioespuma (Kehl) 1 <small>Gráfico do autor</small>	082
Figura 146.	Amostra Bioespuma (Kehl) 1 <small>Imagem do autor</small>	082
Figura 147.	Amostra Bioespuma (Kehl) 1 <small>Imagem do autor</small>	082
Figura 148.	Gráfico Bioespuma (Kehl) 2 <small>Gráfico do autor</small>	082
Figura 149.	Amostra Bioespuma (Kehl) 2 <small>Imagem do autor</small>	082
Figura 150.	Amostra Bioespuma (Kehl) 2 <small>Imagem do autor</small>	082
Figura 151.	Gráfico Myco composite 1 <small>Gráfico do autor</small>	082
Figura 152.	Amostra Myco composite 1 <small>Imagem do autor</small>	082
Figura 153.	Amostra Myco composite 1 <small>Imagem do autor</small>	082
Figura 154.	Gráfico Myco composite 2 <small>Gráfico do autor</small>	082
Figura 155.	Amostra Myco composite 2 <small>Imagem do autor</small>	082
Figura 156.	Amostra Myco composite 2 <small>Imagem do autor</small>	082
Figura 157.	Gráfico EPS 3 <small>Gráfico do autor</small>	083
Figura 158.	Gráfico EPS 4 <small>Gráfico do autor</small>	083
Figura 159.	Amostras EPS 3 e EPS 4 <small>Imagem do autor</small>	083
Figura 160.	Amostras EPS 3 e EPS 4 <small>Imagem do autor</small>	083

Figura 161.	Gráfico Fibi-buffer 1 <small>Gráfico do autor</small>	084
Figura 162.	Amostra Fibi-buffer 1 <small>Imagem do autor</small>	084
Figura 163.	Gráfico Fibi-buffer 2 <small>Gráfico do autor</small>	084
Figura 164.	Amostra Fibi-buffer 2 <small>Imagem do autor</small>	084
Figura 165.	Gráfico Ecovio (BASF) 1 <small>Gráfico do autor</small>	084
Figura 166.	Amostra Ecovio (BASF) 1 <small>Imagem do autor</small>	084
Figura 167.	Amostra Ecovio (BASF) 1 <small>Imagem do autor</small>	084
Figura 168.	Gráfico Ecovio (BASF) 2 <small>Gráfico do autor</small>	084
Figura 169.	Amostra Ecovio (BASF) 2 <small>Imagem do autor</small>	084
Figura 170.	Green Cell Foam <i>Plus</i> <small>Imagem do autor</small>	087
Figura 171.	Green Cell Foam <i>Plus</i> <small>Imagem do autor</small>	087
Figura 172.	Green Cell Foam <i>Plus</i> <small>Imagem do autor</small>	087
Figura 173.	Green Cell Foam <i>Plus</i> <small>Imagem do autor</small>	087
Figura 174.	Inserto atual em EPE - 164x150x100 mm <small>Imagem do autor</small>	088
Figura 175.	Embalagem atual do Fipad em EPE <small>Imagem do autor</small>	088
Figura 176.	Embalagem atual do Fipad em EPE <small>Imagem do autor</small>	088
Figura 177.	Embalagem atual do Fipad em EPE <small>Imagem do autor</small>	088
Figura 178.	Embalagem atual do Fipad em EPE <small>Imagem do autor</small>	088
Figura 179.	Embalagem atual do Fipad em EPE <small>Imagem do autor</small>	088
Figura 180.	Embalagem atual do Fipad em EPE <small>Imagem do autor</small>	088

Figura 181.	Embalagem atual do Fipad em EPE <small>Imagem do autor</small>	088
Figura 182.	Embalagem atual do Fipad em EPE <small>Imagem do autor</small>	088
Figura 183.	Embalagem atual do Fipad em EPE <small>Imagem do autor</small>	088
Figura 184.	Pormenor do inserto em EPE da embalagem atual <small>Imagem do autor</small>	089
Figura 185.	Pormenor do inserto em EPE da embalagem atual <small>Imagem do autor</small>	089
Figura 186.	Insertos em GCF, réplicas dos insertos em EPE <small>Imagem do autor</small>	090
Figura 187.	Insertos em GCF, réplicas dos insertos em EPE <small>Imagem do autor</small>	090
Figura 188.	Insertos em GCF, réplicas dos insertos em EPE <small>Imagem do autor</small>	090
Figura 189.	Insertos em GCF, réplicas dos insertos em EPE <small>Imagem do autor</small>	090
Figura 190.	1º Desenvolvimento do inserto em GCF <small>Imagem do autor</small>	091
Figura 191.	Insertos em GCF, réplicas dos insertos em EPE <small>Imagem do autor</small>	091
Figura 192.	Insertos em GCF, réplicas dos insertos em EPE <small>Imagem do autor</small>	091
Figura 193.	Insertos em GCF, réplicas dos insertos em EPE <small>Imagem do autor</small>	091
Figura 194.	Curva de Amortecimento da espuma de GCF <small>Gráfico do autor</small>	092
Figura 195.	Área de amortecimento das faces superior e inferior <small>Imagem do autor</small>	092
Figura 196.	Linhas de tendências das curvas 2" e 2.5" <small>Imagem do autor</small>	093
Figura 197.	Área de amortecimento das faces frontal e posterior <small>Imagem do autor</small>	093
Figura 198.	Área de amortecimento das faces lateral direita e esquerda <small>Imagem do autor</small>	093
Figura 199.	Gráfico do teste de compressão (GCF) <small>Gráfico do autor</small>	094
Figura 200.	Embalagem no teste de compressão <small>Imagem do autor</small>	095

Figura 201.	Embalagem no teste de compressão <small>Imagem do autor</small>	095
Figura 202.	Caixa e insertos após teste de compressão <small>Imagem do autor</small>	095
Figura 203.	Caixa e insertos após teste de compressão <small>Imagem do autor</small>	095
Figura 204.	Produto após teste de compressão <small>Imagem do autor</small>	095
Figura 205.	Produto após teste de compressão <small>Gráfico do autor</small>	095
Figura 206.	Gráfico do teste de compressão (GCF) <small>Imagem do autor</small>	096
Figura 207.	Caixa e insertos após teste de compressão <small>Imagem do autor</small>	096
Figura 208.	Caixa e insertos após teste de compressão <small>Imagem do autor</small>	096
Figura 209.	Produto após teste de compressão <small>Imagem do autor</small>	096
Figura 210.	Embalagem durante o teste de vibração <small>Imagem do autor</small>	097
Figura 211.	Embalagem durante o teste de vibração <small>Imagem do autor</small>	097
Figura 212.	Caixa, insertos (GCF) e produto depois do teste de vibração vertical <small>Imagem do autor</small>	097
Figura 213.	Caixa, insertos (GCF) e produto depois do teste de vibração vertical <small>Imagem do autor</small>	097
Figura 214.	Caixa, insertos (GCF) e produto depois do teste de vibração vertical <small>Imagem do autor</small>	097
Figura 215.	Caixa, insertos (GCF) e produto depois do teste de vibração vertical <small>Imagem do autor</small>	097
Figura 216.	Caixa exterior de cartão depois do teste de vibração vertical <small>Imagem do autor</small>	098
Figura 217.	Insertos (EPE) e produto depois do teste de vibração vertical <small>Imagem do autor</small>	098
Figura 218.	Insertos (EPE) e produto depois do teste de vibração vertical <small>Imagem do autor</small>	098
Figura 219.	Marcação das caixas, numerando e assinalando as faces, as arestas e o canto para queda. <small>Imagem do autor</small>	099
Figura 220.	Instalação do acelerómetro no produto <small>Imagem do autor</small>	099

Figura 221.	Instalação do acelerómetro no produto <small>Imagem do autor</small>	099
Figura 222.	Instalação do acelerómetro no produto <small>Imagem do autor</small>	099
Figura 223.	Inserção do produto com acelerómetro dentro da embalagem em GCF e da embalagem em EPE <small>Imagem do autor</small>	099
Figura 224.	Inserção do produto com acelerómetro dentro da embalagem em GCF e da embalagem em EPE <small>Imagem do autor</small>	099
Figura 225.	Inserção do produto com acelerómetro dentro da embalagem em GCF e da embalagem em EPE <small>Imagem do autor</small>	099
Figura 226.	Inserção do produto com acelerómetro dentro da embalagem em GCF e da embalagem em EPE <small>Imagem do autor</small>	099
Figura 227.	Gráfico de G's filtrado - queda face 6 (GCF) <small>Gráfico do autor</small>	100
Figura 228.	Gráfico de G's filtrado - queda face 6 (EPE) <small>Gráfico do autor</small>	100
Figura 229.	Gráfico de G's filtrado - queda face 5 (GCF) <small>Gráfico do autor</small>	100
Figura 230.	Gráfico de G's filtrado - queda face 5 (EPE) <small>Gráfico do autor</small>	100
Figura 231.	Gráfico de G's filtrado - queda face 4 (GCF) <small>Gráfico do autor</small>	101
Figura 232.	Gráfico de G's filtrado - queda face 4 (EPE) <small>Gráfico do autor</small>	101
Figura 233.	Gráfico de G's filtrado - queda face 2 (GCF) <small>Gráfico do autor</small>	101
Figura 234.	Gráfico de G's filtrado - queda face 2 (EPE) <small>Gráfico do autor</small>	101
Figura 235.	Queda face 1 <small>Imagem do autor</small>	102
Figura 236.	Gráfico de G's filtrado - queda face 3 (GCF) <small>Gráfico do autor</small>	102
Figura 237.	Gráfico de G's filtrado - queda face 3 (EPE) <small>Gráfico do autor</small>	102
Figura 238.	Gráfico de G's filtrado - queda face 1 (GCF) <small>Gráfico do autor</small>	102
Figura 239.	Gráfico de G's filtrado - queda face 1 (EPE) <small>Gráfico do autor</small>	102
Figura 240.	Queda aresta 3-5 <small>Imagem do autor</small>	103

Figura 241.	Gráfico de G's filtrado - queda aresta 3-5 (GCF) <small>Gráfico do autor</small>	103
Figura 242.	Gráfico de G's filtrado - queda aresta 3-5 (EPE) <small>Gráfico do autor</small>	103
Figura 243.	Gráfico de G's filtrado - queda aresta 2-3 (GCF) <small>Gráfico do autor</small>	103
Figura 244.	Gráfico de G's filtrado - queda aresta 2-3 (EPE) <small>Gráfico do autor</small>	103
Figura 245.	Queda canto 2-3-5 <small>Imagem do autor</small>	104
Figura 246.	Gráfico de G's filtrado - queda aresta 2-5 (GCF) <small>Gráfico do autor</small>	104
Figura 247.	Gráfico de G's filtrado - queda aresta 2-5 (EPE) <small>Gráfico do autor</small>	104
Figura 248.	Gráfico de G's filtrado - queda canto 2-3-5 (GCF) <small>Gráfico do autor</small>	104
Figura 249.	Gráfico de G's filtrado - queda canto 2-3-5 (EPE) <small>Gráfico do autor</small>	104
Figura 250.	Acrescento de espuma que cedeu na queda da face 1 <small>Imagem do autor</small>	105
Figura 251.	Embalagens depois do teste de queda <small>Imagem do autor</small>	106
Figura 252.	Embalagens depois do teste de queda <small>Imagem do autor</small>	106
Figura 253.	Insertos (EPE e GCF) depois do teste de queda - deformações aceitáveis <small>Imagem do autor</small>	106
Figura 254.	Insertos (EPE e GCF) depois do teste de queda - deformações aceitáveis <small>Imagem do autor</small>	106
Figura 255.	Insertos (EPE e GCF) depois do teste de queda - deformações aceitáveis <small>Imagem do autor</small>	106
Figura 256.	Produto sem marcas ou danos depois do teste de queda <small>Imagem do autor</small>	106
Figura 257.	Produto sem marcas ou danos depois do teste de queda <small>Imagem do autor</small>	106
Figura 258.	2º Desenvolvimento do inserto de GCF <small>Imagem do autor</small>	107
Figura 259.	Esquema da solução final dentro da caixa <small>Imagem do autor</small>	107
Figura 260.	Esboço solução alternativa <small>Imagem do autor</small>	108

Figura 261.	Solução alternativa <small>Imagem do autor</small>	108
Figura 262.	Solução alternativa (imagens virtuais) <small>Imagem do autor</small>	108
Figura 263.	Solução alternativa (imagens virtuais) <small>Imagem do autor</small>	108
Figura 264.	GCF e EPE <small>Imagem do autor</small>	109
Figura 265.	Packaging Summit Bosch em Ovar <small>Imagem do autor</small>	112
Figura 266.	Packaging Summit Bosch em Ovar <small>Imagem do autor</small>	112
Figura 267.	Packaging Summit Bosch em Ovar <small>Imagem do autor</small>	112
Figura 268.	Apresentação do artigo na conferência Wastes 2019 <small>Imagem do autor</small>	112
Figura 269.	Apresentação do artigo na conferência Wastes 2019 <small>Imagem do autor</small>	112
Figura 270.	Apresentação do artigo na conferência Wastes 2019 <small>Imagem do autor</small>	112
Figura 271.	Protótipo <small>Imagem do autor</small>	125
Figura 272.	Protótipo <small>Imagem do autor</small>	125
Figura 273.	Protótipo <small>Imagem do autor</small>	125
Figura 274.	Protótipo <small>Imagem do autor</small>	125
Figura 275.	Esquema da solução <small>Imagem do autor</small>	125

# ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01.	Classificação dos polímeros segundo a natureza química da sua estrutura <small>(Adaptado de Niaounakis 2015a)</small>	024
Tabela 02.	Rótulos Vinçotte OK Biobased <small>(Adaptado de Crevel 2016)</small>	029
Tabela 03.	Organizações, certificações e rótulos para produtos de base biológica <small>(Adaptado de Kržan 2012)</small>	030
Tabela 04.	Organizações, certificados e rótulos para produtos compostáveis <small>(Adaptado de Kržan 2012; Plastics; DIN Certco 2017)</small>	032
Tabela 05.	Propriedades dos vários tipos de EPS <small>(Adaptado de ACEPE 2019b)</small>	035
Tabela 06.	Propriedades gerais EPE 27/33 kg/m <sup>3</sup> <small>(Adaptado de CES EduPack 2018)</small>	037
Tabela 07.	Biomateriais e seu fim de vida <small>(Adaptado de a. BASF® 2016; b. Fibi-buffer 2019; c. Synbra 2019; d./e. Ecovative 2019; g. Kehl 2019; f. Green Cell Foam 2018; Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities III 2019)</small>	039
Tabela 08.	EPS vs. Ecovio® EA <small>(Adaptado de Sampath 2016)</small>	041
Tabela 09.	Teste de compostagem <small>(Adaptado de BASF® 2016)</small>	043
Tabela 10.	EPS vs. BioFoam® <small>(Adaptado de Sampath 2016)</small>	045
Tabela 11.	Teste de compostagem <small>(Adaptado de BASF® 2016)</small>	045
Tabela 12.	Propriedades EPS vs. Myco Composite™ <small>(Adaptado de McIntyre 2016)</small>	047
Tabela 13.	Propriedades EPS vs. Myco Flex™ <small>(Adaptado de McIntyre 2016)</small>	049
Tabela 14.	Propriedades GCF <small>(Green Cell Foam 2018)</small>	051
Tabela 15.	Síntese da pesquisa de mercado dos biomateriais em comparação com o EPS e o EPE <small>Tabela do autor</small>	055
Tabela 16.	Parâmetros do testes climático <small>Tabela do autor</small>	063
Tabela 17.	Dados para o cálculo da força de compressão <small>(Adaptado de BOSCH 2018; Silva 2017)</small>	064
Tabela 18.	Exemplos de vibração por deslocamento fixo <small>(Adaptado de BOSCH 2018)</small>	065
Tabela 19.	Sequência e orientação para o teste de queda <small>(Adaptado de BOSCH 2018)</small>	066
Tabela 20.	Especificações do produto e da caixa <small>Tabela do autor</small>	072

Tabela 21.	Função, restrições, objetivos e variáveis livres <small>Tabela do autor</small>	072
Tabela 22.	Amostras dos biomateriais <small>Tabela do autor, com fotografias do autor</small>	074
Tabela 23.	Resultados teste climático ou de condicionamento atmosférico <small>Tabela do autor</small>	076
Tabela 24.	Resultados das forças máximas obtidas no teste de impacto <small>Tabela do autor</small>	085
Tabela 25.	Tabela comparativa de materiais - material selecionado: Green Cell Foam <i>Plus</i> <small>Tabela do autor</small>	086
Tabela 26.	Valores para a equação <small>Tabela do autor</small>	094
Tabela 27.	Síntese resultados obtidos, através do gráficos de G's, no teste de queda <small>Tabela do autor</small>	105
Tabela 28.	Embalagem em GCF vs. embalagem em EPE <small>Tabela do autor</small>	110

# ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<b>ASTM</b>	<i>American Standard for Testing and Materials</i>
<b>CE</b>	Comissão Europeia
<b>CFC's</b>	Clorofluorcarbonetos
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>EN</b>	Norma Europeia
<b>EPE</b>	Polietileno expandido
<b>EPS</b>	Poliestireno expandido
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>FBAUP</b>	Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto
<b>FEUP</b>	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
<b>GCF</b>	Green cell foam
<b>GCF+</b>	Green cell foam <i>plus</i>
<b>GMO</b>	Geneticamente modificado
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i>
<b>SPA</b>	<i>Sustainable Packaging Alliance</i>
<b>SPC</b>	<i>Sustainable Packaging Coalition</i>
<b>UE</b>	União Europeia
<b>UK</b>	Reino Unido
<b>UX</b>	Experiência do utilizador
<b>VOC</b>	Compostos orgânicos voláteis
<b>WCED</b>	<i>World Commission on Environment and Development</i>

- \$ Dólar
- % Percentagem
- √ Raiz quadrada
- € Euro
- embal.** Embalagem
- ex.** Exemplo
- fig.** Figura
- g** Grama
- info.** Informação
- min** Minuto
- tab.** Tabela
- vs.** Versus
- °C Graus célsius

# GLOSSÁRIO

## **Biocompósito**

Composto que consiste em qualquer preenchimento ou matriz polimérica derivada de recursos biológicos (Reddy et al. 2013).

## **Biodegradável**

A biodegradação é um processo químico durante o qual os microorganismos que estão disponíveis no ambiente vão decompor os materiais em substâncias naturais como água, dióxido de carbono e composto (aditivos artificiais não são necessários). O processo de biodegradação depende do ambiente, das condições ambientais (localização ou temperatura), do material e da aplicação. Na biodegradação não são deixados resíduo tóxicos nem existe nenhuma exigência quanto ao tempo em que o material se deve biodegradar (2016b; TemperPack 2019; Martien van den Oever 2015).

## **Bioplástico/Biopolímero**

Um plástico com base biológica ou biodegradável.

## **Compostável**

Um material compostável é aquele que é capaz de ser reciclado naturalmente, ou seja, sofrer decomposição biológica num lugar adequado para o efeito. O material deve ser quebrado de modo a não ser visualmente distinguível, transformando-se em água, dióxido de carbono, compostos inorgânicos e biomassa, sem deixar nenhum resíduo tóxico (TemperPack 2019; Reddy et al. 2013).

## **Compostável em casa**

Um produto que será totalmente decomposto no sistema de compostagem doméstico (TemperPack 2019).

## **Compostável industrialmente**

Um produto que apenas compostará em instalações industriais, num ambiente controlado com temperaturas reguladas entre cerca de 55 e 60 °C (TemperPack 2019).

## **Degradável**

Uma substância sofre grandes mudanças estruturais, detiora-se e quebra-se pela ação de forças naturais (ar, luz, água) ou pela adição de certas substâncias químicas (TemperPack 2019; Reddy et al. 2013).

## **Material de base biológica**

Um material que é obtido total ou parcialmente a partir de recursos biológicos, ou seja, todos os monómeros ou qualquer um dos monómeros usados na síntese é derivado de recursos biológicos (2016b; Reddy et al. 2013).

## **Reciclável**

Qualquer produto que seja elegível para coleta seletiva ou para ser aceite em programas de reciclagem que usam locais de entrega (TemperPack 2019).

## **Renovável**

Materiais naturais, não à base de petróleo (materiais à base de petróleo não são renováveis), que serão reabastecidos a uma taxa que iguala ou excede a taxa do seu uso (TemperPack 2019).

# NOTA PRÉVIA

As citações e expressões referenciadas nesta dissertação, com exceção de alguns termos, foram previamente estudadas e traduzidas para português para facilitar a compreensão.

As unidades utilizadas nem sempre seguem o sistema internacional porque os dados recolhidos dos fornecedores apresentavam unidades distintas.

Neste documento foi utilizado para a estrutura de referências bibliográficas o estilo Chicago 16th Autor-Data FEUP.



# 1

## INTRODUÇÃO



01.

# INTRODUÇÃO

No seguimento do desafio lançado no primeiro ano de mestrado, pela parceria da FEUP com a Bosch Security Systems – Ovar, surge a oportunidade de realizar um estágio curricular na empresa. O objetivo é a implementação de um material biodegradável numa embalagem de um produto Bosch.

Dentro dos moldes da proposta do ano anterior, enfrenta-se agora um desafio com uma duração muito maior, aliando os recursos de ambas as entidades intervenientes nesta parceria.

Perante as demandas impostas pela Comissão Europeia sobre os plásticos de utilização única, este desafio, a projeção de uma embalagem biodegradável, que venha substituir os insertos de EPE (polietileno expandido) e EPS (poliestireno expandido), torna-se ainda mais pertinente.

Esta investigação debruçar-se-á sobre os biomateriais, mais em concreto sobre os biodegradáveis, de forma a estudar e projetar uma solução formal viável para o embalamento de produtos Bosch.

## 1.1. Enquadramento

Mais de 25 milhões de toneladas de resíduos provenientes das embalagens são gerados anualmente na União Europeia, o que representa quase um terço de todos os resíduos sólidos urbanos (Davis e Song 2006; European Commission 2018). Estes resíduos não biodegradáveis têm fomentado as preocupações com a poluição ambiental. Várias embalagens descartáveis, de utilização única, em plástico, são produzidas anualmente. Mesmo existindo embalagens recicladas, são acima de 30% os resíduos de plástico que são depositados em aterro, segundo a Plastic Europe (2018; Penca 2018).

Um dos maiores problemas reside no fim de vida das embalagens de plástico e no grande número de diferentes polímeros, com diferentes aditivos (corantes e plastificantes) e diferentes composições (um material plástico pode ser revestido ou composto de multicamadas

de diferentes polímeros para melhorar o desempenho), presente em cada embalagem. Desta forma surgem as dificuldades em recolher, identificar, separar, transportar, limpar e reprocessar materiais plásticos, tornando, frequentemente, a reciclagem pouco económica (Davis e Song 2006). Consequentemente, os materiais acabam por seguir para inceneração ou aterros, permanecendo sem degradação durante centenas de anos, o que leva a que estes acabem por contaminar a vida no oceano, na terra e na cadeia alimentar (Souza e Fernando 2016).

Face a estes atos prejudiciais, e de acordo com os novos planos, até 2030, todas as embalagens de plástico no mercado da UE serão recicláveis, o consumo de objetos de plástico descartáveis será reduzido e a utilização intencional de mioplásticos será restringida. A Comissão Europeia definiu 2030 como data limite para acabar com as embalagens de plástico descartáveis (de utilização única) na União Europeia, mudando para plástico reciclável e reutilizável. Mais recentemente, a 21 de maio de 2019, o Conselho da UE aprovou formalmente a proibição até 2021 do uso de determinados produtos de plástico como pratos, talheres, palhas, varas para balões e cotonetes (Portugal 2020 2018; “Comissão Europeia” 2018).

Com a priorização da reciclabilidade, biodegradabilidade, compostabilidade, e da redução da utilização de fontes fósseis para materiais de embalagens, surge a necessidade de repensar/reprojetar a utilização de materiais biológicos para as embalagens (MacKerron e Hoover 2015). Contudo, as pobres propriedades mecânicas destes biomateriais comparadas com as dos materiais com base em combustíveis fósseis, têm limitado a sua ampla aplicação (Abdul Khalil et al. 2016), permanecendo o campo de embalagem dominado por polímeros como o polietileno (PE) e poliestireno (PS) (Petersen et al. 1999).

Porém, nesta dissertação pretende-se demonstrar que já existem algumas soluções bio no mercado que podem ser utilizadas por qualquer empresa. Como é o

caso da espuma da BASF – ecovio® EA (Alemanha) ou a bio foam® da Plastimar (Portugal). Duas espumas concorrentes com o EPS e o EPE, produzidas a partir do PLA, que já atingem resistências mecânicas aceitáveis para alguns produtos e cujos preços não são exorbitantes. Isto porque o preço dos biopolímeros tem caído significativamente, o PLA, por exemplo, que custava cerca de \$6/Kg em 1990, desceu para \$2/Kg em 2010. Além disso, o aumento do preço do petróleo tem tornado comparáveis os preços dos biopolímeros com os termoplásticos provenientes do petróleo (Abdul Khalil et al. 2016). É necessário aliar o design e a engenharia para adaptar estes materiais, já disponíveis, aos produtos a embalar, colmatando ou minimizando alguns dos problemas atuais.

### 1.2. Problematização

Com a decisão da Comissão Europeia de acabar com as embalagens de plástico descartáveis na União Europeia até 2030, urge a necessidade de se desenhar novas embalagens. A Comissão pretende também restringir a utilização de microplásticos nos produtos e impor a utilização dos rótulos certificados para os plásticos biodegradáveis e compostáveis. A deposição de lixo no mar será proibida e reforçada através da aplicação de novas normas nos portos e nos navios.

Destinam-se 100 milhões de euros adicionais para financiar a criação de materiais inteligentes, pois a comissão acredita ser imperativo mudar a forma como produzimos e utilizamos os objetos plásticos. Se assim não acontecer, em 2050 haverá mais plástico do que peixes nos oceanos (“Comissão Europeia” 2018; Portugal 2020 2018).

Consequentemente, surgem incertezas e dúvidas para a investigação que se propõe desenvolver.

#### **Será possível utilizar um material biodegradável no embalamento dos produtos Bosch?**

Primeiramente é de realçar que nem todos os produtos

tem as mesmas dimensões e o mesmo peso. Logo, poderá ser possível aplicar nos mais leves e pequenos e ser mais difícil aplicar nos mais pesados e de maiores dimensões.

Não podemos também esquecer que é necessário que o material seja capaz de amortecer a queda do produto. O material deve permitir a desaceleração suficiente do produto mantendo-o sempre em segurança. A desaceleração (G's) é normalmente um requisito no embalamento de alguns produtos Bosch, nomeadamente das câmeras de vigilância.

#### **Conseguir-se-á encontrar um material biodegradável com boas propriedades mecânicas?**

Regra geral, os biomateriais têm propriedades mecânicas pobres comparativamente aos materiais baseados em combustíveis fósseis. No entanto, esta pesquisa pretende responder a esta questão, percebendo até que ponto as propriedades de algum biomaterial são suficientes para o embalamento e proteção de algum produto Bosch.

#### **Dever-se-á investir em materiais biodegradáveis/compostáveis quando alguns apenas se degradam em ambientes prescritos?**

A utilização de um material biodegradável por parte de uma empresa é sempre uma boa ferramenta de marketing, contudo este rótulo é enganoso na medida em que não permite o descarte, sem qualquer cuidado, do material. Um material pode ser compostável em casa ou pode ser compostável industrialmente, mas para isso seguindo para um compostor caseiro ou para os centros indicados de compostagem industrial respetivamente. Se assim não acontecer, estes mesmos materiais acabam por ficar em aterros sem degradação. A degradação só acontece perante condições prescritas de temperatura, humidade, microrganismos, entre outras. Justificando a importância de perceber a diferença entre compostagem industrial e doméstica.

### 1.3. Objetivos

É fulcral reforçar a perceção da sociedade perante os materiais rotulados como biodegradáveis. A perceção que as gerações têm sobre o fim de vida dos materiais não é consistente ao ponto de perceber de que forma o material é benéfico para o ambiente. A sociedade não consegue perceber onde e como se deve descartar o produto para que este se biodegrade. Nem mesmo identifica a veracidade e validade dos rótulos utilizados.

Não basta um rótulo dizer biodegradável quando, na verdade, não sabemos o que isso representa, acabando por se reforçar, na maioria das vezes, um falso senso de responsabilidade de que se está a fazer o bem pelo ambiente. Muitos destes materiais, como o exemplo dos compostáveis industrialmente, teriam de ser depositados e encaminhados para instalações de compostagem industrial. Caso contrário, o desafio e o investimento nas propriedades biodegradáveis destes materiais deixam de fazer qualquer sentido. Mesmo os materiais compostáveis em casa não devem ir para o lixo comum. Esta facto é justificado porque em aterros podem não encontrar as condições necessárias para a biodegradação. Portanto, é de realçar que é necessário investir na comunicação com a sociedade; na comunicação do fim de vida dos materiais e respetivos procedimentos; e na utilização dos rótulos certificados pelas normas regentes. Muitos destes materiais só se revelam uma mais valia se os fizermos chegar aos locais indicados. Referindo-se aqui, no exemplo anterior, apenas os biodegradáveis, sem desprezar todos aqueles que tem possibilidades de ser reciclados e/ou reutilizados, como alguns dos materiais com base biológica.

Os objetivos gerais deste projeto visam o enquadramento de uma embalagem Bosch com as normas da estratégia europeia referente aos plásticos.

Os objetivos específicos passam pelo estudo dos biomateriais, preferencialmente dos biodegradáveis, adequando,

pelo menos um deles, a uma embalagem Bosch. Objetiva-se a projeção formal de um inserto para uma embalagem que, para além de responder às restrições normais de proteção das embalagens Bosch, esteja de acordo com as imposições ambientais num futuro próximo.

### 1.4. Metodologia

A metodologia utilizada para este projeto pode ser dividida em 3 fases. Uma primeira fase mais teórica e as outras duas mais práticas.

Numa primeira fase, e acreditando-se que a solução para este desafio passa pelos biomateriais, é necessário perceber este tema e os termos a ele inerentes. Desta forma, a primeira fase consistiu na pesquisa sobre os temas biomaterial, biopolímero, biocompósito, biodegradável, compostabilidade,... entre outros. E ainda numa recolha, organização e classificação dos biomateriais mais utilizados e suas aplicação e propriedades. Consequentemente, outros assuntos pertinentes e subtemas de interesse devem aparecer para ser estudados como o caso das normas e certificações que comprovam a base biológica dos materiais e a compostabilidade dos mesmos.

A segunda fase consiste na investigação e recolha de amostras de materiais. Nesta fase objetiva-se a seleção de pelo menos um material para que se possa desenhar, testar e apresentar uma resposta ao repto lançado.

Nesta fase vai-se fazer uma recolha teórica de informação e dados e uma recolha física de amostras. Esta recolha de informação e dados será online, por e-mail e em plataformas científicas e fóruns. Posteriormente, com alguns contatos recolhidos, pretende-se contactar fornecedores por telefone, Skype e pedir amostras. E ainda, possivelmente, agendar algumas visitas a empresas e fábricas. Os recursos e contatos da FEUP e da BOSCH serão fulcrais porque facilitarão estes acessos.

Da recolha teórica pretende-se elaborar uma comparação direta dos dados, das amostras pretende-se submetê-las a testes de impacto e testes climáticos. Com os resultados obtidos em ambos os casos, conseguir-se-á elaborar uma tabela comparativa onde se selecionará o que tiver melhores características e benefícios para o desafio deste projeto.

A fase final irá debruçar-se no desenvolvimento e desenho de uma nova embalagem com o novo material.

Nesta fase vai-se analisar o produto a embalar, a embalagem atual, e projetar uma nova embalagem. Durante o desenho da nova embalagem, deve-se ter em conta os estudos e dados anteriormente recolhidos, tais como curvas de amortecimentos, processo de fabrico e outras propriedades relativas ao material em questão.

A validação desta embalagem será feita a partir dos testes de queda, vibração e compressão bem como através da análise de UX (experiência do utilizador), tempos de montagem, espaço em armazém e outros parâmetros.

### 1.5. Constrangimentos

Perante o primeiro passo deste desafio, encontrar um material sustentável, que esteja de acordo com as exigências atuais da Comissão Europeia, a escolha do material em si revela-se o maior constrangimento. Todo o processo encontra-se dependente e em função do material selecionado/encontrado. Assim se justifica começar esta investigação pelos biomateriais e não apenas nos biodegradáveis. Só desta forma divergimos e recolhemos o máximo de informação numa fase inicial da investigação.

Ainda na fase de escolha do material, o contacto com os fornecedores, dos vários continentes, bem como o envio de materiais entre continentes pode ser um constrangimento na medida em que atrasa e dificulta o fluxo do desenvolvimento do projeto.

Numa fase final, os constrangimentos maiores serão os

requisitos exigidos pela embalagem, que se traduzem fisicamente nos testes que esta devem passar com sucesso.

### 1.6. Estrutura

Na primeira parte introduz-se o tema, bem como o problema e as questões levantadas perante o problema. Culminando estes pontos num desafio com uma metodologia e estrutura a seguir.

A segunda parte, a revisão da literatura, inicia-se com a pertinência do tema, apresentando-se a estratégia europeia para a redução dos plásticos, seguida da sustentabilidade nas embalagens em que se explica que o foco é o fim de vida dos materiais. Seguidamente aprofunda-se o tema dos biomateriais e subtemas relevantes. Nesta fase apresenta-se também o estado da arte, isto é, os materiais utilizados atualmente, o EPS e o EPE, bem como toda investigação de materiais e embalagens biodegradáveis. Terminando este capítulo com os requisitos utilizados na seleção de materiais e validação de uma embalagem.

A terceira parte deste projeto estrutura-se em dois momentos. Num primeiro momento, e depois de analisar a empresa e a proposta em detalhe, faz-se uma comparação de materiais através dos dados recolhidos quer online quer através dos testes a que as amostras foram submetidas. Este momento encerra com a seleção do material - GCF (Green Cell Foam); num segundo momento acontece o desenvolvimento da nova embalagem com base em todos os estudo e aprendizagens adquiridas. Este momento encerra com a validação da embalagem através dos testes de compressão, queda e vibração juntamente com análises de custos, tempos de produção, montagem, UX, entre outros.

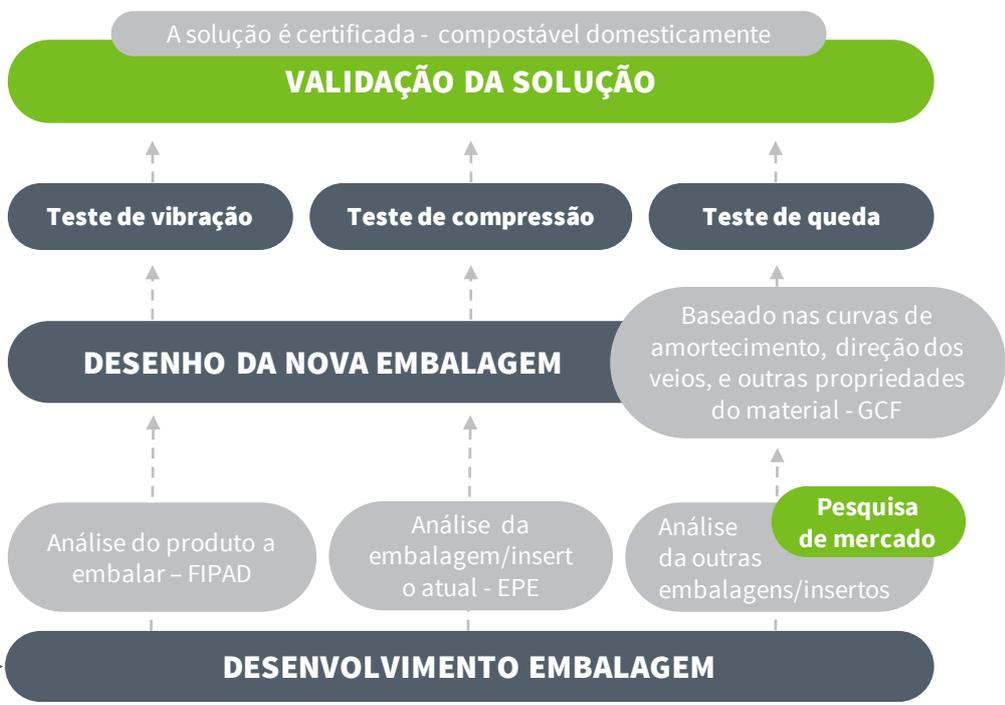
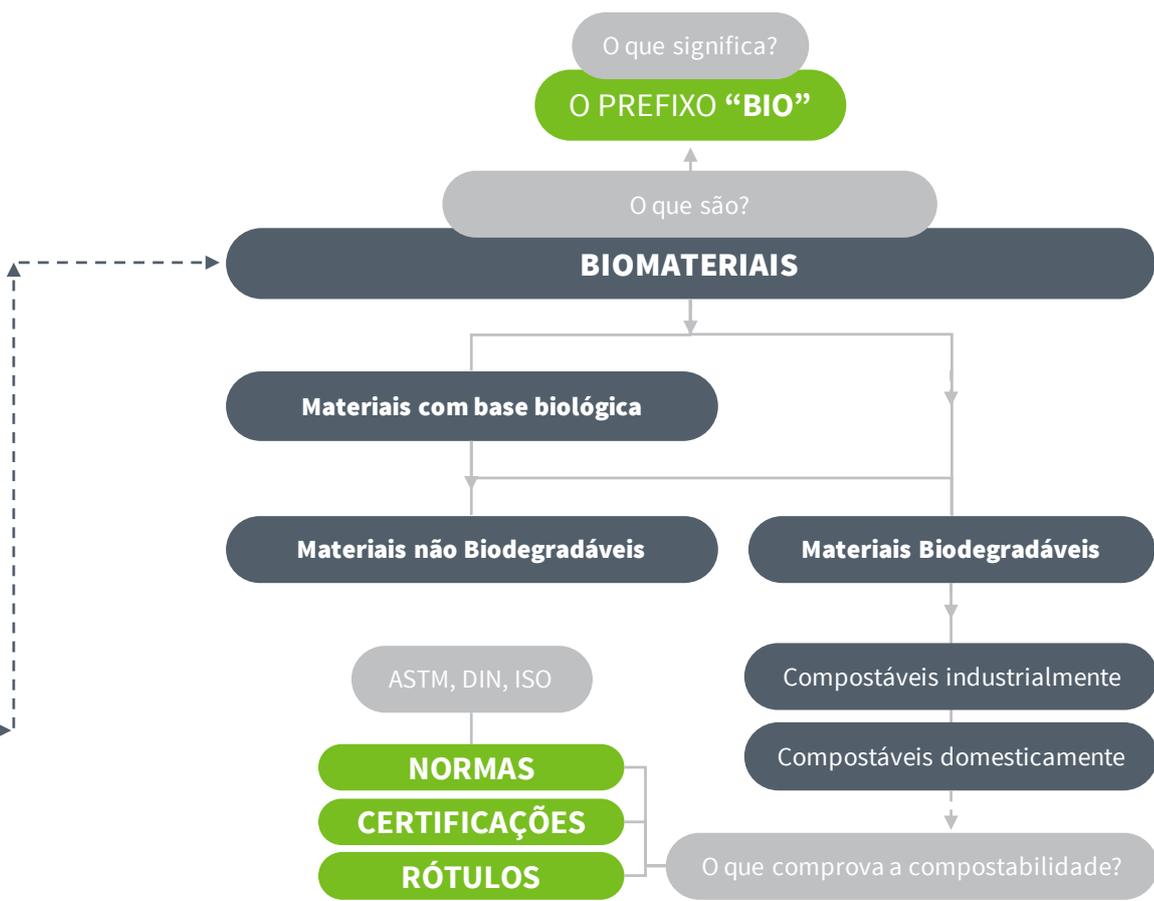
Na quarta parte apresentam-se as considerações finais, pontos a melhorar e desenvolvimentos futuros.

Na quinta e sexta partes seguem-se as referências e os anexos respetivamente.



Mestrado em Design Industrial e de Produto

Fig. 01. Esquema da metodologia e estrutura da investigação (ver páginas lado-a-lado)





REVISÃO DA LITERATURA



## 2.1.

## ENQUADRAMENTO

Comandado pelo consumismo, pelo compra e descarte, o plástico tem ganhado cada vez mais raízes nos produtos da sociedade e economia em que vivemos. É o material de eleição para envolver, proteger, e prolongar o tempo de vida dos demais produtos. Está de tal forma enraizado nas nossas rotinas, quer pela praticidade, quer pelo preço, que enfrentamos agora uma fase em que a consciencialização sobre os seus malefícios tentam emergir. Porém, obstáculos como o preço e as propriedades mecânicas têm sido difíceis de ultrapassar (Abdul Khalil et al. 2016), o que faz com que o plástico continue a envolver quase tudo o que compramos. A consciencialização começa a ganhar mais força, com as várias campanhas contra os plásticos, como, por exemplo, a campanha da Sea Shepherd, uma ONG internacional dedicada à preservação da vida marinha, que contou com o apoio da Tribal Worldwide Brazil e a DDB Guatemala para criar as imagens como as da figura 2 e 3, juntamente com outros conteúdos digitais (Sea Shepherd 2019); e com a estratégia dos plásticos pela Comissão Europeia, assinada em janeiro de 2018 (European Commission 2018). Esta estratégia debruça-se sobre os plásticos de uso único, que permanecem mais tempo a serem produzidos e depois de utilizados do que propriamente em exercer a sua verdadeira função perante o utilizador.

Assomando com um leque de benefícios, os biomateriais têm ganhado força e um público cada vez maior, sobretudo os biodegradáveis, sejam eles biopolímeros ou até mesmo biocompósitos. Mas, mais uma vez, e com as várias entidades a comercializar produtos sustentáveis, também surgem produtos que não o são, bem como produtos com diferentes propriedades de fim de vida, todos eles intitulados biodegradáveis (Horvat e Kržan 2012). De salientar que dentro do tema da sustentabilidade o foco é o fim de vida dos materiais.



Figs. 02-03. O plástico que utiliza uma vez tortura os oceanos para sempre (Sea Shepherd 2019).

Por este mesmo facto, lidamos constantemente com vividas discussões sobre como aumentar a consciencialização do consumidor, bem como garantir que os consumidores finais recebam informações claras, precisas e compreensíveis sobre os produtos que compram. Como tornar clara a diferença para os consumidores entre o plástico mecanicamente reciclável e o organicamente reciclável, isto é, reciclável e o compostável? E como ter a certeza de que a embalagem pode realmente ser biodegradada por microorganismos e acabará como biomassa e CO<sub>2</sub> dentro de um período razoável de tempo num ambiente definido (DIN Certco 2017)? É também necessário perceber a diferença entre degradação e biodegradação e de compostável em casa e industrialmente. Todas estas características definem um fim de vida e um descarte adequado a cada embalagem, o que leva a que o descarte de cada embalagem deva estar bem explicado e bem visível para o consumidor final.

## METODOLOGIA DA PESQUISA

A revisão bibliográfica inicia-se com a compreensão da estratégia dos plásticos assinada pela Comissão Europeia em janeiro de 2018, pois esta foi incentivo ao desafio que nos foi proposto. Com a redução da utilização dos plásticos, é lançado o repto de projetar uma embalagem sustentável para um produto Bosch, substituindo o EPS ou EPE utilizado nos insertos das embalagens por um material, preferencialmente biodegradável.

Perante este briefing, foi pertinente a perceção da sustentabilidade nas embalagens. Percebendo de que modo, e como, uma embalagem é considerada sustentável. É nesta pesquisa que se traça o caminho a seguir nesta dissertação – sustentabilidade no fim de vida dos materiais.

Com este caminho definido e na procura do fim de vida mais correto para o ambiente, os biomateriais são uma possível solução e, neste sentido, a pesquisa toma rumo para os biopolímeros e biocompósitos.

Com estes novos materiais a surgir no mercado e de diferentes fornecedores de vários locais do planeta, torna-se difícil credibilizar a sua biodegradabilidade e/ou compostabilidade, o que obrigou à investigação de normas, certificações e rótulos fiáveis e universais. Colmatando com a investigação da comunicação verdadeira perante o consumidor final.

Posteriormente, com o que tem vindo a ser feito em todo mundo face ao problema dos plásticos, elaborou-se uma pesquisa de mercado sobre materiais de base biológica e materiais compostáveis. Esta investigação beneficiou da junção dos recursos da FEUP juntamente com os da BOSCH. Sobretudo a nível de comunicação, pois, através destas entidades, ganha-se alguma credibilidade perante empresas e fornecedores externos.

A pesquisa começou com a procura de materiais e fornecedores na internet, mas, como nem sempre tudo é

facilmente acessível, através dos fornecedores atuais da Bosch foi-se conhecendo outras empresas que estão a avançar na área dos materiais sustentáveis. Durante esta investigação contactou-se também algumas cadeias de hipermercados, institutos e até outras empresas que lidam com uma vasta gama de fornecedores, para registar, mais uma vez, aquelas que têm desenvolvido produtos biodegradáveis.

O contacto com todos os fornecedores encontrados e a atuar nesta área de estudo foi diversificado, pois existem fatores como a localização e a confidencialidade e, acima de tudo, a disponibilidade para troca de informação e envio de amostras e detalhes sobre os materiais. Enquanto em algumas teremos de ficar limitados ao contacto por email, chamadas ou videochamadas por skype, noutras conseguimos um contacto mais pessoal, através da marcação de reuniões e, até mesmo, visitas às empresas.

Não obstante, e para colmatar a pesquisa nesta área, e como o objetivo é desenhar uma nova embalagem, foi também realizada uma investigação em novas embalagens já comercializadas com materiais sustentáveis, mais especificamente, materiais compostáveis.

Finalmente, a investigação sumariza os requisitos das embalagens num capítulo com base nos testes utilizados para a seleção de um material (teste climático e de impacto) e com os testes utilizados na Bosch, para a validação da uma embalagem (teste de vibração, queda, e compressão).

## 2.3.

## ESTRATÉGIA EUROPEIA PARA REDUÇÃO DA UTILIZAÇÃO DOS PLÁSTICOS

A Europa produz 50 milhões de toneladas de plástico anualmente, das quais, 40% são destinadas para o setor da embalagem (fig. 4), aquele que consome mais quantidade de plástico pela indústria dos dias de hoje (Plastics Europe 2018). Só Portugal contribui com cerca de 370 toneladas, o que representa, estatisticamente, uma média de 31kg de plástico per capita, valor acima da média europeia, segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (2019).

Consequentemente, resultam anualmente 25 milhões de toneladas de resíduos plásticos desta produção europeia excessiva, dos quais menos de 30% são recolhidas para reciclagem. Os plásticos constituem 85% do lixo encontrado nas praias de todo o mundo. Os plásticos chegam, inclusivamente, aos pulmões e à mesa de jantar dos cidadãos, sob a forma de microplásticos, que pairam no ar e se encontram na água e nos alimentos, sendo desconhecidas as suas implicações para a saúde (Penca 2018).

Com a nova estratégia europeia para os plásticos, publicada em Estrasburgo, a 16 de janeiro de 2018, a Comissão Europeia pretende restringir o uso dos plásticos com o objetivo de defender o planeta, os cidadãos e de capacitar as indústrias. Pretende-se uma transição para uma economia mais circular (2018; Parliament magazine 2019).

A transição para uma economia circular não representa só ajustes destinados a reduzir os impactos negativos da economia linear. Pelo contrário, representa uma mudança sistémica que cria resiliência de longo prazo, gera oportunidades comerciais e económicas e proporciona benefícios ambientais e sociais (Ellen Macarthur Foundation 2019).

Apesar do plástico ser um material revolucionário e estar enraizado na vida da população e na economia por todo o mundo, este tem acarretado diversas consequências. De acordo com uma estimativa, a cada minuto

**50 MILHÕES DE TONELADAS DE PLÁSTICOS**  
são geradas anualmente pela Europa

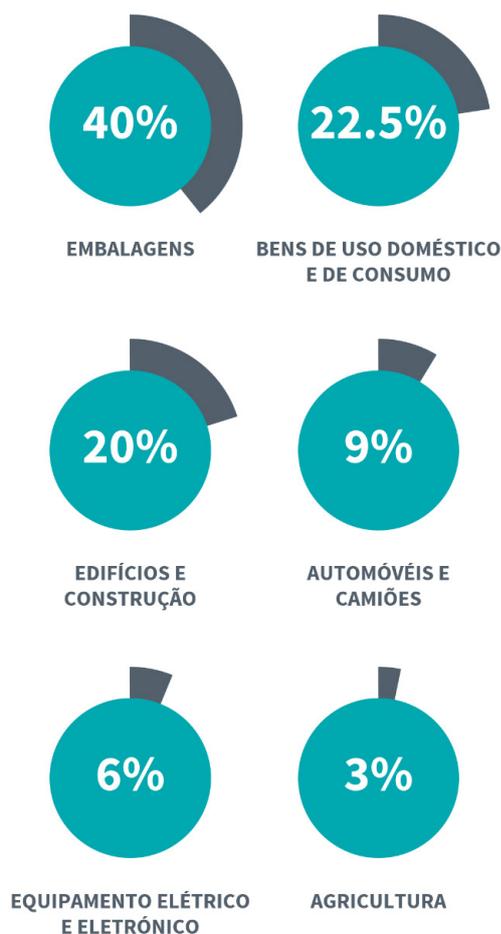


Fig. 04. Quantidade de plásticos produzidos na Europa (Adaptado de Agência Portuguesa do Ambiente 2019; Plastics Europe 2018)

o oceano absorve uma quantidade de plástico equivalente a um camião de lixo. Esta estratégia estima que “5 a 13 milhões de toneladas de plásticos, cerca de 1,5 a 4% da produção global, acabe depositado no oceano. É estimado que o plástico represente cerca de 80% do lixo dos oceanos.” (Cózar et al. 2015).

Esta estratégia pretende proteger o ambiente da poluição consequente da produção de plástico, fomentando, paralelamente, o crescimento e a inovação. Em prol do futuro da Europa, espera-se, ainda, alterar a forma de conceção, produção, utilização e reciclagem dos bens fabricados na União Europeia, colocando-a na vanguarda desta transição. Ao mesmo tempo estão previstas novas oportunidades de investimento e postos de trabalho. Desta forma e de acordo com nova estratégia para os plásticos, até 2030, todas as embalagens de plástico no mercado da UE serão obrigatoriamente recicláveis, o consumo de objetos de plástico descartáveis será reduzido e a utilização intencional de microplásticos será restringida (ECHA 2018). Esta estratégia para os plásticos prevê que o design e a produção/produtos plásticos respeitem na totalidade a reciclagem; espera-se que mais de metade dos resíduos plásticos gerados sejam reciclados. Essa ambição é apoiada por ações concretas e descrições de oportunidades para incentivar os stakeholders e fomentar o desenvolvimento de materiais sustentáveis (European Commission 2018; Parliament magazine 2019).

Ao longo da Estratégia de Plásticos, o tema geral é a abordagem circular aos plásticos, que considera o ciclo completo dos plásticos. A Comissão visa essencialmente aumentar substancialmente a capacidade e possibilidade de reciclagem de plásticos da UE através de alterações na conceção, produção e consumo e gestão dos resíduos/produtos em todos os setores. Por outras palavras, a estratégia baseia-se muito na inovação, seja na melhoria do design dos produtos; no reforço da capacidade de reutilização; na reciclagem dos plásti-

### 25 MILHÕES DE TONELADAS DE RESÍDUOS PLÁSTICOS são geradas anualmente pela Europa



Fig. 05. Quantidade de resíduos plásticos produzidos na Europa (Adaptado de Agência Portuguesa do Ambiente 2019; Plastics Europe 2018)

cos; na introdução de alternativas para a produção de plásticos. Perspetiva a mudança de atitudes dos cidadãos, consumidores e empresas. A visão da Comissão é apoiada por uma gama notável de instrumentos políticos para a implementar.

As ferramentas políticas mencionadas acima incluem a revisão ou introdução de nova legislação, que incluirá metas e requisitos relacionados à gestão local e nacional de resíduos, design e embalagem de produtos em diversos setores, como alimentos, eletrodomésticos, construção e veículos, garantindo a reutilização e reciclagem para os consumidores (Penca 2018).

Frans Timmermans, primeiro vice-presidente da Comissão e responsável pelo desenvolvimento sustentável, declarou:

**“Se não mudarmos a forma como produzimos e utilizamos os objetos de plástico, em 2050 haverá mais plástico do que peixes nos nossos oceanos. Temos de impedir que o plástico continue a insinuar-se nos nossos corpos através da água e dos alimentos que consumimos. A única solução a longo prazo é diminuir a quantidade de resíduos de plástico, reciclando e reutilizando mais. Trata-se de um repto a que cidadãos, indústria e governos devem responder conjuntamente. Com a sua Estratégia para os Plásticos, a UE está a promover um modelo económico novo, mais circular. Temos de investir em tecnologias novas, inovadoras, que preservem os cidadãos e o ambiente, e, simultaneamente, mantenham a competitividade da nossa indústria.”**

**(European Commission 2018)**

Por sua vez, o vice-presidente Jyrki Katainen, responsável pelo emprego, crescimento, investimento e competitividade, afirmou:

**“Com a nossa estratégia para os plásticos, estamos a lançar os alicerces de uma nova economia para este material, uma economia circular, e a fomentar investimentos nesse sentido. Esta estratégia ajudará a reduzir o lixo de plástico em terra, no mar e no ar, e criará, ao mesmo tempo, novas oportunidades para a inovação, a competitividade e o emprego de elevada qualidade. Esta é uma grande oportunidade para que a indústria europeia consolide, ao nível mundial, a sua posição de vanguarda em novas tecnologias e materiais. Os consumidores serão capazes de fazer escolhas conscientes a favor do ambiente. Trata-se de uma mudança que só traz benefícios.”**

**(European Commission 2018)**

Mediante a aplicação da nova estratégia dos plásticos a União Europeia pretende alcançar diversos objetivos.

**A .** Tornar a reciclagem obrigatória para as empresas: serão elaboradas novas normas sobre embalagens, no intuito de se aumentar a reciclabilidade dos plásticos. Uma vez que será maior a quantidade de plásticos recolhida, terão de ser aperfeiçoadas e ampliadas as instalações de reciclagem, assim como terá de ser criado um sistema melhor, normalizado, para a recolha seletiva e a triagem de resíduos em toda a UE.

**B .** Diminuir os resíduos plásticos: a legislação europeia já induziu uma redução significativa na utilização de sacos de plástico em alguns locais. A comissão tomará igualmente medidas para restringir a utilização de microplásticos nos produtos e fixará rótulos para os plásticos biodegradáveis e compostáveis.

**C .** Proibir a deposição de lixo no mar: as novas normas em matéria de meios portuários de receção combaterão o lixo marinho com medidas destinadas a garantir que os resíduos gerados nos navios ou no mar não são deixados para trás. Estão também previstas medidas para reduzir os encargos dos portos, navios e autoridades competentes.

**D .** Fomentar o investimento e a inovação: as autoridades nacionais e as empresas europeias receberão orientações da Comissão sobre a forma de minimizar os resíduos de plástico na fonte. O apoio à inovação será reforçado com o montante adicional de 100 milhões de euros, destinados ao financiamento da criação de materiais plásticos mais inteligentes e mais recicláveis, ao aumento da eficiência do processo de reciclagem, e ao rastreio e à eliminação de substâncias perigosas e contaminantes provenientes de plásticos reciclados.

**E .** Estimular a mudança em todo o mundo: ao fazer o trabalho que lhe compete, a União Europeia colaborará também com parceiros de todo o mundo na busca de

soluções globais e na elaboração de normas internacionais (2018).

Mais recentemente, a 21 de maio de 2019, a UE aprova formalmente a proibição de pratos, talheres, palhas, varas para balões e cotonetes feitos de plástico até 2021.

A diretiva (lei europeia) relativa aos plásticos de utilização única assenta na legislação da UE em matéria de resíduos atualmente em vigor, mas, segundo um comunicado do Conselho, vai mais além ao estabelecer normas mais rigorosas para os tipos de produtos e embalagens que se encontram entre os dez principais elementos poluentes encontrados nas praias europeias.

As novas regras proíbem a utilização de certos produtos de plástico descartáveis para os quais existem alternativas e introduzem medidas específicas para reduzir a utilização dos produtos mais frequentemente descartados.

Os produtos de plástico de utilização única são feitos total ou parcialmente de matéria plástica e destinam-se, em geral, a serem utilizados uma única vez ou durante um curto período de tempo antes de serem deitados fora. Os Estados-membros acordaram em alcançar até 2029 o objetivo de recolha de 90% para as garrafas de plástico, e estas terão de conter, pelo menos, 25% de material reciclado até 2025 e 30% até 2030. A decisão do Conselho da UE é a última etapa do processo (P3 e Lusa 2019).

## 2.4.

## O CONCEITO DE “EMBALAGEM SUSTENTÁVEL”

O conceito de “Embalagem sustentável” é muito complexo e exige normas e documentação para avaliar a embalagem, desde o design, o material, o processo e o ciclo de vida (Zhang et al. 1997). Por este facto, este termo/conceito continua em aberto e tem sido difícil definir parâmetros através do quais se possa afirmar ou negar a sustentabilidade numa embalagem.

De uma forma geral o objetivo do embalamento sustentável tem sido incorporar funcionalidade e inovação nas embalagens, utilizando materiais que promovam recursos económicos, ambientais e não prejudiciais para a saúde da sociedade. Contudo, e infelizmente, a sustentabilidade das embalagens também tem sido frequentemente utilizada como uma ferramenta de marketing e de boa imagem para aumentar as vendas e melhorar a imagem da empresa e dos seus produtos/serviços.

A sustentabilidade pode manifestar-se de inúmeras formas e em diferentes etapas, desde que o material é extraído até à embalagem estar concluída. Por esse motivo, e de acordo com a apresentação de Arno Melchior & Reckitt Benckiser (2013), com o exemplo do produto Vanish Powder vs. Vanish Powder Eco Pack, reforça-se, com um exemplo real, que não é possível “medir” a sustentabilidade, isto é, torná-la comparável através de parâmetros precisos. Nesta apresentação, os autores expõem as várias unidades de medidas utilizadas na análise das duas embalagens e a ambiguidade das respostas, comprovando a impossibilidade de as tornar comparáveis. Mais tarde, em março de 2015, este mesmo exemplo, como vemos na figura 6, surge na apresentação do INCPEN, Packaging and Resource-efficient Product Supply Chains, no ISTA European Packaging Symposium, pela antiga diretora Jane Bickert (2015). Nesta, questiona-se novamente qual das embalagens é a mais verde/sustentável e como se pode comparar/“medir” estas questões:

**Pelo peso?**

**Pela reciclabilidade?**

**Pelo lixo residual consequente?**

**Pelos gases de efeito de estufa?**

(emitidos durante a produção (ex. CO<sub>2</sub>))

**Pela distância percorrida?**

(durante o transporte do material)

**Pela relação produto/embalagem?**

(no aproveitamento do espaço)

**Pelo conteúdo reciclado utilizado?**

**Pelo fim de vida?**

(biodegradável/inerte ou reciclável/ou não)

**Pela energia renovável?**

(utilizada no processo de fabrico/transformação)

**Pela utilização de um ou vários materiais diferentes na mesma embalagem?**

**Pela energia consumida?**

(...)

**QUAL A EMBALAGEM MAIS SUSTENTÁVEL?**

**Medindo pelo peso**



78 g



18 g

**Medindo pelo lixo residual (consequente)**



Mesmo que o corpo seja 100% reciclável, restam 22g da tampa e 4g do rótulo



18 g

**Medindo pela reciclabilidade**



Reciclável



Não Reciclável

**Medindo pela energia consumida (velocidade linha)**



80/min



16/min

O que se pretende realçar com este exemplo prático é a dificuldade e a ambiguidade do termo sustentável e consequentemente do conceito “embalagem sustentável”. No entanto, e para que se perceba o trabalho desenvolvido, é de referir que o foco na sustentabilidade para o qual esta dissertação está orientada é o fim de vida dos materiais. Por outras palavras, a investigação rege-se pelo descarte dos materiais consoante o que as suas características lhes permitem. Se estes são recicláveis, biodegradáveis ou compostáveis podem ter diferentes destinos no final do seu ciclo de vida.

No entanto, e antes de afunilar e restringir a sustentabilidade para o fim de vida dos materiais, investigou-se sobre as definições que têm vindo a ser expostas por reconhecidas organizações como a World Commission on Environment and Development (WCED), a Sustainable Packaging Coalition (SPC) e a Sustainable Packaging Alliance (SPA).

Segundo a World Commission on Environment and Development (WCED), um desenvolvimento sustentável de uma embalagem é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas necessidades (Omer 2008; Hilson e Murck 2000; Vargas 2000). Na figura 7 observamos um esquema que representa os três pilares do desenvolvimento sustentável, que são o desenvolvimento económico e social e a proteção ambiental, indicando que o mesmo é obtido quando há uma sinergia entre os pilares (Vargas 2000; Blanco, Secretan, e Mesquita 2008; Karakosta e Askounis 2010).

Contudo, esta interpretação é extremamente breve para um conceito tão complexo como o que estamos a explanar, portanto, é necessário recorrer às definições da Sustainable Packaging Coalition (SPC) nos Estados Unidos e a Sustainable Packaging Alliance (SPA) na Austrália que têm tentado definir exatamente o conceito “embalagem sustentável” com base em literatura e

Fig. 06. Vanish Powder vs. Vanis Powder Eco Pack (Adaptado de Jane Bickerstaffe 2015; Arno Melchior 2013)

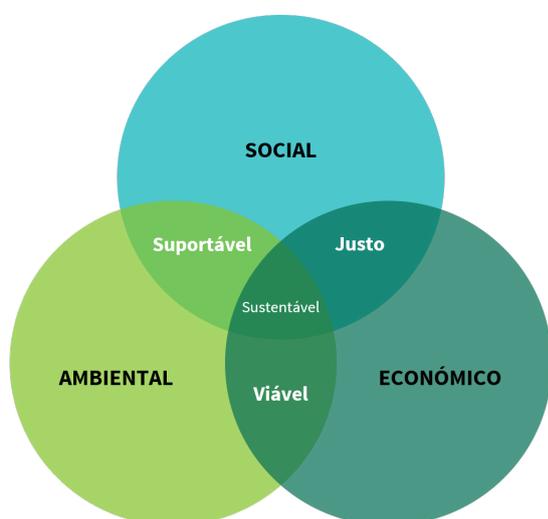


Fig. 07. Desenvolvimento sustentável - sinergia entre os pilares constituintes (Adaptado de G. F. Brito 2011).

questionários a parceiros essenciais e importantes nesta área.

Em 2002, a SPA apresentou o primeiro documento de discussão, *Towards Packaging Sustainability* (Kees Sonneveld 2005), que visava criar uma definição de trabalho de embalagens sustentáveis e orientar os esforços da indústria e do governo para reduzir os impactos ambientais das embalagens. A SPA continuou a aperfeiçoar essa definição ao longo do tempo (Helen Lewis 2007), levando em conta o trabalho de outros grupos reconhecidos, como o da Sustainable Packaging Coalition nos EUA (Lewis, Verghese, e Fitzpatrick 2010; Lewis 2005).

A definição de embalagem sustentável do SPA identifica quatro princípios, devendo ser considerados em simultâneo quando avaliamos ou projetamos embalagens. Só desta forma alcançaremos melhorias que contribuem para o “desenvolvimento sustentável”. De acordo com esta definição, a embalagem deve:

- 1. Estar apta para o efeito (EFICAZ);**
- 2. Consumir o mínimo de materiais, energia e água (EFICIENTE);**
- 3. Gerar o mínimo de desperdício (CÍCLICA);**
- 4. Minimizar os riscos para a saúde e segurança da população e ecossistemas (SEGURA).**

Em comparação com uma embalagem tradicional, e como sintetizado na figura 8, o design de uma embalagem sustentável deve ser inovador de forma a otimizar a funcionalidade (eficaz); Deve minimizar o consumo de recursos (materiais, energia e água), resíduos e emissões ao longo da sua vida ciclo (eficiente); A embalagem também pretende que se maximize a recuperação de materiais ao longo de todo o seu ciclo de vida (cíclica); Por fim, não deve apresentar quaisquer riscos de saúde e segurança para os seres humanos e ecossistemas (segura).

A utilização destes conceitos envolve ter em consideração algumas das estratégias de design para que se consiga que a embalagem demonstre valor social, económico e ambiental. Esta definição, bem como as estratégias, devem ser utilizadas como mais uma ferramenta no desenvolvimento sustentável e não como uma receita para o design de embalagem. As estratégias mais apropriadas devem ser adotadas e estudadas caso a caso. De uma perspectiva de design, a seleção dos meios mais adequados depende do propósito e dos requisitos do briefing: se é uma embalagem primária, secundária ou terciária; os requisitos técnicos e de desempenho da embalagem; o mercado pretendido para produto/embalagem e as limitações de fabrico e custo (Lewis, Verghese, e Fitzpatrick 2010).

**1.** O primeiro princípio foca-se na funcionalidade dos materiais de embalamento. Os materiais destinados à embalagem devem apoiar o desenvolvimento sus-

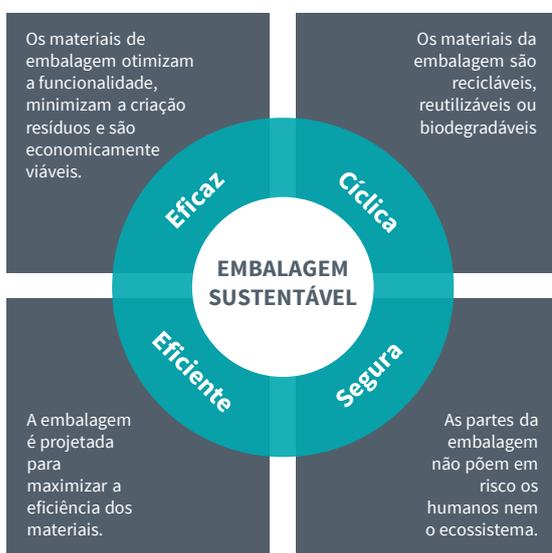


Fig. 08. Princípios de embalagem sustentável pela SPA (Adaptado de Abdul Khalil et al. 2016; Lewis, Verghese, e Fitzpatrick 2010; Helen Lewis 2007; Kees Sonneveld 2005).

tentável e serem **eficazes** na proteção dos produtos. A embalagem deve acrescentar valor real à sociedade ao conter e proteger os produtos enquanto estes se movem na cadeia de abastecimento. Ao mesmo tempo, a embalagem deve levar as informações e incentivar o consumo responsável. Tipicamente, os materiais para o emalamento sustentável são desenhados de acordo com regulamentos, custo, desempenho e necessidade do mercado. O design começa com a seleção dos materiais, passando pela percepção do desempenho do material na proteção dos produtos e terminando na análise do impacto dos materiais no seu ciclo de vida (Ljungberg 2007; Helen Lewis 2007; Kees Sonneveld 2005).

**2.** O segundo princípio de embalagem sustentável rege-se pelo aproveitamento **eficiente** dos materiais. A eficiência é sempre um desafio para o desenvolvi-

to de embalagens sustentáveis. Os sistemas de embalagem são projetados para usar materiais e energia da forma o mais eficiente possível durante todo o ciclo de vida do produto. Isso deve incluir eficiência de materiais e energia em interações com sistemas de suporte associados, como armazenamento, transporte e manuseamento. E ainda, eficiência, nos métodos de recolha e recuperação de materiais de embalagem, como a recuperação biológica (compostagem), a recuperação técnica (reciclagem) e a recuperação de energia (para a energia renovável) (Ljungberg 2007; Davis e Song 2006; Helen Lewis 2007; Kees Sonneveld 2005).

**3.** O terceiro princípio de embalagem sustentável defende que os materiais utilizados para embalagem devem ser continuamente reciclados e/ou **cíclicos** (fechar um ciclo) quer seja através de sistemas naturais (compostagem) ou industriais (reciclagem), minimizando a perda de material e evitando a junção de aditivos. Os materiais projetados para embalagem devem ser de fácil reciclagem e/ou reutilização, além de não contaminarem ou serem tóxicos (Abdul Khalil et al. 2016; Helen Lewis 2007; Kees Sonneveld 2005).

**4.** O quarto princípio de embalagem sustentável é que os materiais usados em embalagens devem ser de tal forma **seguros** e limpos que não devem representar qualquer perigo. Os componentes de embalagem usados no sistema, incluindo materiais, acabamentos, tintas, pigmentos e outros aditivos, não representam riscos para os seres humanos ou para o ecossistema. Em caso de dúvida, o princípio da precaução é aplicável (Zhang et al. 1997). Comumente, e infelizmente, os materiais de embalagem libertam químicos e outras substâncias perigosas durante a coleta, reciclagem ou compostagem (Marsh e Bugusu 2007; Helen Lewis 2007; Kees Sonneveld 2005).

Por outro lado, e ainda que não muito dispar do que a SPA defende, a SPC apresenta a sua versão do que

constituiu e define “embalagem sustentável”. A Sustainable Packaging Coalition® (SPC) prevê um mundo onde todas as embalagens são produzidas com responsabilidade, projetadas para serem eficazes e seguras ao longo de seu ciclo de vida, atendem aos critérios de desempenho e custo do mercado, e são feitas, exclusivamente, com energia renovável. E, uma vez utilizadas, são recicladas de forma eficiente para fornecer um recurso valioso para as gerações subsequentes. Um ciclo fechado para todos os materiais de embalagem quer seja por reciclagem ou compostagem.

A missão da SPC é utilizar pesquisas básicas e abordagens baseadas na ciência para ajudar a avançar e comunicar uma visão ambiental positiva e robusta para embalagens. Apoiando deste modo os materiais, a inovação e a funcionalidade que vise promover a saúde económica e ambiental.

A definição de “embalagem sustentável” de SPC pretende que a cadeia de valor das embalagens possa trabalhar numa direção comum. Ao fornecer um conjunto abrangente de critérios e boas maneiras que engloba a natureza sistémica da sustentabilidade para o embalamento, essa definição também identifica onde a ação pode e deve ser tomada pela embalagem. Esta definição pretende ser uma visão-alvo para as empresas se esforçarem, por meio da melhoria contínua, e evoluírem com o passar do tempo com novos materiais e tecnologias, levando a soluções de embalagem mais sustentáveis (Sustainable Packaging Coalition 2011).

A Sustainable Packaging Coalition considera uma embalagem sustentável se estiver de acordo com os pontos listados ao lado.

**Benéfica, segura e saudável para as pessoas e para a sociedade em todo o seu ciclo de vida;**

**Reunir os requisitos do mercado quanto ao desempenho e custo;**

**A recolha da matéria-prima, o fabrico, o transporte e a reciclagem utilizem energia renovável;**

**Otimização do uso de materiais de recursos renováveis e renováveis;**

**Fabricada utilizando tecnologias de produção limpas e as melhores práticas;**

**Produzida a partir de materiais seguros em qualquer fim de vida;**

**Planeada de forma a otimizar os materiais e a energia;**

**Recuperada ou utilizada em ciclos biológicos e/ou industriais fechados.**

2.5.

## BIOMATERIAIS, BIOPOLÍMEROS E BIOCMPÓSITOS

2.5.1

### BIOMATERIAIS

Os biomateriais representam um círculo aberto em estudo. Estes podem ser classificados de acordo com a sua interação com os sistemas biológicos, também denominada de biocompatibilidade. Sendo assim classificados por bio inertes ou biodegradáveis. Os bio inertes, caracterizados pelas altas propriedades mecânicas, quando colocados em contacto com tecidos ou sistemas biológicos, não interagem com eles, sendo por esse facto comumente utilizados em cirurgias. São exemplos o titânio, o aço inoxidável ou as ligas de cobalto (Godavitarne et al. 2017). Os biodegradáveis, contrariamente aos bio inertes, desintegram-se quando em contacto com o meio ambiente específico. Estes degradam-se sob a ação de microrganismos ou macro organismos como fungos, algas e bactérias dentro de um período de tempo. As células dos microrganismos encontram nestes materiais alimento e uma fonte de carbono para o crescimento. As condições ambientais como a humidade, o clima, e os poluentes atmosféricos, ou mesmo a composição e as propriedades do material são fatores que interferem com a biodegradação (Lucas et al. 2008). Segundo Petersen et al., a foto-degradação ou a degradação química também são consideradas ações da biodegradação. Contudo, esta ideia não é corroborada pelos restantes autores referenciados (Petersen et al. 1999). A fotodegradação

não se enquadra na biodegradação porque, neste caso os materiais são expostos à luz solar, sofrendo degradação fotooxidativa e não uma degradação aeróbica ou anaeróbica, isto é, através da presença ou ausência de oxigénio, respetivamente, como acontece na biodegradação (Souza e Fernando 2016). Para complementar a definição de biodegradabilidade recorre-se à norma ASTM D5488 que diz que um material biodegradável deve ser capaz de se decompor em dióxido de carbono, metano, água e compostos inorgânicos/biomassa. Sendo esta transformação uma ação enzimática dos microrganismos (Niaounakis 2015a). A Japan Bioplastics Association acrescenta que os produtos finais gerados pela ação enzimática são posteriormente reciclados na natureza. De realçar que a biodegradação diferencia-se da desintegração porque na segunda o material é apenas dividido em pequenas partículas (JBPA 2018).

Nesta dissertação, a direção será sobretudo para os biomateriais, que, por sua vez, se dividem em três categorias, nomeadamente metais, cerâmicos e plásticos (Godavitarne et al. 2017). Aquela para a qual este estado de arte se direciona são os (bio)plásticos ou também chamados de biopolímeros que, tal como os biomateriais, também se classificam consoante o método como são produzidos.

## 2.5.2 BIOPOLÍMEROS

Um biopolímero pode ser definido com base no método de produção, sendo por isso um material caracterizado por uma base biológica e/ou ter a capacidade de se biodegradar. Este último significa derivado da natureza para poder voltar para natureza, fechando e/ou começando um ciclo. Biodegradando-se, desta forma, pela ação de microrganismos, de atividade biológica ou pela ação de ambos. A European Bioplastic corrobora a definição de bioplásticos – apresentam uma base bio, são biodegradáveis ou apresentam ambas as propriedades (European Bioplastics 2016b). Com base nestas definições, os biopolímeros podem dividir-se em biopolímeros biodegradáveis (Conjunto A) ou biopolímeros com base biológica (Conjunto B).

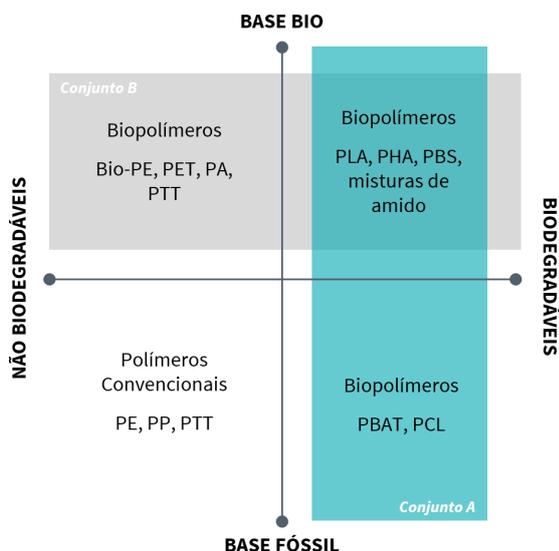


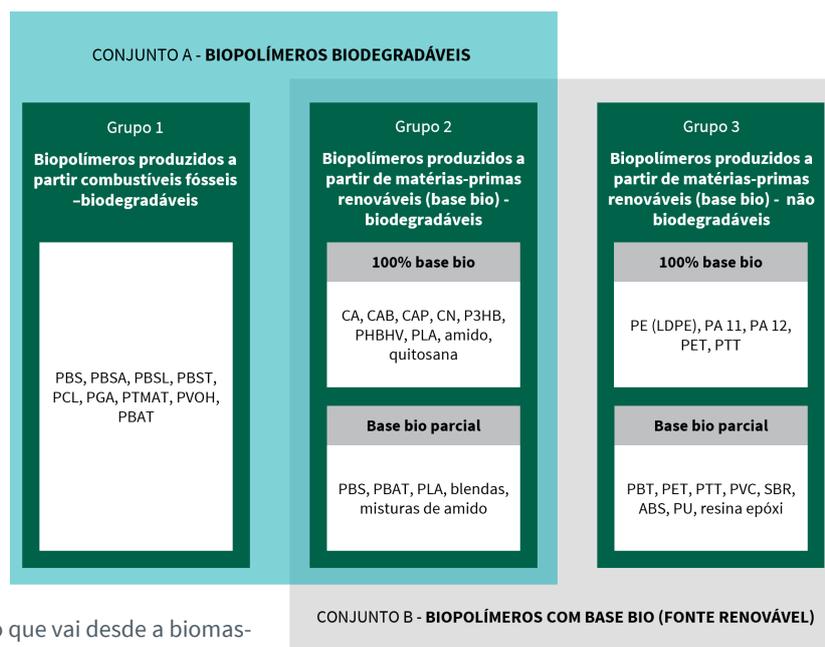
Fig. 09. Sistema de coordenadas de Biopolímeros (European Bioplastics 2016b; Niaounakis 2015a; Philp 2013).

De realçar que um material de origem biológica é diferente de um material biodegradável. Estes termos são frequentemente interpretados como sinónimos quan-

do na verdade não são (Reddy et al. 2013). Um material pode ter uma base biológica como, por exemplo, a biofoam da Spur® - l'm Green™ - produzida a partir de etanol, que por sua vez é produzido a partir de cana-de-açúcar, um recurso renovável, contudo este material não é biodegradável, mas emite menos gases de efeito estufa que o polietileno tradicional. Também não deixa de ser classificado como um biomaterial, biopolímero ou bioespuma. É uma alternativa produzida a partir de fontes renováveis com propriedades e aplicabilidades muito semelhantes ao polietileno tradicional segundo a empresa (SPUR® 2018); Por outro lado, podemos ter um material que tem uma base no petróleo e no final da sua utilização ele revela-se biodegradável, como é o caso da policaprolactona (PCL), poliéster alifático biodegradável, comercializado, por exemplo, pela Plastimake, como um material fácil de usar e modelar para fazer brinquedos ou protótipos (Plastimake 2018). Este material também tem aplicações médicas no ramo da radioterapia. Em suma, um material é considerado com base bio quando é produzido, na sua íntegra ou em parte, a partir de materiais provenientes de fontes renováveis. Estes materiais, por sua vez, são apenas considerados oriundos de fontes renováveis se forem reabastecidos por procedimentos naturais com taxas equivalentes ou mais rápidas do que sua taxa de consumo (Ravenstijn 2010; Clarinval 2005).

Nos dias de hoje, ainda não existem definições padrão do que são produtos com base biológica. Porém, existe material objetivo que quantifica o conteúdo de base biológica de um produto. A ASTM e a ISO desenvolveram normas que permitem a medição do conteúdo bio dos materiais através dos átomos de carbono. Estas normas incluem a ASTM D6866-12 e a ASTM D7026-13 (Niaounakis 2015a).

Um método que permite calcular a percentagem de conteúdo biológico num material é através do cálculo do número de átomos de carbono provenientes do cur-



to ciclo de CO<sub>2</sub>, ou seja, o ciclo que vai desde a biomassa até à matéria-prima. A Coca Cola's *Plant Botte™*, por exemplo, é em PET com o componente de etilenoglicol de base bio e ácido tereftálico à base de petróleo (Coca-Cola® 2018; Niaounakis 2015b). Isso significa que dois dos dez átomos de carbonos são de base biológica, determinando que o produto é 20% biológico (Ravenstijn 2010).

Dentro dos biopolímeros, para além dos baseados em conteúdo biológico também se encontram os biodegradáveis e os compostáveis. Estes últimos, por sua vez, podem ser divididos entre compostáveis industrialmente e os compostáveis em casa.

De forma a sumarizar a explicação e definição do conceito de biopolímero são realçados dois critérios, a origem das matérias-primas e a biodegradabilidade, o que permite a inter-relação dos biopolímeros com base nestes critérios. Resultando no esquema da figura 10, que apresenta três grupos principais (1, 2 e 3) que por sua vez se agrupam em dois conjuntos (A e B):

#### Conjunto A (grupo 1 e 2)

Polímeros Biodegradáveis

#### Conjunto B (grupo 2 e 3)

Polímeros com base bio (fonte renovável)

**Grupo 1.** Biopolímeros produzidos a partir de combustíveis fósseis e biodegradáveis

**Grupo 2.** Biopolímeros produzidos a partir de matérias-primas renováveis (base bio) e biodegradáveis

**Grupo 3.** Biopolímeros produzidos a partir de matérias-primas renováveis (base bio) e não biodegradáveis

Fig. 10. Polímeros biodegradáveis versus polímeros com base bio (Adaptado de Reddy et al. 2013; Niaounakis 2015a).

Os Biopolímeros do grupo 1 são produzidos a partir de combustíveis fósseis e são biodegradáveis, tal como os poliésteres alifáticos sintéticos, feitos a partir de petróleo bruto ou gás natural. Estes são certificados biodegradáveis e compostáveis. O PCL, o poli (butileno succinato) (PBS) e alguns copoliésteres “alifáticos-aromáticos” são, em parte, exemplos de polímeros à base de combustíveis fósseis que podem ser degradados por microrganismos.

No grupo 2, podem-se observar alguns biopolímeros biodegradáveis produzidos por sistemas biológicos como microrganismos, plantas e animais; ou sintetizados quimicamente a partir de materiais biológicos como, por exemplo, milho, açúcar e amido. Os Biopolímeros biodegradáveis com base bio incluem polímeros sintéticos de recursos renováveis, tais como poli (ácido láctico) (PLA); biopolímeros produzidos por microrganismos, como os PHAs; biopolímeros de ocorrência natural, como amido ou proteínas. Estes últimos, os polímeros naturais, são, por definição, aqueles que são biossintetizados por várias rotas na biosfera. Estes três grupos podem ainda ser divididos de acordo com a sua base, sendo ela 100% bio ou parcialmente bio. Dentro do grupo 2 os mais utilizados são o amido e os PHAs (ex.: P3HB, P4HB, PHBHV, PHBHHx).

Os biopolímeros do grupo 3 podem ser produzidos a partir de biomassa ou fontes renováveis (base bio) mas não são biodegradáveis. A base deste grupo pode também ser classificada como 100% bio ou parcialmente bio. A este grupo de materiais pertencem os polímeros sintéticos de fontes renováveis como poliamidas específicas de óleo de rício (PA 11), poliésteres específicos à base de biopropanadiol, biopolietileno (bio-LDPE, bio-

BIODEGRADÁVEIS				NÃO BIODEGRADÁVEIS
BIOPOLÍMEROS COM BASE BIO			BASE FÓSSIL	
Plantas	Microrganismos	Animais	Poli (alquileno dicarboxilatos) (ex.: PBA, PBS, PBSA, PBSE, PEA, PES, PESE, PESA, PPF, PPS, PTA, PTMS, PTSE, PTT)	PE (LDPE, HDPE), PP, PVC  PET, PPT  PU  PC  Poli (ésteres de éter)  Poliamidas (PA 11, PA 410, PA 610, PA 1010, PA 1012)  Amidas de poliéster  Poliésteres insaturados  Epóxi  Resinas fenólicas
Celulose e seus derivados (polissacarídeo)	PHAs (ex.: P3HB, P4HB, PHBHV, PHBHH)	Quitina (polissacarídeo)		
Lignina	PHF	Quitosana (polissacarídeo)	PGA	
Amido e seus derivados (monossacarídeo)	Celulose bacteriana	Ácido hialurônico (polissacarídeo)	PCL	
Alginato (polissacarídeo)	Hialuronano (polissacarídeo)	Caseína (proteína)	PVOH	
Lípidios (triglicerídeos)	Xantana (polissacarídeo)	Soro (proteína)	POE	
Trigo, milho, ervilha, batata, soja, batata (proteína)	Curdlan (polissacarídeo)	Colágeno (proteína)	Polianidridos	
Gomas (ex.: cis-1,4-poliisopreno)	Pullulan (polissacarídeo)	Albumina (proteína)	PPHOS	
Carragenina	Seda (proteína)	Queratina, PFF (proteína)		
PLA (de amido ou cana de açúcar)		Couro (proteína)		

Tab. 01. Classificação dos polímeros segundo a natureza química da sua estrutura (Adaptado de Niaounakis 2015a)

-HDPE), biopolipropileno (bio PP), ou biopolia (cloreto vinilo), (bio-PVC) à base de bioetanol (da cana de açúcar). Fazem ainda parte deste grupo os biopolímeros naturais, como a borracha natural e o âmbar.

Os biopolímeros são uma área de estudo muito vasta que pode ser organizada de diferentes formas, contudo pretende-se mostrar que a análise dos diferentes tipos de polímeros pode ser mais profunda e detalhada. Estes materiais podem ser divididos entre biodegradáveis e não biodegradáveis, dentro dos primeiros, pode-se ainda dividir segundo a sua origem, com base fóssil - a partir de petróleo bruto ou gás natural - ou com base biológica - a partir de plantas, animais ou microrganismos. Na tabela 1 os biopolímeros são classificados de acordo com a natureza química da sua estrutura. De realçar que não é uma lista fechada com todos os polímeros incluídos. Mesmo a sua categorização pode variar porque alguns dos polímeros mencionados tanto podem ser derivados de recursos biológicos como derivados de combustível fóssil, como o PLA, PBS, poli (tereftalato de trimetileno) (PTT), entre outros. Ainda que o PLA seja conhecido como o biopolímero, e seja frequentemente produzido por fermentação a partir do amido e da cana-de-açúcar, este também pode ser sintetizado a partir de combustível fóssil.

Os biopolímeros também podem ser classificados em três grupos com base na reação ao calor: termoplásticos, termoendurecíveis (Raquez et al. 2010) ou elastómeros. Atualmente, o volume de biopolímeros termoendurecíveis de base biológica supera o volume de biopolímeros termoplásticos de base biológica.

Outra classificação possível para os biopolímeros é segundo a sua composição: misturas, compósitos ou laminados. Misturas de biopolímeros, tal como o nome

diz, são misturas de polímeros de diferentes origens, como o produto comercial Ecovio® da BASF, que é uma mistura de PLA e poli (adipato-co-tereftalato de butileno) (PBAT) (Ecoflex®, BASF AG).

Compósitos resultam da combinação de dois ou mais materiais, com diferentes propriedades físicas e/ou químicas, classificados como “matriz” ou “reforço”. Apesar de atuarem juntos permanecem separados num determinado nível, uma vez que não se fundem/ou diluem um no outro (ACMA 2019).

As propriedades dos compósitos dependem quer da natureza dos materiais usados quer do grau de ligação. Os compósitos são polímeros bio ou sintéticos reforçados com fibras naturais, como sisal, linho, cânhamo, juta, banana, madeira e diversas gramíneas e/ou cargas e aditivos.

Existe uma sinergia entre o material que constitui a matriz e os materiais de reforço, que resulta num material compósito final com propriedades finais diferentes das existentes nos materiais constituintes individualmente.

**1** | O material que serve de matriz é o que confere estrutura ao material compósito, preenchendo os espaços vazios entre os materiais de reforço e mantendo unidas as partículas ou fibras do mesmo.

**2** | Os materiais que servem de reforço dispersam-se na matriz e são os que normalmente realçam as propriedades desejadas, desde mecânicas a químicas (Coelho 2016).

Os novos e mais sustentáveis biomateriais, merecedores de destaque, são os biocompósitos, aqueles que têm por base um biopolímero que é combinado com um ou mais elementos de origem biológica ou não.

### 2.5.3 BIOCOMPÓSITOS

Apesar de todas as vantagens inerentes aos biopolímeros estes apresentam algumas limitações técnicas que dificultam o seu processamento e o seu uso como produto final. Assim, muitos investigadores têm estudado a sua modificação de forma a possibilitar um melhor processamento e utilização nas mais diversas aplicações. Com este propósito, os (bio)compósitos têm sido estudados em prol de melhorar as suas características tais como as propriedades mecânicas, a permeabilidade, reciclabilidade e, fundamentalmente, a taxa de degradação (Al-Oqila et al. 2014; Faruk et al. 2012).

Os biocompósitos compreendem pelo menos uma fase derivada de origem biológica. São elas a “matriz” e o “reforço”. A sinergia existente entre o material que constitui a matriz e os materiais de reforço, resulta num biocompósito final com propriedades finais diferentes das existentes nos materiais constituintes individualmente (Al-Oqila et al. 2014).

O material que serve de matriz é o que confere estrutura, preenchendo os espaços vazios entre os materiais de reforço e mantendo unidas as partículas ou fibras do mesmo. As matrizes podem ser poliméricas, idealmente derivadas de fontes renováveis, tais como óleos vegetais ou amidos. Os materiais que servem de reforço dispersam-se na matriz e são os que comumente realçam as propriedades desejadas, sejam elas mecânicas ou químicas. Os materiais de reforço podem incluir fibras vegetais, tais como o algodão, o linho, o cânhamo, fibras de madeira, resíduos de papel, ou mesmo subprodutos da produção de alimentos (Fowler, Hughes, e Elias 2006; Srebrenkoska et al. 2014).

Geralmente, o termo biocompósito abrange materiais compósitos feitos a partir da combinação de:

**1 | polímeros derivados de petróleo reforçados com fibras naturais;**

**2 | biopolímeros reforçados com fibras sintéticas;**

**3 | biopolímeros reforçados por fibras naturais.**

As primeiras duas categorias, os polímeros derivados de petróleo reforçados com fibras naturais, que não são biodegradáveis, e biopolímeros reforçados com fibras sintéticas, como vidro e carbono, não são totalmente compatíveis com o meio ambiente (Mohanty, Misra, e Drzal 2002).

A terceira categoria, os biopolímeros reforçados por fibras naturais, também denominadas de biocompósitos verdes, são ecologicamente mais corretos.

O termo biocompósitos biodegradáveis é aquele em que a matriz polimérica é biodegradável. Este inclui duas famílias diferentes: baseada em fonte biológica e em fonte fóssil. Polímeros biodegradáveis podem ser criados a partir de uma base biológica ou do petróleo, podendo ser classificados como matrizes poliméricas verdes. Além disso, os biocompósitos baseados em fontes biológicas, às vezes chamados de compósitos verdes, são totalmente biodegradáveis porque tanto o reforço como a matriz são provenientes de recursos renováveis (Al-Oqila et al. 2014).

O investimento nestes materiais é justificado pelo baixo impacto no meio ambiente, sobretudo se tiverem a capacidade de se biodegradarem ou compostarem (Colho 2016).

Um exemplo de um biocompósito biodegradável - compostável em casa, é o Myco Composite (consultar págs. 46-47) (Ecovative® 2019).

## 2.6.

# FIM DE VIDA DOS MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS

A diferença entre materiais biodegradáveis e compostáveis é determinada pela taxa de biodegradação, desintegração e toxicidade. Todos os materiais compostáveis são biodegradáveis, mas nem todos os biodegradáveis são compostáveis (Gutiérrez 2018).

Um material biodegradável degradar-se-á a partir de microrganismos naturais, tais como bactérias e fungos. Deste processo não resultam quaisquer substâncias tóxicas. Neste caso não existe um espaço de tempo definido para a biodegradação acontecer, porque o tempo está dependente do ambiente e das suas propriedades.

Um material compostável, por sua vez, sofre a biodegradação num ambiente de compostagem industrial ou doméstico, produzindo dióxido de carbono, água, compostos inorgânicos e biomassa e não liberta, ou dele resultam, materiais tóxicos (Reddy et al. 2013; Ravenstijn 2010). Um material é definido como compostável quando atende aos critérios de pelo menos um dos padrões internacionais: ASTM D6400-12 (para plásticos compostáveis) ou D6868-12 (para embalagens compostáveis); CEN - EN 14995: 2006 (para plásticos compostáveis) ou EN 13432: 2000 (para embalagens compostá-

veis); ISO 17088: 2012 (Niaounakis 2015a). Os materiais compostáveis podem ainda ser divididos em compostáveis industrialmente e compostáveis em casa.

A compostagem industrial requer temperaturas elevadas, na ordem dos 55 a 60 °C, que são combinadas com uma alta humidade relativa e com a presença de oxigénio. Estas condições são bem melhores do que as condições diárias de biodegradação no solo, águas superficiais e marinhas. A compostagem industrial de materiais de embalagem e plásticos biodegradáveis está em conformidade com a norma europeia EN 13432.

Na compostagem doméstica, a temperatura é mais baixa e menos constante em comparação com as condições de compostagem industrial devido à menor quantidade de material compostável. Como resultado da baixa temperatura, a taxa de degradação de um material é bastante mais lenta, dependendo do tipo de material. A EN está a desenvolver uma norma, pois ainda não existem normas internacionais, europeias ou americanas. As únicas atualmente publicadas são normas australianas e francesas (Wilde et al. 2016; Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities III 2019).

# NORMAS, CERTIFICAÇÕES E RÓTULOS

## 2.7.1

## NORMAS

Têm surgido inúmeras queixas de que produtos biodegradáveis e compostáveis que não se desintegram suficientemente rápido, não se decompõem no composto de jardim, ou até mesmo, no solo. Obviamente, existem uma falha de comunicação com o consumidor que deve ser colmatada para pôr fim às erradas expectativas criadas sobre estes produtos, comumente intitulados por biodegradáveis, sem mais informação complementar.

Neste sentido, foram desenvolvidos padrões ou normas nos quais testes e métodos foram estabelecidos para determinar a opção de fim de vida para estes produtos. Estas normas foram acordadas em comitês de padronização em todo o mundo.

As normas são instrumentos indispensáveis para garantir segurança, proteção da saúde, proteção do meio ambiente e interesse do cliente. Para além de interesse é talvez a única forma fidedigna e credível para o consumidor sobre uma determinada característica ou propriedade do produto. As normas desempenham um papel vital na economia nacional e internacional, e para a sociedade, pois estabelecem bases fiáveis para a livre troca de bens e serviços (DIN Certco 2017).

Ao longo da evolução dos plásticos, houve diferentes reivindicações relacionadas aos seus efeitos ambientais. Muitas dessas alegações, no entanto, não são baseadas em nada tão confiável quanto os resultados de laboratórios certificados. Para fornecer normas científicas e aplicáveis, as organizações de padronização trabalharam com especialistas de diferentes áreas para criar padrões para o campo dos biomateriais. Os organismos de padronização mais relevantes atualmente são a ASTM, ISO e o CEN.

### ASTM (EUA)

Sociedade Americana de Testes e Materiais

### ISO (internacional)

Organização Internacional de Normalização

### CEN (União Europeia)

Comité Europeu de Normalização

O CEN é um organismo de normalização oficialmente reconhecido na União Europeia, cujas normas são vinculativas para os países da UE e ainda transferidas para estruturas nacionais de normalização individual como a Vincotte, e a DIN Certco, que se abordará posteriormente. Isso facilita a entrada dos fabricantes no mercado europeu, uma vez que cumpram com os requisitos normalizados. A primeira norma no âmbito da compostagem e da biodegradação foi emitida pela DIN em 1997 - DIN V54900 (Horvat e Kržan 2012). Mais tarde, ainda na década de 90, a Comissão Europeia ordenou que o CEN desenvolvesse normas para embalagens compostáveis. O resultado deste trabalho é a especificação padrão EN 13432: 2000 que está harmonizada com a Diretiva 34/62 / EC referente à embalagem (Plastice).

Embora cada organização de padronização tenha as suas próprias normas, estas encontram-se mutuamente harmonizadas. Organizações de certificação, europeias e americanas, reconhecem as normas umas das outras pelo menos no que é referente aos polímeros, plásticos e produtos compostáveis. Quando um certificado é emitido, por exemplo, com base na EN 13432, o fabricante pode obter facilmente um certificado baseado noutras normas. Algumas das normas que vão ser mencionadas em seguida são muito semelhantes entre si, diferindo apenas em algumas análises adicionais que devem ser realizadas. Só desta forma é possível evitar a duplicação de análises, o que muitas vezes

implica custos adicionais e encargos administrativos (Horvat e Kržan 2012).

Os padrões ou normas representam um conjunto de regras ou testes que um produto deve cumprir antes de obter um determinado certificado e/ou rótulo. Existem dois grupos principais de normas:

**1 |** Especificação padrão, um conjunto de requisitos, valores de aprovação/reprovação que um produto deve cumprir para lhe ser atribuído um determinado rótulo. Um exemplo de especificação padrão para plásticos compostáveis é a EN 13432. A base dos requisitos da EN 13432 foi então ampliada para plásticos com a especificação padrão EN 14995. São também exemplo de especificações padrão, de outras organizações, a ASTM D6400 ou a ISO 17088.

**2 |** Métodos de teste, avaliações, determinações ou práticas. Os métodos de teste descrevem como realizar testes e como validá-los. Para testar uma característica específica de um produto há uma referência numa especificação padrão quanto ao método de acordo com o qual o teste deve ser realizado.

As normas são, na maioria das vezes, a base para um sistema de certificação e atribuição de rótulos. No entanto, nem sempre assim acontece, como é o caso da certificação para plásticos de base biológica. Os certificados, tal como as normas, atuam como a confirmação universal de que um produto está em conformidade com a solicitação específica (Plastice; European Bioplastics 2016a).

De imediato apresentam-se algumas das normas emitidas pelas organizações de padronização relevantes para o tema em estudo. O foco principal é o conteúdo de base biológico dos materiais e a compostabilidade<sup>1</sup> (Wilfred 2017).

<sup>1</sup> De realçar que não se trata de uma lista fechada de normas.

### Normas para materiais com conteúdo de base biológica

**EN 16640** (European Bioplastics 2016a; EN 16640 2017);

**EN 16785** (European Bioplastics 2016a);

**ISO 16620** (ISO 16620-5: 2017 2017);

**ASTM D6866** (ASTM D6866-18 2018);

**ASTM D7026** (ASTM D7026-13 2013).

### Normas para compostagem industrial

**EN 13432** (DIN EN 13432 2000; Wilfred 2017);

**EN 14995** (European Bioplastics 2016a; DIN EN 14995 2007);

**ISO 17088** (ISO 17088:2012 2012);

**ASTM D6400** (ASTM D6400-04 2004; Wilfred 2017);

**ASTM D6868** (ASTM D6868-17 2017);

**ISO 18606** (European Bioplastics 2016a; ISO 18606:2013 2018).

### Normas para compostagem doméstica

Não existe atualmente nenhuma norma internacional para materiais de compostagem doméstica. No entanto, existem padrões nacionais como o australiano e o francês.

**AS 5810** (AS 5810-2010 2010; European Bioplastics 2016a);

**NF T 51-800** (European Bioplastics 2016a; NFT 51 800 : 2015-12 2015; bioplastics magazine 2016a).

### Outras normas relevantes

**ASTM D6691** (biodegradação aeróbica de plásticos no ambiente marinho) (DIN Certco 2017; ASTM D6691-17 2017);

**EN 13428** (fabricação e composição das embalagens - prevenção por redução da fonte) (DIN EN 13428 2004)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Em anexo segue-se esta lista de normas com as especificações e requisitos ditados por cada uma delas - Anexo 1.

## 2.7.2 CERTIFICAÇÕES E RÓTULOS

### Certificações e rótulos para materiais de base biológica

Os regulamentos e normas garantem que as alegações feitas para as propriedades dos produtos de base biológica sejam genuínas e verificáveis. Materiais de base biológica são tratados na UE pela fabricação e composição e, mais especificamente, segundo a EN 13428. Um termo comumente usado é o "conteúdo de base biológica", que é a percentagem de um produto que é baseado em matérias-primas renováveis. No Bio Preferred Program, os EUA aplicam o ASTM D6866, que é baseado na quantidade de carbono armazenado recentemente num produto. Uma quantidade mínima de 25% do conteúdo de base biológica é estabelecida para muitas categorias de materiais. A percentagem de base biológica do produto, da embalagem ou de ambos deve ser sempre indicada no rótulo (USDA; Buckhalt 2011).



Fig. 11. USDA Certified Biobased Product.

Na Europa, o CEN está atualmente a desenvolver uma norma europeia. Para isso encontra-se em processo de avaliação das normas da ASTM para perceber se podem seguir os seus critérios ou se introduzem novos parâmetros a ter em consideração tais como outros componentes: oxigénio, nitrogénio e minerais. Esta investigação decorre simultaneamente em dois projetos com a participação dos institutos de pesquisa holandeses ECN e Wageningen UR Food & Bio-based Research. Todavia, antes da regulamentação europeia, a Vinçotte já tem emitido certificados na Europa para o conteúdo de materiais de base biológica.

Como se pode observar na tabela 2, uma estrela denota conteúdo de base biológica de mais de 20%, duas estrelas mais de 40%, três estrelas mais de 60% e quatro estrelas mais de 80%.

 <p>OK biobased VINÇOTTE</p> <p>Conteúdo de base biológica: <b>entre 20% a 40%</b></p>	 <p>OK biobased VINÇOTTE</p> <p>Conteúdo de base biológica: <b>entre 40% a 50%</b></p>
 <p>OK biobased VINÇOTTE</p> <p>Conteúdo de base biológica: <b>entre 60% a 80%</b></p>	 <p>OK biobased VINÇOTTE</p> <p>Conteúdo de base biológica: <b>mais de 80%</b></p>

Tab. 02. Rótulos Vinçotte OK Biobased (Adaptado de Crevel 2016)

Com uma representação mais direta e distinta da anterior, a empresa de certificação alemã DIN Certco menciona, explicitamente no logotipo, o conteúdo de base biológica. Ambos os testes efetuados pelas duas empresas certificadores são baseados na norma ASTM D6866.



Fig. 12. DIN Geprüft.

PAÍS	ORGANIZAÇÃO	CONTEÚDO BIOLÓGICO	CERTIFICADO /RÓTULO
EUA	Bio Preferred Program USDA	% do produto e embalagem indicada no rótulo	
		% do produto indicada no rótulo	
Alemanha	DIN Certco Requisito adicional: sólidos voláteis > 50% (massa)	20 - 50%	
		50 - 85%	
		> 85%	
Bélgica	Vincotte	20 - 40%	
		40 - 60%	
		60 - 80%	
		> 80%	

Tab. 03. Organizações, certificações e rótulos para produtos de base biológica (Adaptado de Kržan 2012).

Ambos os esquemas de certificação surgiram para responder à demanda de consumidores e proprietários de marcas para articular o conteúdo biológico presente num produto ou embalagem.

Estes rótulos atuam como uma ferramenta para informar os consumidores, estabelecer padrões e incentivar as empresas a substituírem os produtos baseados em combustíveis fósseis por produtos de base biológica, a fim de preservar o meio ambiente (Crevel 2016). Estes rótulos são fácil e frequentemente entendidos, e, na verdade, também pretendidos, para reivindicar que o produto rotulado é, de alguma forma, de superior ou melhor qualidade do que produtos não rotulados. Este rótulos não só são a identidade visual de uma certificação (baseada numa ou várias normas) mas também facilitam uma rápida identificação (European Bioplastics 2016a).

#### Certificações e rótulos para materiais compostáveis

O final de vida é uma etapa que se refere ao estado pós utilização e articula os possíveis cenários para um produto ser descartado no final do seu ciclo de vida. A principal vantagem dos materiais compostáveis relaciona-se com o fim de vida amigo do ambiente, o mesmo nem sempre acontece com os materiais não compostáveis.

A compostagem também pode ser intitulada pelo nome de reciclagem orgânica - tratamento aeróbico. Segundo a Directiva UE / 94/62 / CE, relativa a embalagens e resíduos de embalagens, a reciclagem orgânica esta dividida em tratamento aeróbico ou compostagem e tratamento anaeróbico ou biogásificação.

Os materiais compostáveis, como já foi explicado, são aqueles em que os seus componentes são transformados em compostos valiosos como água e CO<sub>2</sub>. Sendo que este último não contribui para as emissões de gases do efeito estufa porque é considerado carbono novo (Ferreira 2007).

A degradação destes materiais não ocorrerá num ambiente desfavorável. Para que se obtenham as certificações, de compostabilidade, industrial ou doméstica, é necessário que o material se degrade, na sua grande maioria, em seis ou doze meses, respetivamente. Contudo, um material biodegradável pode não se degradar num curto espaço de tempo, pois biodegradável não implica que haja um processo rápido. É, portanto, importante lembrar que a compostabilidade ou biodegradabilidade pode acontecer dentro dos respetivos meses e obter certificações. Como também pode demorar mais tempo, exigir ambientes específicos e não obter certificações. Pois estes limites temporais delimitam as certificações existentes, sobretudo na UE. Da mesma forma que a madeira, um material naturalmente biodegradável, não pode obter nenhuma certificação devido ao tempo de degradação. Isto acontece porque não existe certificações ou normas quando o ambiente é a condicionante que comanda o tempo necessário para a biodegradação ocorrer (CEN 2014).

Na UE os materiais compostáveis industrialmente, comumente apresentados apenas como compostáveis, são materiais que atendem geralmente à norma EN13432. Esta norma define com que rapidez e até que ponto um plástico biodegradável deve degradar sob condições industriais de compostagem. Dentro de seis meses quase toda a matéria orgânica tem de ser conver-

tida em CO<sub>2</sub>. Já para as embalagens, e de acordo com a mesma norma, estas só podem ser chamadas de compostáveis se for demonstrado que o material de embalagem e seus componentes orgânicos são naturalmente biodegradáveis; a desintegração do material ocorre num processo de compostagem para resíduos orgânicos; o material de embalagem não tem efeito negativo no processo de compostagem; o material de embalagem não influencia negativamente a qualidade do composto.

Lamentavelmente, e num período onde se erguem cada vez mais as preocupações ambientais, ainda não existem normas europeias para embalagens compostáveis domesticamente, degradáveis na água ou nos solos. Dentro da UE, a CEN está a trabalhar formas de conseguir padrões europeus para essas rotas/possibilidades de final de vida. No entanto, ainda que as normas sejam inexistentes, as regulamentações para estes caminhos de fim de vida têm sido atribuídas por empresas de certificação que estabelecem padrões para compostagem doméstica segundo as normas Australiana e Francesa, as únicas referentes a esta opção de descarte. Além destas baseiam-se noutras normas referentes a compostagem para obterem algumas orientações durante os testes ou a atribuição da certificação. Quanto à degradação na água e no solo, como também não existem normas, o mesmo acontece. As empresas de certificação baseiam-se em algumas normas de compostagem industrial, e outras referentes a este tema, e utilizam-nas como guias para aprovarem ou reprovarem os testes e consequentemente atribuírem ou não as respetivas certificações. Em suma, só existe uma norma australiana e uma francesa para compostagem doméstica (Crevel 2016).

Os institutos, infelizmente privados, mais relevantes que fornecem certificados para compostagem de materiais são as empresas europeia Vinçotte e DIN Certco e a empresa norte-americana BPI. A DIN Certco emite certificados para materiais compostáveis baseados na norma EN 14995 ou ISO 17088 e para embalagens compostáveis

baseadas no padrão EN 13432 ou ASTM D6400. A Vinçotte emite certificados para materiais compostáveis baseados na EN 13432, assim como certificados para materiais que podem ser compostados em compostagem doméstica - OK HOME compost - e que biodegradam no solo - OK SOLO biodegradable - e na água - OK WATER Biodegradable.

Os certificados para materiais compostáveis também são emitidos pelo Instituto de Produtos Biodegradáveis (BPI, EUA) e pela Associação Japonesa de BioPlásticos (JBPA, Japão), bem como por outras organizações.

Tanto a ISO quanto a ASTM aceitam que os compostores industriais devem atingir temperaturas de até 70°C graus para que ocorra uma compostagem bem sucedida. Outras normas podem variar os seus critérios, como por exemplo na EN, onde é necessário que pelo menos 90% da matéria orgânica seja convertida em CO<sub>2</sub> dentro do período de 6 meses (Kržan 2012; Plastique).

Na tabela 4, apresenta-se as várias empresas certificadoras e respetivos rótulos que atribuem, bem como cada norma utilizada na atribuição, verificação e/ou teste para a aprovação do rótulo/certificação em questão.

Como se consegue entender, já existem vários padrões e métodos de teste disponíveis, que fornecem uma estrutura normativa para explicar o “conteúdo de base biológico” e a “compostabilidade” na área dos materiais e embalagens. Não obstante, ainda existe uma falha referente à compostagem doméstica e à biodegradabilidade na água e no solo. Nestes três casos não existem normas europeias, ou internacionais, que apoiem as empresas de certificação. Os padrões para materiais que demoram mais tempo a degradar-se do que as normas atuais o permitem, e onde o tempo depende do ambiente onde serão descartados, não existem atualmente também.

Estes padrões oferecem uma primeira comunicação sólida sobre as alegações correspondentes, permitindo uma análise rápida pelo consumidor e podendo vir a ser um pré-requisito num mercado futuro (European Bioplastics 2016a).

Tab. 04. Organizações, certificados e rótulos para produtos compostáveis (Adaptado de Kržan 2012; Plastice; DIN Certco 2017).

PAÍS	ORGANIZAÇÃO	NORMAS	RÓTULOS
<b>CERTIFICADOS ATESTANDO COMPOSTAGEM INDUSTRIAL</b>			
Alemanha	DIN Certco	EN 13432 ASTM D6400 ISO 17088 EN 14995	
Alemanha	DIN Certco	EN 13432 ASTM D6868 AS 4736	
Bélgica	Vinçotte	EN 13432 EN 14995	
USA	Biodegradable products Institute	ASTM D6400	
<b>CERTIFICADOS ATESTANDO COMPOSTAGEM DOMÉSTICA</b>			
Alemanha	DIN Certco	AS 5810 NFT 51-800	
Bélgica	Vinçotte	AS 5810 <i>Processo especial da Vinçotte baseado na EN13432 a baixas temperaturas*</i>	
<b>CERTIFICADOS ATESTANDO OUTRAS CARACTERÍSTICAS</b>			
Bélgica	Vinçotte	<i>Processo especial da Vinçotte baseado na ISO 14851 e ISO 14852*</i>	
Bélgica	Vinçotte	<i>Processo especial da Vinçotte baseado na ISO 17556 ou ASTM D5988 ou ISO 11266 ou EN13432/EN14995 *</i>	

\* ainda não existem normas definidas, consequentemente são utilizadas outras normas para os testes e/ou aprovação/rejeição das certificações.

## ESTADO DA ARTE

### O EPS e o EPE

É uma necessidade básica para a sociedade proteger, armazenar e transportar os produtos que pretende utilizar e/ou consumir. As embalagens são, por isso, a solução conseguida para proteger o produto das adversidades provocadas pelo meio ambiente durante o armazenamento e o transporte.

As embalagens tornam-se portanto um mais valia de extrema importância porque é através delas que é possível, reduzir o impacto dos produtos em caso de queda; as vibrações a que o produto pode estar sujeito no transporte; minimizar a passagem de temperatura e/ou humidade do exterior para o interior; imobilizar os produtos dentro das caixas; preencher o espaço disponível nas paletes, contentores e meios de transporte; entre outras inúmeras funções... podem até prolongar o tempo de vida útil dos produtos, principalmente no caso dos produtos alimentares.

Quando abordamos o tema das embalagens, automaticamente nos questionamos sobre os materiais a utilizar no preenchimento das embalagens e proteção dos produtos. No que diz respeito a estes materiais, a sua escolha compreende vários parâmetros.

Primeiramente, o material tem de proteger os produtos e passar nos testes de embalagem (vibração, compressão e queda) com sucesso. Depois deve acondicionar corretamente o produto conforme as normas e regras pelas quais se rege a empresa (ISTA 2A e ISTA 3A). No entanto estes testes e normas vão ser abordados no capítulo dos requisitos das embalagens.

Em segundo lugar entram outros fatores como o custo (o custo total da embalagem representa sempre uma percentagem relativa ao produto e embalar), a preocupação ambiental, a localização do fornecedor, o tempo de montagem da embalagem, o aspeto do material e a UX (experiência para o utilizador) que ele oferece no desembalar o produto.

Perante estas informações, cabe ao designer escolher

o material a utilizar para garantir que o produto chega, tal como saiu da fábrica, ao cliente final.

No entanto, as empresas têm posto em segundo plano o ambiente e o fim de vida dos materiais e ainda utilizam, maioritariamente, espumas com base no petróleo. As espumas de base fóssil são dos materiais de embalagens de proteção mais utilizados, nomeadamente para produtos frágeis e pesados. As suas propriedades, permitem que o material se deforme bastante, de forma a reduzir a aceleração do produto durante o impacto. Este material permite também que peças com cantos aguçados possam ser transportadas sem cortar o material.

Algumas das espumas poliméricas mais utilizadas, nomeadamente na Bosch são, em primeiro lugar, o Polietileno expandido (EPE) e, em segundo lugar, o Poliestireno expandido (EPS).

Apesar da Bosch começar a revelar preocupações ambientais, nomeadamente no departamento de embalagem, ainda existem muitas embalagens que utilizam estas espumas.

A frequente utilização destas espumas é justificada pelas propriedades mecânicas e físicas que estas oferecem. Por exemplo, é muito fácil de se controlar a densidade, o que permite ao designer adequar a espuma a cada tipo de produto; depois porque os materiais de que são feitas as espumas não reagem com os materiais normalmente utilizados, não acarretando qualquer problema para o produto; finalmente, porque as espessuras dos insertos de espuma, muitas vezes com dimensões reduzidas, possuem uma elevada capacidade para suportarem deformações durante o impacto (Silva 2017).

Seguem-se algumas informações sobre a composição, processo, propriedades, fim de vida e aplicações do EPS e do EPE. Posteriormente, seguem-se imagens de insertos de embalagens Bosch e amostras que foram recolhidas nas visitas aos fornecedores da Bosch (Inapa e Petibol) de EPS e de EPE.

Fig. 13. EPS

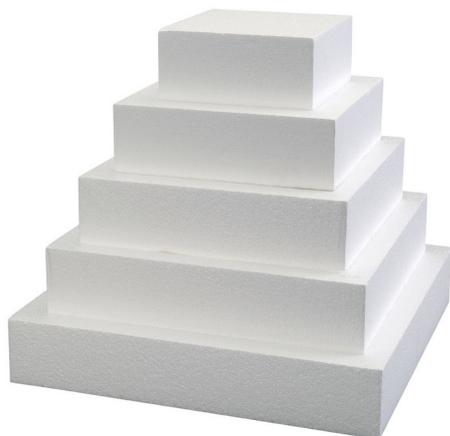


Fig. 14. EPS



## EPS

O poliestireno expandido é uma espuma de células fechadas que existe desde os anos 50. É uma espuma com base fóssil, composta por 98% de ar e 2% de plástico, tornando-se um isolante eficiente com pouca quantidade de matéria-prima. A espuma é versátil porque pode ser injetada de inúmeras formas. É frequentemente mais econômica do que outros produtos semelhantes. É um material reciclável, no entanto, esta transformação é muito dispendiosa. As aplicações comuns para EPS incluem isolamento para projetos de construção e embalagens para produtos eletrônicos e alimentares.

### Composição

Obtido a partir da transformação de espuma de poliestireno expansível, o material base é o estireno. Este é um subproduto do petróleo e da nafta produzida durante a refinação de petróleo.

O poliestireno é produzido quando o estireno é polimerizado num reator com água. O produto resultante assemelha-se a diversas pérolas que se expandem, podendo alcançar 50 vezes o tamanho original. O pentano é o gás usado para a expansão.

O material final é composto por 98% de ar e 2% de poliestireno e, por si só, não contamina o solo diretamente.

### Processo

Durante o processo a matéria-prima é sujeita a um processo de transformação que não altera as propriedades químicas do material. O processo de transformação da matéria-prima em poliestireno é realizado em três fases:

1. Pré-Expansão: A matéria-prima é aquecida por contacto com os pré-expansores, com vapor de água a temperaturas entre 80 e 110° C. Dependendo da temperatura e do tempo de exposição do material, a sua densidade diminui, podendo chegar a ser até 40 a 50 vezes menor. No processo de pré-expansão as pérolas compactas da

matéria-prima são transformadas em esferas de plástico celular com pequenas células fechadas que contêm ar no seu interior. Obtém-se assim o granulado de EPS.

2. Repouso intermédio e Estabilização: Ao arrefecer as partículas recém-expandidas cria-se vácuo no seu interior que é necessário compensar com a penetração de ar de difusão. Desta forma, os grânulos alcançam uma maior estabilidade mecânica e melhoram a sua capacidade de expansão. Este processo ocorre durante o repouso intermédio do material pré-expandido em silos ventilados. Ao mesmo tempo os grânulos são secos.

3. Expansão Final: Nesta fase, o granulado pré-expandido e estabilizado é introduzido em moldes onde são novamente aquecidos com vapor de água, soldando o granulado entre si e criando o formato desejado. Assim, obtém-se um material expandido, que é rijo e contém uma grande quantidade de ar. Desta forma, podem obter-se grandes blocos paralelepípedicos de EPS, posteriormente cortados nas formas desejadas (placas, arcos, cilindros...) ou produtos moldados, sendo o granulado insuflado para dentro de moldes com a conformação das peças pretendidas.

A escolha da matéria-prima e a regulação do processo de fabrico permitem a obtenção de uma ampla gama de tipos de EPS, com diversas densidades, cujas características se adaptam às diferentes aplicações.

Durante este processo não são criados resíduos sólidos, os desperdícios são reintroduzidos no lote de produção imediatamente. As emissões para o atmosfera, terra e água são sempre controladas (ACEPE 2019a).

### Propriedades

O EPS é um excelente isolante térmico e resistente a determinadas condições, sendo por isso muito utilizado. O material apresenta, ainda, características importantes como baixo peso, resistência, durabilidade, absorção de choques e não é tóxico. Estas características fazem com que o poliestireno

Tab. 05. Propriedades dos vários tipos de EPS (Adaptado de ACEPE 2019b)

EPS	EN 13163	EPS 30	EPA 60	EPS 100	EPS 150	EPS 200	EPS 250
Condutividade térmica (W/m°C)	EN 12667 ou EN 12939	0,044	0,040	0,038	0,036	0,035	0,035
Resistência à compressão –deformação < 2% (kPa)	EN 826	5	15	25	35	50	70
Resistência à compressão – deformação 10% (kPa)	EN 826	30	60	100	150	200	250
Resistência à flexão (kPa)	EN 12089	50	100	150	200	250	350
Fator de difusão do vapor de água ( $\mu$ )	EN 12086	20-40	20-40	30-70	30-70	40-100	40-100
Absorção de água por imersão (% volume)	EN 12087	<5	<3	<2	<2	<2	<1
Coefficiente de dilatação térmica linear (°C-1)					5-7*10 <sup>-5</sup>		
Estabilidade de forma à temperatura (°C)					85		
Reação ao fogo (EPS não inflamável)	EN 13501-1 Especificação LNEC E365				Euroclasse E, M1 – Não inflamável		

expandido seja considerado um produto muito versátil.

Atualmente, o EPS é menos utilizado que o EPE nas embalagens da Bosch, contudo, ainda existem casos em que a sua utilização é quase obrigatória. A utilização do EPS é ideal quando é necessário embalar um produto pesado com uma produção anual significativa. Isto significa que é uma boa opção para amortecer quedas de produtos pesados, mesmo que quebre; e como a ferramenta para injeção do EPS é dipendiosa, é indicado quando se trata de uma grande produção. O ponto mais positivo é o preço competitivo com os restantes materiais utilizados; o ponto negativo é que quando quebra, para além de libertar algumas partículas, não oferece ao consumidor final uma boa experiência (UX) ao abrir a embalagem.

#### Fim de vida

O EPS compreende cerca de 30% do volume de aterros americanos, isto porque apesar de ser um material reciclável é necessário saber descartá-lo corretamente.

Descartado de forma incorreta, este material causa uma série de prejuízos à natureza. Ocupa muito espaço nos aterros que estão saturados e poderiam ser destinados a outros resíduos. Por ter a decomposição muito lenta e ser impermeável, prejudica o solo e impede a penetração de água. Quando cai em rios e mares, além de andar à deriva durante anos, pode confundir os animais.

Consequentemente, o fim de vida mais comum é os aterros. Como é leve, porém muito volumoso, o transporte por si só é caro. Não é nada rentável processá-lo para reciclagem, com um valor estimado que ronda os 900€ em processamento necessário para recuperar cerca de 180€ em material utilizável. Portanto, embora tecnicamente possa ser reciclado, é mais provável que não seja reciclado.

Para a sua reciclagem é também necessário que esteja limpo e separado de partes metálicas, de papel ou adesivos. No processo, ainda que poucas instalações o façam, o EPS é triturado e reduzido mecanicamente para

formar pequenas pérolas. Após o aquecimento dos flocos em sistemas de extrusão, o ar é liberado e elas são fundidos. A máscara viscosa que é formada dá origem a objetos como cliques de papel, interruptores, caixas e materiais de escritório.

Como a taxa de reciclagem de EPS é tão baixa, o que deve ser feito para reduzir a quantidade de EPS empilhada nos aterros? Reduzir o uso do material ou optar por não utilizar. O primeiro passo para eliminá-lo não é deixar de utilizá-lo (EPE USA 2019).

#### Aplicações

As aplicações mais comuns são as embalagens, caixas térmicas para alimentos e também como proteção para aparelhos eletrónicos e medicamentos.

Além disso, o material também é utilizado massivamente em peças de artesanato e na decoração, por ser um elemento neutro, leve e de fácil manuseio.

Finalmente não se pode deixar de referir o potencial de isolamento térmico do EPS. Este é frequentemente utilizado na construção civil. Entra, por exemplo, na preparação de betão, lajes, telhas, forros, câmaras frigoríficas, entre outras aplicações (ISOMAF 2019).

#### Fornecedor EPS Bosch

A grande maioria dos insertos em EPS da Bosch tem peso específico de, sensivelmente, 23 Kg/m<sup>3</sup>, salvo se o produto exigir outras especificações para ser validado. Estes insertos, ainda que haja vários fornecedores, são, na maioria das vezes, produzidos pela Petibol, um dos principais fornecedores de EPS da Bosch. O contacto com a petibol foi presencial, através de algumas reuniões nas instalações da Bosch, Ovar. Nestas reuniões mais do que troca de informações sobre o EPS, conseguiram-se informações e amostras do material compostável da Basf, empresa alemã e parceira da Petibol. Este material aparece mais à frente na pesquisa de materiais biodegradáveis, compostáveis industrialmente.

Fig. 15. EPE



### EPE

O polietileno expandido é uma espuma de baixa densidade utilizada numa ampla gama de aplicações. É um material espumado utilizado para o amortecimento e isolamento em várias situações, tais como na construção, embalagem de alimentos ou em aparelhos e componentes eletrónicos. O polietileno é caracterizado por ser leve, flexível, inodoro, insípido e geralmente inofensivo. Esta espuma é normalmente fabricada em tubos, filmes, folhas, perfis ou placas.

### Composição

O polietileno é dos plásticos mais utilizados, sendo composto por monómeros de etileno ligados entre si. Quando polimerizados, estes são ligados criando um termoplástico estável. Os diferentes métodos de polimerização produzem diferentes tipos de polietileno. Portanto, as características do polietileno são altamente dependentes do processo de polimerização e podem ser divididas em várias categorias, dependendo de propriedades como a densidade e a ramificação. A classificação mais comum do polietileno, frequentemente utilizada nas indústrias de transformação, é a espuma de polietileno de baixa densidade.

Como o etileno básico, que é altamente resistente a produtos químicos, o polietileno de baixa densidade possui características semelhantes. Como uma espuma de células fechadas, a estrutura não é completamente sólida nem completamente flexível, em contrapartida, assume uma estrutura semirrígida. No entanto, a espuma pode ter texturas variadas, parecendo mais macia tal como as espumas de uretano ou mais dura tal como algumas espumas de poliestireno.

### Processo

Existem dois tipos de espumas de baixa densidade, distinguíveis entre si pelo processo como são formadas:

Fig. 16. Expositor de amostras de EPE da Inapa



#### 1. Espuma de polietileno extrudido (de baixa densidade)

O processo pelo qual a espuma de polietileno extrudida é fabricada é contínuo. O polietileno é derretido até fundir e, em seguida, misturado com uma espécie de hidrocarboneto halogenado que atua como agente expensor. A mistura é conduzida sob alta pressão e forçada a sair pela matriz. Quando a mistura surge através da matriz, a mudança de pressão na atmosfera faz com que o gás dentro da mistura se expanda ao mesmo tempo em que a mistura está arrefecendo e solidificando. O resultado é o polietileno sólido com as células do material espaçadas pelo agente expensor.

#### 2. Espuma de polietileno reticulada (de baixa densidade)

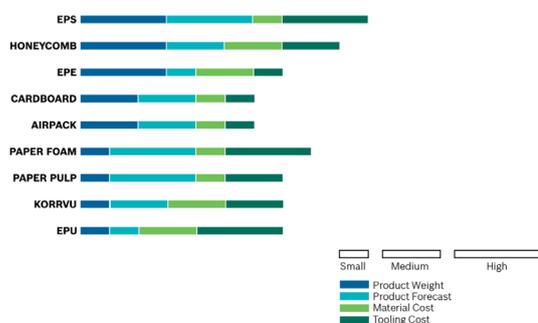
O processo de reticulação pode ser contínuo ou realizado em lotes, mas é um pouco limitado, pois a reticulação química pode gerar apenas pranchas de polietileno. Na reticulação química, a espuma de polietileno é criada por lotes. Um agente químico de reticulação sólido é submetido a uma temperatura que faz com que ele se misture com o polietileno sólido. O resultado combinado é então exposto a uma temperatura ainda mais alta para induzir a reticulação entre o agente e o polietileno. Uma vez atingida a reticulação, a temperatura é elevada novamente. A espuma de polietileno reticulado por radiação é fabricada através de um processo contínuo.

As espumas de polietileno de baixa densidade são muito parecidas, a principal diferença reside no tamanho das células. A espuma reticulada apresenta células menores do que a espuma extrudida. A espuma reticulada tende, ainda, a ser mais macia do que a extrudida e ligeiramente mais uniforme. No entanto, na espuma quimicamente reticulada, a uniformidade não é consistente em todo o lote. Porém, em lotes reticulados extrudidos, a uniformidade costuma ser mais consistente (Thomas 2019).

Fig. 17. Matriz de Seleção de materiais utilizada no desenvolvimento de embalagens pela Bosch.

### MATRIZ DE SELEÇÃO DE MATERIAIS BOSCH

Peso do produto & previsão da produção anual vs. Custo do material e da ferramenta de produção



### Propriedades

A espuma de polietileno expandido de célula fechada é produzida sem utilização de CFC's e é reciclável. É ainda um material resiliente, não abrasivo, resistente ao mofo e bactérias, inodoro e antiestático.

O EPE pode ser produzido com diferentes densidades, espessuras, formas geométricas ou propriedades. Normalmente é comercializada em forma de rolos, perfis, placas, rede e sacos.

Como é um material flexível, impermeável e resistente a agentes químicos, é possível utilizá-lo para desenvolver peças técnicas com bom isolamento térmico, isolamento acústico, absorção de impacto e vibrações (Unespuma® 2019).

É utilizado com muita frequência na Bosch porque suporta produtos pesados, não sendo necessário uma produção muito grande visto que o custo de ferramenta inicial não é muito alto. No entanto, é um material bem mais caro que o EPS.

A escolha entre os dois materiais também depende, por vezes, do espaço que fica entre o produto e a embalagem em cartão, ou seja, do espaço disponível para o inserto. Quando o espaço é muito reduzido e o produto muito pesado, normalmente o EPS é o mais aconselhado, mesmo sabendo que quebrará, o que não acontece com o EPE. Este mantém-se sempre com um bom aspeto mesmo depois de algumas quedas, oferecendo uma boa experiência para o utilizador que desembalar o produto.

### Fim de vida

O EPE é um material ambientalmente seguro que pode ser reciclado.

De uma forma muito simples, na reciclagem este material é esmagado, compactado ou derretido, em blocos com volumes menores do que os iniciais. Em seguida,

Tab. 06. Propriedades gerais EPE 27/33 kg/m<sup>3</sup> (Adaptado de CES EduPack 2018)

EPE	
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	27 - 33
Resistência à tração (kPa)	140 - 180
Tensão de compressão @ 25% de tensão (kPa)	43 - 47
Tensão de compressão @ 50% de tensão (kPa)	100 - 120
Resistência à flexão (módulo de rutura) (kPa)	20 - 25*
Resistência à fadiga em 10 <sup>7</sup> ciclos (kPa)	100 - 140*
Condutividade térmica (W/m°C)	0,038 - 0,042
Absorção de água a 24 horas (%)	1 - 1,5
* Valores estimados	

a espuma de EPE pode ser granulada e transformada noutros produtos.

A reciclagem deste material revela-se fulcral para o meio ambiente, pois sabe-se que a espuma de EPE polui o ambiente quando arde. É também uma espuma que liberta substâncias tóxicas à luz do sol (Greenmax™ 2019).

### Aplicações

O EPE é frequentemente utilizado para embalar produtos frágeis devido às suas características, nomeadamente de amortecimento e isolamento.

É um dos materiais de maior aplicabilidade que é utilizado desde a fabricação de brinquedos, até peças de calços, mantas de isolamento térmicos, berços, fitas adesivas e muito mais. Com densidade diferenciada, esse material tem utilidade na indústria de todos os setores e tem-se mostrado uma solução segura e economicamente viável para a maioria delas. Entre as diversas aplicações desse material podemos destacar as placas de polietileno expandido que são usadas, por exemplo, pela construção civil em forma de mantas isolantes de estruturas.

Quem também utiliza esse material são as empresas de refrigeração, automóveis, eletrónica e outros que sabem que o produto oferece uma ótima performance para qualquer uma das aplicações (Epoli 2019).

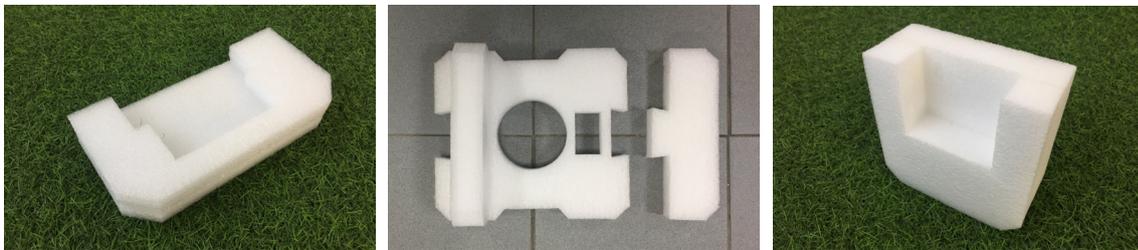
### Fornecedor EPE Bosch

A grande maioria dos insertos em EPE da Bosch são produzidos pela Inapa, empresa que se visitou durante a investigação. Nestas visitas ficamos a conhecer outros fornecedores parceiros da Inapa, recolhemos algumas amostras e conhecemos outros materiais e espumas mais ecológicas do que o EPE.

Figs. 18-23 Amostras e soluções de design em EPE recebidas pela Inapa.



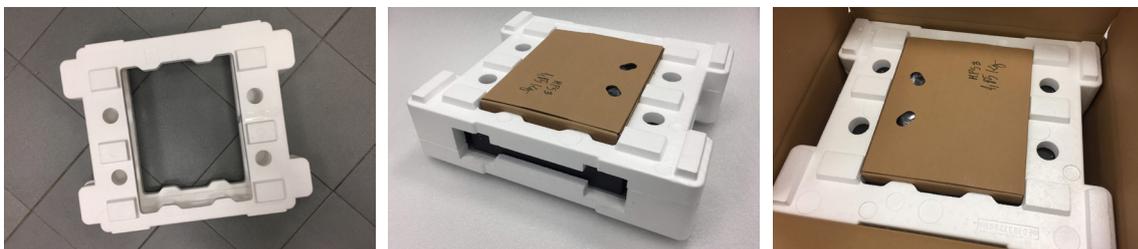
Figs. 24-26 Peças em EPE de produtos Bosch



Figs. 27-29 Embalagens de produtos (em desenvolvimento) Bosch, com insertos em EPE



Figs. 30-32 Inserto do IPPA em EPS



Figs. 33-35 Inserto do Idesk em EPS



## 2.8.2.

**MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS**

Nos dias de hoje, já é possível encontrar alguns fornecedores de materiais biodegradáveis pelo mundo fora. Esta pesquisa de mercado sumariza os materiais mais relevantes encontrados e analisados com detalhe. Esta análise foca-se nas propriedades mecânicas, composição, localização do fornecedores, taxa de degradação, entre outros parâmetros. O objetivo primordial foi a viabilidade de aplicação nos produtos Bosch. Esta recolha recaiu tanto sobre os materiais compostáveis industrialmente como domesticamente, o que ditou a organização da pesquisa elaborada como podemos observar no esquema abaixo. Outros materiais foram encontrados durante a investigação e visitas contudo esta lista restringe os materiais compostáveis mais viáveis para o objetivo deste projeto.

BIOMATERIAIS							
Compostáveis industrialmente			Compostáveis domesticamente				
							
a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	
<b>Ecovio® EA</b> BASF	<b>Fibi-Buffer</b> Fibi-Buffer	<b>BioFoam®</b> BEWi synbra	<b>Myco Composite™</b> Ecovative Design	<b>Myco Flex™</b> Ecovative Design	<b>Green Cell Foam™</b> KTM Industries Inc.	<b>Bioespuma®</b> Khel	
Ecoflex® + PLA	Ecovio® EA + Bio-Flex F1130	PLA	Micélio + Resíduos agrícolas	Micélio puro	Amido de milho	Bio Poliol (óleo de mamona + amido + óleo de soja) + Isocyanato	

Tab. 07. Biomateriais e seu fim de vida (Adaptado de a. BASF® 2016; b. Fibi-buffer 2019; c. Synbra 2019; d./e. Ecovative 2019; g. Kehl 2019; f. Green Cell Foam 2018; Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities III 2019).



## ECOVIO® EA BASF

Fig. 36. Ecovio® EA, BASF

A BASF expande a sua linha de produtos com a espuma de alto desempenho, o ecovio® EA. Uma espuma com base biológica, sob a marca ecovio®, que suporta o ciclo biológico através da sua compostabilidade certificada. Este material, já patenteado, tem excelentes propriedades mecânicas. Por este facto é adequado para embalagens de mercadorias de alto valor ou delicadas, onde um alto nível de resistência a impactos e robustez é fulcral. Esta material tem uma excelente absorção de energia e boa resiliência quando submetido a repetidas cargas de impacto. Apesar de ser uma empresa Alemã, esta empresa tem parceiro em Portugal, a Petibol, que, por sua vez, são parceiros atuais da Bosch, Ovar.

### Composição

O Ecovio® EA é o primeiro material de espuma de células fechadas expansível que tem uma base biológica e está certificado para compostagem industrial. Este é composto pelo polímero biodegradável ecoflex® e pelo ácido polilático (PLA), que é derivado do milho ou de outras plantas geradoras de açúcar, como a mandioca. O Ecoflex®, por sua vez, é um polímero biodegradável com uma base não renovável, co-poliéster, produzido a partir de ácido tereftálico, 1,4 butanodiol e ácido adípico.

### Processo

Para produzir o ecovio® EA, os grânulos expansíveis são carregados com um agente de expensor (pentano). O que permite a pré-expansão do material em pré-expansores convencionais de EPS e subsequente moldagem. Os grânulos em bruto têm um peso específico de 700 kg/m<sup>3</sup>. O ecovio® EA está disponível no mercado com partículas de 1,05 mm e estão em desenvolvimento as partículas de 0,8 mm. A espuma está disponível em castanho. O produto pode ser armazenado por pelo menos 6 meses sem comprometimento da qualidade.

Num primeiro passo, os grânulos são pré-expandidos

com a adição de vapor para produzir células fechadas com um peso específico mínimo de 25 kg/m<sup>3</sup>. O curto tempo de pré-formação contribui para um baixo consumo de energia nesta etapa.

Mais tarde, os grânulos expandidos podem finalmente ser processados em qualquer tipos de moldes. O processamento também pode ocorrer em máquinas de produção de EPS ou EPP. É apenas necessário adaptar os parâmetros do processo, como o tempo de vaporização, que deve ser mais curto. Já a duração do ciclo, na etapa de formação, permanece sensivelmente a mesma. Uma epata adicional é a adaptação das geometrias do molde devido à contração de aproximadamente 1,5% do material. Só desta forma se garante a qualidade da peça e estabilidade dimensional. Após a conformação, e tal como o EPP, é aconselhável acondicionar o produto num forno de aquecimento.

### Propriedades

Numa comparação direta com o EPS, o ecovio® EA possui menor rigidez e a sua capacidade de absorção de energia fica entre a do EPS e do EPP. A sua utilização é indicada para o embalamento de produtos pesados e delicados, como máquinas de lavar ou televisores (produtos eletrónicos), que precisam permanecer ilesos ao longo do transporte, mesmo que estejam sujeitos a múltiplos impactos. O ecovio® EA tem uma condutividade térmica mínima de 34 mW/mK e, portanto, também é adequado para todas as aplicações de isolamento térmico. O ecovio® EA ajuda a manter a cadeia de frio para produtos sensíveis à temperatura, como vegetais embalados, frutas, carne, produtos congelados ou medicamentos. O ecovio® EA pode ser armazenado a temperaturas de até 100 °C durante um período de várias horas. Tem boa resistência a solventes (ex. acetona) e não contém retardantes de chama. No futuro, a BASF pretende alcançar a aprovação para contacto com alimentos.



Tab. 08. EPS vs. Ecovio® EA (Adaptado de Sampath 2016)

	EPS	Ecovio® EA
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	25	25
Peso específico partículas* (kg/m <sup>3</sup> )	~600	~680
Fator de Amortecimento	2,5	2,7
Resistência à compressão 10%** (kPa)	175	90
Energia à fratura em flexão (J)	2,5	2,7
Resistência à flexão (kPa)	420	220

\*antes da expansão    \*\* com 10% de deformação

### Compostabilidade

O Ecovio® EA é durável sob condições ambientais normais. Condições especiais, como as que são encontradas em centros de compostagem industriais, são necessárias para iniciar o processo de degradação. A compostabilidade certificada significa que é possível descartá-la junto com restos de comida sem ser preciso separar previamente os materiais.

Devido à alta porosidade e à área superficial específica das partículas do ecovio® EA, este degrada-se muito rapidamente em instalações industriais de compostagem. Testes de compostagem comprovam que cubos de ecovio® EA, com 5 cm de aresta e peso específico de 28-47 kg/m<sup>3</sup>, entram em decomposição dentro do espaço de 5 semanas para formar água, CO<sub>2</sub> e biomassa. Antes da compostagem, existe a possibilidade de reciclar este material.

### A gama Ecovio®

O Ecovio® é um bioplástico versátil, de alta qualidade, patenteado, certificado compostável e contém uma base biológica. As áreas de uso deste bioplástico são os filmes como sacos de lixo orgânico, sacos de uso duplo (primeiro para fazer compras, depois para o lixo orgânico) ou filmes agrícolas. Porém, também é utilizado em embalagens no revestimento, em filmes retráteis/de contração, embalagens de espuma e produtos de moldagem por injeção (BASF® 2016; Sampath 2016).

Fig. 37. Ecovio® EA, BASF



## ECOVIO® EA

### Termoformagem (utilização das máquinas de EPS e EPP)

BASF polymer ecoflex® + PLA (derivado do milho ou de outras plantas geradoras de açúcar, como a mandioca)

### Compostável Industrialmente

Cubos de ecovio® EA, com 5cm e 28-47g/l, degradam-se dentro de 5 semanas

### Certificação

DIN EN 13432 (embalagem compostável)

### BASF

Alemanha

### Período máximo de armazenamento

6 meses (sem perda de propriedades)

### Vantagens

Mínima condutividade térmica - 34 mW / mK

Boa resistência a solventes (ex. acetona)

Não contém retardantes de chama

Resiste até 100 ° C durante várias horas





Fig. 38. Fibi-Buffer

## FIBI-BUFFER

## FIBI-BUFFER

A Fibi-Buffer expandiu e otimizou o seu produto homónimo com o material compostável da BASF, o ecovio® EA. A solução flexível desta empresa, anteriormente com resíduos de madeira envolvidos por um filme da FKUR, é agora mais leve e resistente. Desenvolvida na Holanda, é uma solução de embalamento industrialmente compostável, já patenteada, composta por paralelepípedos de Ecovio® EA e o Bio-Flex F1130, um filme comercializado pela Fkur que envolve o ecovio® EA. Ainda que a Fibi-Buffer seja uma empresa Holandesa, são parceiros da Polymer Solutions, uma empresa Portuguesa, através da qual obtivemos amostras.

**“A flexibilidade durante o embalamento é fundamental.”**

**“O nosso material ser sustentável também é uma vantagem relevante.”**

*Peter Westgeest, Fibibuffer (Verpakkings Management 2018)*

### Solução

A solução desenvolvida consiste num rolo de um filme plástico com blocos de espuma salientes que podem ser destacados individualmente ou em conjunto. Através deste design, qualquer empresa de embalagens pode preencher, com flexibilidade, uma caixa e proteger o seu produto colocando estes cubos da fibi-buffer a preencher os cantos e/ou as partes superiores, inferiores e laterais. Dependendo de cada produto pode ser necessário criar mais ou menos zonas de amortecimento.

### Composição e processo

A base desta ideia consiste no filme da Fkut, o Bio-Flex

F1130, um filme biodegradável, no qual, através da termoformagem, são formados uma espécie de concavidades onde serão posteriormente colocados os blocos de ecovio® EA.

Estes blocos de amortecimento, depois de colocados nos respetivos sítios, são selados com uma “folha” do mesmo filme - Bio-Flex F1130.

Finalmente, é efetuada uma perfuração/picotado que permite que estes blocos sejam separados individualmente ou em tiras, por exemplo.

### Bio-Flex® F1130

O Bio-Flex® F1130 apresenta boas propriedades de alongamento, de vedação e apresenta um toque suave e agradável. Consequentemente, pode ser usado como filmes, sacos de lixo, filmes higiénicos e sacos de compras. O plástico padrão mais próximo do F1130 é o LDPE (FKUR 2016).

### Das fibras de madeira ao ecovio® EA

Na primeira solução desta empresa, antes da parceria com a BASF, as concavidades termoformadas do filme plástico eram preenchidas exclusivamente com fibras de madeira. A pedido e conselho de um dos seus clientes, a Fibi-buffer expandiu a linha com o ecovio® EA.

Este cliente, cujo nome não é referido, provedor de serviços internacionais para equipamentos eletrónicos, durante a realização de atividades de recondição, alerta para a necessidade da devolução de equipamentos. Neste sentido é impreterível que os blocos de amortecimento não rasguem e que as fibras de madeira não se espalhem pelos componentes eletrónicos. Com a nova solução, desenvolvida em conjunto com a BASF, este problema é colmatado (Fibi-buffer 2019; Canadian Packaging 2018).

O ecovio® EA é uma matéria-prima de base biológica baseada no polímero ecoflex da BASF e PLA. Uma es-

Tab. 09. Teste de compostagem (Adaptado de BASF® 2016)

COMPOSTABILIDADE DO ECOVIO® EA			
Ecovio® EA (11,7 x 8.8 cm2)		Ecovio® EA (5 x 5 x 5 cm3)	
INÍCIO	DEPOIS DE 3 SEMANAS	INÍCIO	DEPOIS DE 3 SEMANAS
<b>Amostra 1</b> Espessura 0,6 cm		<b>Amostra 2</b> Espessura 5 cm	
Rápida desintegração em 5 semanas (DIN EN 13432).			

puma rígida que é compostável industrialmente, já introduzida anteriormente.

### Compostabilidade

Sendo a totalidade da solução compostável, esta pode fechar o seu ciclo de vida, contudo, sendo apenas compostável industrialmente, os custos da reciclagem orgânica podem não ser, infelizmente, muito baixos, pelo menos atualmente. Outro obstáculo é a falta de meios para levar os produtos desenhados para compostagem industrial para as instalações indicadas para o efeito. A falta ou escassez destas instalações, sobretudo em Portugal, representam outra preocupação adicional que se espera ver resolvida num futuro próximo.

Ainda que a solução seja compostável, esta solução ainda não é reconhecida como tal por normas certificados ou rótulos. O que existe são as certificações por parte das empresas do filme e da espuma, que, por sua vez, têm os seus materiais certificados.

A BASF tem o ecovio EA certificado como compostável industrialmente segundo a norma europeia EN 13432(BASF® 2016).

O filme da Fkur, o Bio-Flex® F1130, é aprovado para contato com alimentos e certificado como compostável industrialmente de acordo com a norma EN 13432, assim como pela norma ASTM D 6400. É ainda certificado para uso da marca de conformidade do “Ok Compost” da Vinçotte.

Fig. 39. Fibi-Buffer



## FIBI-BUFFER

Através da termoformagem são moldados rebaixas no filme **Bio-Flex® F1130 (Fkur)**, onde são aplicados os blocos de **Ecovio® EA (BASF)**.

### Compostável industrialmente

Apesar da solução não ter certificação

### Certificação ecovio® EA

DIN EN 13432 (embalagem compostável)

### Certificação Bio-Flex® F1130

EN 13432 (embalagem compostável)

ASTM D6400 (materiais e produtos compostáveis)

### FIBI BUFFER

Holanda

### Período máximo de armazenamento

Ecovio® EA: 6 meses

Bio-Flex® F1130: Longa duração desde que protegido da humidade e da radiação UV.

### Vantagens

Flexibilidade e versatilidade da solução  
 Impermeabilidade



## BIO FOAM®

### BEWI SYNBRA

Fig. 40. Bio Foam®, BEWiSynbra

BioFoam®, um material produzido a partir de PLA baseado em recursos renováveis, é um material sustentável, compostável industrialmente, com baixa pegada ecológica, neutro em CO<sub>2</sub> e com a certificação cradle-to-cradle. É um material leve, com alta absorção de impacto, durável, à prova de fungos, resistente à radiação UV e não é perigoso para a saúde. Com propriedades comparáveis às do EPS, a sua produção também utiliza as mesmas máquinas que o EPS, com ligeiras modificações. O preço, infelizmente, é o dobro do EPS e o tempo máximo de armazenamento são 6 meses.

#### Composição e Propriedades

Proveniente de uma empresa do mesmo grupo, surge o Synterra® PLA, um PLA de 2ª geração produzido a partir de monómeros láctidos puros. O ácido láctico é produzido com açúcares, provenientes da cana de açúcar, livres de GMO. Esta matéria-prima serve de base à criação da BioFoam®.

As propriedades físicas do BioFoam são comparáveis às do EPS e as propriedades térmicas muito semelhantes. O que, conseqüentemente, levou ao interesse da utilização deste material no transporte de substâncias médicas. É um material resistente ao nitrogénio líquido e ao gelo seco. Este material está preparado contra o fogo na classe E do Euro padrão. O peso específico mínimo atingido até então foram 30 kg/m<sup>3</sup>, sendo o máximo possível, segundo a empresa, os 50 kg/m<sup>3</sup>.

#### Processo

A produção da BioFoam® utiliza as mesmas máquinas e moldes que o EPS. A matéria-prima para a pré-formação são as partículas de PLA com um diâmetro de cerca de 0,7-1,5 mm. A estas será adicionado um agente expansor. Para o processo é requerida a impregnação de CO<sub>2</sub> nas partículas numa câmara de pressão; Depois, com apenas uma pequena modificação técnica, as partículas impregnadas são libertados num pré-ex-

pansor de EPS para processar o PLA; Posteriormente é aplicado um revestimento às partículas expandidas; Após o revestimento, o material pode ser armazenado até 2 anos e ser reativado por impregnação do agente de expansão CO<sub>2</sub> (retirado da atmosfera) numa câmara de pressão. O CO<sub>2</sub> alimenta as partículas impregnadas numa máquina de moldagem de EPS.

#### Compostabilidade

Após o seu uso, este material pode ser reformulado, dando origem a um novo produto, reciclado em PLA sólido ou seguir para compostagem. Várias misturas biodegradáveis com bases fósseis e biológicas, durante a compostagem, podem liberar CO<sub>2</sub>, contudo este não é o caso de BioFoam®.

A BioFoam® de 0,035 kg/m<sup>3</sup> não é compostável em casa, ou seja, não se desintegra após 26 semanas de compostagem à temperatura ambiente, como comprovado por testes realizados pelos Sistemas de Resíduos Orgânicos, março de 2010. Esta desintegra-se apenas durante a compostagem industrial a 70°C sob a influência de humidade, bactérias e agitação de acordo com a norma EN 13432.

#### Sustentabilidade

Na produção apenas o CO<sub>2</sub>, retirado da atmosfera, é usado como agente de expansão. Nenhum VOC é emitido nem é adicionado retardante de chama.

Através do uso da biomassa, o CO<sub>2</sub> de ciclo curto é utilizado para o crescimento das plantas, e isso contribui para a redução do efeito estufa, o que constitui novamente uma compensação por parte das emissões na cadeia. Esta cadeia de produção inclui transporte, fermentação de ácido láctico, produção de láctido e polimerização do PLA, onde eletricidade, gás e óleo são usados. Toda a cadeia, portanto, ainda não é neutra em carbono

Tab. 10. BioFoam® vs. EPS

	BIOFOAM®		EPS	
	Peso específico Kg/m³	Valor	Peso específico Kg/m³	Valor
Condutividade Térmica (Mw/Mk)	35	34	30	33
Resistência à compressão (kPa)	40	200	30	200
Fator de compressão (teste de queda)		2,5		2,4
Resistência à Flexão (kPa)	36	300	30	300
Módulo de Young (Mpa)	25	3,2	35	3,2

Fig. 41. Partículas para expansão da Bio Foam®



**COMPOSTABILIDADE BIOFOAM® AMOSTRAS 35 g/L**

temperatura ambiente - sem degradação      70°C - degradação

Tab. 11. Teste de compostagem

No processo de desenvolvimento, a BEWiSynbra esteve sempre empenhada em tornar o CO<sub>2</sub> da BioFoam® neutro. Note-se que não é emissão neutra. As emissões relacionadas às emissões de CO<sub>2</sub> de gás são compensadas anualmente com certificados de CO<sub>2</sub> e, dessa forma, as emissões relacionadas às produções da BioFoam® tornam-se neutras. Desde 2009 que foi atribuído o certificado cradle-to-cradle<sup>3</sup>, estatuto prata. Tem também a maior classificação, atribuída pela empresa alemã DIN Certco, para materiais baseados em fontes biológicas, entre 85 e 100% (BioFoam®; Synterra®; BEWiSynbra Group 2019; Synbra Technology bv 2019; Ashter 2016).

<sup>3</sup> Uma expressão proferida por Walter R. Stahel na década de 1970 e popularizada por William McDonough e Michael Braungart em 2002 no seu livro. Na produção *cradle-to-cradle*, todas as entradas e saídas de materiais são vistas como nutrientes técnicos ou biológicos. Os nutrientes técnicos podem ser reciclados/reutilizados sem perda de qualidade; os nutrientes biológicos são compostáveis ou consumíveis. Por outro lado, *cradle-to-cradle* refere-se a uma empresa que assume a responsabilidade sobre os produtos que produz e descarta, mas não necessariamente os coloca de volta no mercado ou processo produtivo.

## BIO FOAM®

**Termoformagem (utilização das máquinas de EPS)**  
Synterra® PLA, biopolímero de base biológica

### Compostável Industrialmente

#### Certificação

DIN EN 13432 (embalagem compostável)  
*Cradle-to-cradle: Silver*

#### BEWiSynbra Group

Suécia

#### Período máximo de armazenamento

6 meses (sem perda de propriedades)

#### Vantagens

Neutra em CO<sub>2</sub>  
Baixa pegada ecológica  
Boa resistência química contra solventes





Fig. 42. Myco Composite™

## MYCO COMPOSITE™

### ECOVATIVE DESIGN

Myco Composite™ é um biocompósito desenvolvido e patenteado pela Ecovative que surge no mercado para substituir, em muitos casos, as espumas poliméricas tão poluentes da atualidade. Este material é produzido a partir de micélio, os filamentos brancos das raízes dos cogumelos, juntamente com resíduos agrícolas. Sendo o micélio o elemento aglutinante dos constituintes. Esta solução cresce em apenas 9 dias, em tabuleiros, no escuro, sem necessitar de recursos energéticos. Os tabuleiros podem ser facilmente customizados, são eles os moldes e as barreiras ao crescimento do material. É um material livre de plástico com uma produção simples, de baixo custo e com baixo consumo energético. É um material com a certificação cradle-to-cradle: gold e compostável em casa. Tem também boa resistência à água e ao fogo.

#### Ecovative Design

Tudo começou em 2006, quando Gavin McIntyre e Eben Bayer, dois estudantes do Rensselaer Polytechnic Institute (Nova York, EUA), tiveram a ideia de criar um novo material a partir de resíduos agrícolas e micélio. O micélio consiste na raiz do fungo que é a parte vegetativa do cogumelo. Este consiste em filamentos ramificados (hifas), que ajudam a aglutinar e fixar a matéria orgânica morta da qual eles se alimentam. McIntyre e Bayer queriam usar este organismo para cultivar um material com propriedades concorrentes com as do EPS. Com este foco, fundam a sua empresa em 2007, atualmente a Ecovative Design, e lançam-se na indústria de embalagens, apresentando o seu produto como uma alternativa ecologicamente correta ao poliestireno. A Dell foi um dos primeiros fabricantes de renome a utilizar este tipo de inserto nas embalagens dos seus computadores.

#### Composição e Processo

O processo de fabrico do material inicialmente denominado Myco Foam, e agora renomeado para Myco com-

posite, é composto por várias fases.

Primeiro, a Ecovative coleta resíduos agrícolas como palha, cascas de milho, o subproduto do cânhamo, vagens, farinhas e outros resíduos de produtores locais. De seguida os resíduos são esterilizados e é introduzido o micélio. Apenas estes dois elementos, subprodutos agrícolas e micélio, são necessários para formar este material; Posteriormente, a mistura é colocada e selada em moldes. Durante cinco/seis dias o micélio cresce no escuro. Alimentando-se dos resíduos agrícolas, forma uma rede de minúsculas fibras brancas entrelaçadas por dentro e à volta do substrato, preenchendo todo o espaço vazio e formando uma estrutura sólida; Após 4 dias, o molde é removido e as partes são deixadas para crescer durante mais 2 dias, até se obter uma camada aveludada externa de crescimento excessivo; A fase final é secar as peças para impedir o crescimento/propagação futura do micélio, evitando o aparecimento inesperado de cogumelos.

As Bandejas ou moldes utilizados são feitas de plástico PET, que é reutilizável e reciclável. São produzidas por termoformagem através de uma forma sólida previamente fresada por uma máquina CNC.

#### Custo e fim de vida

Num custo equivalente, as vantagens dos produtos "desenvolvidos" pela Ecovative, em comparação com os materiais derivados de hidrocarbonetos sintéticos são significativas. Onde, por exemplo, a produção de um metro cúbico de poliestireno consome o equivalente a 1,5 litros de óleo, o Myco Composite requer muito pouca energia. Toneladas de poliestireno entopem aterros sanitários e poluem os oceanos, levando centenas de anos para se degradarem, mas o Myco composite retorna à Terra na forma de um nutriente depois de completar seu ciclo de vida. É 100% natural, é 100% biodegradável e compostável em casa. Desintegra-se no quintal ou compostor caseiro em apenas 30 dias.



Tab. 12. Propriedades EPS vs. Myco Composite™  
(Adaptado de McIntyre 2016)

PROPRIEDADES	EPS	MYCO COMPOSITE™
Peso específico (kg/m³)	18	80
Resistência à tração (MPa)	80	80
Condutividade Térmica (W/m²)	0.036	0.038
Reação ao fogo (Euroclasses)	Classe E	Classe B
Absorção de água (kg/m²)	0.20	0.38
Crescimentos de fungos (ASTM C1338)	0	0-30
Crescimento de térmita (ASTM D3345)	6	9

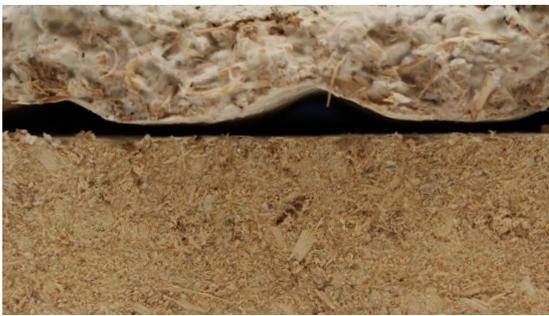


Fig. 44. Myco Composite™

### Certificações

Este material é certificado compostável de acordo com a norma ASTM D6400, pelo BPI. Tem ainda o estatuto mais alto do certificado *cradle-to-cradle*, o estatuto *gold*. Está também rotulado como um produto com uma base 100% biológica. Este rótulo, do Bio Preferred Program, baseia-se na ASTM D6866.

### Parcerias

A Ecovative acaba de inaugurar uma segunda fábrica de produção de embalagens e painéis orgânicos em Nova Iorque. A Ikea anunciou recentemente a sua intenção em usar este material compósito para substituir o poliestireno nas suas embalagens (Living Circular 2016; Nirvana CPH 2016; Ecovative® 2019, 2016; Mushroom Packaging 2019).

Fig. 43. Myco Composite™, Ecovative Design



## MYCO COMPOSITE™

**Cresce em tabuleiros durante 5 dias**  
Micélio + resíduos agrícolas

**Compostável domesticamente**  
30 dias

### Certificações

*Cradle-to-cradle: Gold*  
*USDA Certified* (base 100% biológica)  
ASTM D6400 (materiais e produtos compostáveis)

### Ecovative Design

USA

### Vantagens

Base 100% biológica  
Sem químicos ou aditivos  
Bom isolamento térmico  
Bom isolamento acústico  
Boa resistência ao fogo  
Boa resistência à humidade





## MYCO FLEX™

### ECOVATIVE DESIGN

Fig. 45. Myco Flex™, Ecovative

Myco Flex™ é o mais recente material da Ecovative, uma empresa com sede nos EUA. Este material é muito semelhante ao Myco Composite, distingue-se por ser composto na sua íntegra por micélio puro. Entre as demais aplicações é indicado para situações acolchoadas. Tem vindo a ser utilizado em solas de sapato, assentos, almofadas, tapetes de yoga, roupa, acessórios de beleza, entre outros utensílios. Com o devido design e os produtos certos pode também ser utilizado no embalamento de produtos. É um material 100% biológico e por isso consequentemente biodegradável e compostável em casa.

#### Aplicações

Na área dos têxteis, através da parceria com a Bolt Threads, foi possível comercializar o MycoFlex™ como um substituto ao couro tradicional - um subproduto da indústria de carnes vermelhas. Ainda dentro dos têxteis, no setor do calçado, o objetivo passa por tentar incorporar o Myco Flex™ nas zonas acolchoadas destes produtos. No setor do vestuário, através de parcerias, a empresa pretende criar acolchoamentos (alças de mochilas) e revestimentos térmicos (casacos e luvas).

Na área da beleza, o MycoFlex™ surge como uma alternativa para produtos descartáveis tais como: esponjas de maquiagem, espaçador de dedos, aplicadores de máscaras, aplicadores de loção, chinelos de spa, entre outros utensílios.

#### Composição

Totalmente baseado em cogumelos e plantas, este material é apenas composto por Micélio puro, sendo, por isso, 100% biológico.

#### Processo

De acordo com a Ecovative, o micélio cresce em apenas 9 dias e pode expandir-se em qualquer formato ou tamanho. Isto oferece aos fabricantes mais liberdade de produção e permite reduzir os desperdícios nas linhas

de produção. Durante o processo de fabrico a espuma não é testada em animais.

#### Propriedades

É um material resistente quando comparado a espumas convencionais. É resistente ao calor e apenas derrete a temperaturas ainda mais altas que os plásticos comuns. Este material é considerado um bom isolante térmico, superando as propriedades dos tecidos não tecidos.

O MycoFlex™ apresenta um bom amortecimento e recuperação da forma após impacto, o que é ótimo para a área da embalagem.

É uma espuma respirável, permeável ao vapor de água, porém hidrofóbica - capacidade de repelir a água. É um material hipoalergénico - não causa qualquer alergia para a pele.

Mycoflex™ tem um valor R (resistência térmica) de 4 por polegada, tornando-o um dos isoladores naturais mais eficazes disponíveis atualmente.

#### Compostabilidade

As espumas de micélio oferecem uma alternativa sustentável às espumas de suporte tradicionais usadas em calçados que são de base plástica e não se degradam após o ciclo de vida do produto.

O MycoFlex™ é uma alternativa de espuma vegana, não tóxica, que será biodegradável no final do uso, tornando-se um verdadeiro produto “descartável”. Após utilização decompõe-se em poucos meses em compostagem doméstica.



Tab. 13. Propriedades EPS vs. Myco Flex™  
(Adaptado de McIntyre 2016)

PROPRIEDADES	EPS	MYCO FLEX™
Peso específico (kg/m³)	18	34
Resistência à tração (MPa)	80	200
Condutividade Térmica (W/m²)	0.036	0.032
Reação ao fogo (Euroclasses)	Classe E	Classe E
Absorção de água (kg/m²)	0.20	0.80
Crescimentos de fungos (ASTM C1338)	0	Não testado
Crescimento de térmita (ASTM D3345)	6	Não testado

Fig. 46. Myco Flex™, Ecoovative.



Fig. 47. Myco Flex™, Ecoovative.



Fig. 48. Myco Flex™, impermeabilidade.

## MYCO FLEX™

**Cresce durante 9 dias**  
Micélio puro

**Compostável domesticamente**  
Alguns meses

**Certificações**  
*Cradle-to-cradle: Gold*  
*USDA Certified* (base 100% biológica)  
ASTM D6400 (materiais e produtos compostáveis)

**Ecovative Design**  
USA

**Vantagens**  
Base 100% biológica  
Sem químicos ou aditivos  
Bom isolamento térmico  
Bom isolamento acústico  
Boa resistência ao fogo  
Impermeável à água  
Permeável ao vapor de água



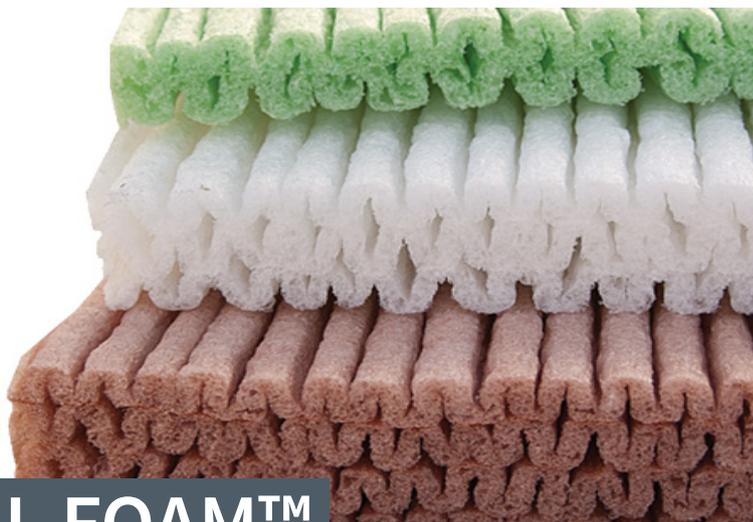


Fig. 49. Green cell foam™

## GREEN CELL FOAM™

### KTM INDUSTRIES INC.

Green Cell Foam™ é um material de embalagem que se encontra disponível no mercado desde 2002. O Green Cell Foam™ apresenta um desempenho que vem competir com as espumas à base de petróleo, ao mesmo tempo que oferece uma alternativa biodegradável e compostável, feito a partir de amido de milho. O objetivo é substituir o poliestireno (PS), poliuretano (PU) e polietileno (PE) nas embalagens de uso único para aplicações de isolamento ou de absorção de impacto.

A empresa oferece serviços de desenho, fabrico e teste das soluções que o cliente pretender. Uma das fábricas da empresa localiza-se em Lansing, Michigan (EUA). Este mesmo material também é comercializado, sob o nome Composta Foam®, pela empresa BioViron™, no Reino Unido (Europa). Porém a prontidão no envio de amostras, rapidez nas repostas e disposição para chamadas skype, levou a que a pesquisa deste material tenha sido desenvolvida através do contacto com a empresa americana. Com a empresa Europeia houve muito menos troca de e-mails e informações.

#### Composição

A principal matéria-prima utilizada na produção do Green Cell Foam™ é milho cultivado nos EUA não GMO, mais concretamente o amido de milho. Este é um recurso renovável anualmente. O Green Cell Foam™ é um material com uma base 100% biológica e consequente e naturalmente antiestático.

#### Processo

A fabricação da espuma é feita utilizando uma extrusora. De acordo com a empresa, esta produção requer 70% menos energia e produz 80% menos gases de efeito estufa do que as espumas à base de petróleo.

#### Propriedades

O GCF apresenta um design ondulado que otimiza o amortecimento e estabiliza a carga. É um material que fornece uma excelente proteção contra choques e vi-

brações, minimizando os danos causados por quedas.

Esta espuma está disponível com peso específico de 37 kg/m<sup>3</sup> a 85kg/m<sup>3</sup>, e disponível em espessuras mínimas de 0,6 cm e 1,3 cm, com tolerâncias de 3 milímetros.

É uma espuma naturalmente antiestática, o que a torna segura para produtos eletrónicos e/ou sensíveis.

O GCF pode custar até 10% mais do que os materiais tradicionais, contudo a empresa afirma que a longo prazo o produto paga-se. Quando se considera o custo de levar materiais para aterro, ou o custo do manuseamento para reciclar estes materiais de embalagem, este material torna-se mais rentável e melhor para o ambiente.

#### Compostabilidade

O GCF é um produto biodegradável, compostável domesticamente e solúvel em água. A sua compostabilidade é certificado pelo BPI, pela norma ASTM D6400. É, ainda, um produto com uma base 100% biológica certificado pela USDA.

A biodegradação deste material é possível em qualquer instalação de compostagem doméstica ou industrial. O GCF é compostável em 60 dias ou menos quando em um ambiente húmido. Tem ainda a possibilidade de poder ser reciclado com o papel ou de ser queimado.

O GCF arde de forma segura em lareiras, fogueiras e centrais elétricas, pode até ser usado como acendalhas para iniciar um churrasco. A queima é uma opção completamente viável porque o amido de milho é cerca de 100% de hidrocarbonetos feitos de carboidratos e água (cerca de 99%) e a sua combustão ao ar livre não produz poluentes químicos. Quando arde, é completamente consumido, como o EPS e outros plásticos leves, que também são 100% hidrocarbonetos. Além disso, ao contrário da madeira e outras substâncias celulósicas, o amido de milho não deixa resíduos. Os únicos produtos da combustão são a água e o CO<sub>2</sub>, o mesmo que no sopor de todo o ser humano.

Tab. 14. Propriedades GCF (Green Cell Foam 2018)

PROPRIEDADES	MÉTODO DE TESTE	VALOR
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	ASTM D3575 (43 segundos)	37 - 85
Fluência em compressão (%)	ASTM D3575 (24 horas)	7% a 6.89x10 <sup>3</sup> Pa
Deformação em compressão (%)	ASTM D3575	4,1% a 3,45x10 <sup>3</sup> Pa 7% a 6,89x10 <sup>3</sup> Pa
Estrutura da célula	ESEM	fechada
Tamanho da célula (µm)	ESEM	200-500
Teste eletrostático (ohms)	EOS/ESD-S11.11-1993 Descarga < 0.1 segundos	10 <sup>9</sup> - 10 <sup>10</sup>
Inflamabilidade (% massa restante)	-	99,5%
Flutuabilidade	ASTM D-3575	dissolve

Fig. 50. Placas de GCF com diferentes espessuras



Fig. 51. Green cell foam Plus, separação do filme da espuma

### Green Cell Foam Plus

O Green Cell Foam Plus é uma versão do material com uma película plástica que atua como uma barreira resistente à humidade. Tornando este material mais resistente em situações de altos graus de humidade como acontece, por exemplo, no transporte marítimo e aéreo.

O GCF+ envolve a espuma num filme de polietileno (LDPE #4). Este filme plástico é facilmente reciclável na maioria das comunidades. Em Portugal seguiria para o ecoponto amarelo. Para o descarte correto do GCF+ é apenas necessário separar o filme e da espuma.

Segundo a empresa, mais proteção não significa menos verde, contudo o ideal seria que este filme, no futuro, fosse biodegradável e compostável também.

### Aplicações

Este material já tem sido ocasionalmente utilizado por algumas empresas do setor automóvel e eletrónico para proteger os seus produtos de forma segura e sustentável. Segue a variada de produtos para os quais a empresa já projetou embalagens: amortecedores, silenciadores, peças de aeronaves, câmaras de vídeo, bombas hidráulicas, computadores, farmacêuticos sensíveis à temperatura, alimentos perecíveis, consolas, sistemas automotivos, para-brisas, janelas... (Green Cell Foam 2018; Paul-Stanton 2016).

## GREEN CELL FOAM™

### Extrusora

Amido de milho não GMO, crescido nos EUA

### Compostável domesticamente

Degrada-se em menos de 60 dias  
Dissolve-se na água  
Reciclável com o papel  
Pode ser queimado

### Certificações

ASTM D6400 (materiais e produtos compostáveis)  
USDA Certified (base 100% biológica)

### Período máximo de armazenamento

sem indicação (amostras armazenadas durante 12 meses não sofreram quaisquer alterações)

### Green Cell Foam™

USA (Green Cell Foam™)  
UK (BioViron™ - Composta Foam®)

### Vantagens

Base 100% biológica  
Produção requer menos 70% de energia  
Produz 80% menos gases de efeito de estufa do que espumas/materiais baseados no petróleo.  
Sem custo inicial de ferramenta  
Produzido com milho não GMO crescido nos EUA  
Naturalmente antiestático  
Versão GCF+ tona-o resistente à humidade





# BIOESPUMA®

## KEHL

Fig. 52. Bioespuma®

A Bioespuma® da Kehl é uma versão biológica da tradicional espuma de poliuretano. É um material cujas matérias-primas são renováveis, podendo ser a cana-de-açúcar, o amido de milho e/ou óleo de mamona. Esta espuma atóxica é biodegradável e compostável. O material precisa de apenas dois anos para se decompor. Este material caracteriza-se por ser um produto barato, com processo de fabricação que não produz resíduos tóxicos e tem baixo gasto energético.

### Composição

A bioespuma® é obtida a partir de produtos naturais, não provenientes de fontes alimentícias, derivados de vegetais (cana-de-açúcar, soja e mamona) e do petróleo (30% da sua composição). Esses ingredientes são tratados por rotas químicas tradicionais que não utilizam microrganismos e se transformam no bio polioliol da kehl, dando origem à bioespuma®. Por outras palavras, a reação originada pela junção do isocianato e do bio polioliol da kehl dá origem ao material em questão. No entanto, o produto final, ainda que tenha uma percentagem de materiais provenientes do petróleo, mantém-se biodegradável sem qualquer consequência ou malefício para o ambiente. A alteração das quantidades de cada componente permite a modificação da densidade da espuma.

### Processo

A bioespuma é obtida através da reação de dois componentes, o polioliol e o isocianato. Quem atribui a abiodegradabilidade é o bio polioliol, já que no isocianato utilizado não há nenhuma modificação. O processamento do polioliol da bioespuma é idêntico ao tradicional.

Para a produção da bioespuma é utilizada uma máquina que mistura quantidades exatas e conhecidas de polioliol e isocianato, conhecida como injetora de poliuretano. A reação ocorre à temperatura ambiente sem a necessidade de nenhuma mudança ou instalação de dispositivos especiais na injetora.

A empresa utiliza moldes de madeira e uma película dentro da qual expande a bioespuma®. Estes moldes de madeira são normalmente desenhados pelos clientes e produzidos por um parceiro externo à empresa.

A película utilizada para envolver a espuma facilita a retirada da espuma do molde e reduz a libertação de sujidade/poeira. Este filme, apesar de não ser biodegradável, pode ser facilmente reciclável. No entanto, a empresa já fez alguns testes com filmes biodegradáveis.

Este filme é normalmente utilizado para peças moldadas. No caso de vasos, por exemplo, em que o objetivo é poderem ser enterrados com a planta, o filme não é aplicável. No entanto a solução formal é imperfeita e irregular, pois não se recorrem a moldes.

### Propriedades

É um material com propriedades que pretende concorrer com o EPS e o EPE. Existe apenas um caso em que a bioespuma não consegue ter um desempenho similar, que é na construção civil. No entanto, a bioespuma apresenta resultados satisfatórios para bloquear impactos em alguns objetos e também para embalagens. Ainda que seja mais frágil e quebradiça que o EPS e o EPE, oferece o mais importante, um bom amortecimento e absorção de impacto.

### Compostabilidade

Testes realizados pelo Departamento de Química Ambiental da Universidade de São Paulo mostram que a bioespuma® é um material com alto conteúdo de base biológica. Os sólidos voláteis, os quais associados à matéria orgânica, compõem 99,6% dos sólidos totais, que perfazem um total de 99,1%. Estes testes não são certificados, mas seguiram as indicações da norma DIN EN 13432.

Foram também seguidas as indicações das normas da ASTM. Durante os testes verificou-se que a bioespuma®

Fig. 53. Vaso com Bioespuma® da Kehl



Fig. 54. Amostra expandida em molde de madeira

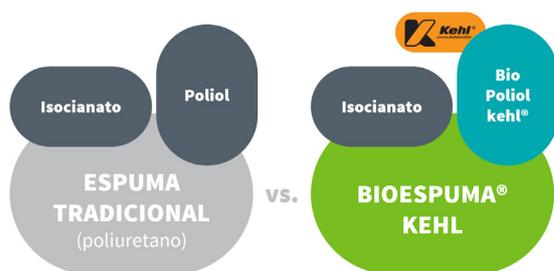


Fig. 55. Reação tradicional vs. reação kehl (Adaptado de Kehl® 2006)

degrada-se em dois anos na presença do oxigênio e em torno de três anos em ambientes sem oxigênio. Porém a decomposição pode ocorrer em até seis meses em ambientes que favoreçam o desenvolvimento de microrganismos, como um aterro a céu aberto.

Nos testes realizados, concluiu-se que na reação dos dois componentes, o isocianato transforma-se em matéria orgânica.

### Aplicações

Esta espuma foi desenhada para ser utilizada em três grandes áreas. A primeira é nas embalagens para a indústria eletroeletrônica; a segunda é na área agrícola, onde a espuma pode ser utilizada como substrato de crescimento para mudas e sementes; a terceira é nas embalagens descartáveis. No setor agrícola, a Bioespuma substituiria a espuma fenólica, e na área de embalagens, o EPS e o EPE.

### A empresa

A Kehl é uma empresa com mais de 40 anos cuja filosofia reside na procura de processos e matérias-primas de baixo custo, sobretudo com baixo impacto ambiental.

É também conhecida pelas parcerias com universidades através das quais realizam os testes aos seus produtos (Kehl® 2006; Esteves 1999; Associação Nacional dos Inventores 2010).

## BIOESPUMA

### Foam in place

Bio Polioliol Kehl (óleo de mamona + amido + óleo de soja) + Isocianato

### Compostável domesticamente

6 a 24 meses

### Certificações

Sem certificações de momento, contudo foram feitos testes segundo as normas DIN EN 13432 (embalagem compostável) e ASTM D6400 (materiais e produtos compostáveis)

### Período máximo de armazenamento

sem indicação (as amostras que tivemos durante 6 meses oxidaram contudo não sofreram quaisquer alterações no desempenho)

### Kehl

Brasil

### Vantagens

Recorre a produtos de fonte não alimentar  
Livre de parasitas  
Tecnologia de baixo custo (injetora de poliuretano de baixa pressão + moldes de madeira)  
Fácil de ajustar às necessidades de cada cliente

#### 2.8.2.1

### **TABELA SÍNTESE DOS MATERIAIS**

De forma a sumarizar a investigação de biomateriais foi elaborada uma tabela com as principais características de cada material. Enaltecendo aquelas que estão diretamente relacionadas com o fim de vida dos materiais, o principal foco desta investigação.

Desta forma, apresenta-se os sete possíveis substitutos do EPS e do EPE, bem como, e já estabelecendo alguns pontos de comparação, incluímos nesta tabela o próprio EPE e EPS.

Nesta tabela os materiais encontrados no mercado dos dias de hoje são numerados pela mesma ordem que aparecem na pesquisa de mercado. Cada um deles é exposto, respondendo aos seguintes parâmetros: nome, fornecedor, localização, processo produção, composição, fim de vida, base, certificações (comprovando o conteúdo de base biológica e a compostabilidade) tempo máximo de armazenamento e algumas vantagens relevantes e diferenciadoras na fase posterior de seleção de um material.

Tab. 15. Síntese da pesquisa de mercado dos biomateriais em comparação com o EPS e o EPE.

MATERIAL	Fornecedor	Localização	Processo Produção	Composição	Fim de vida	Base	Certificações	Tempo máximo de armazenamento	Vantagens
ECOVIO®EA	Basf	Alemanha	Termoformagem (máq. = EPS e EPP)	Ecoflex® + PLA	Compostável Industrialmente (5 semanas)	Parcialmente biológica	DIN EN 13432**	6 meses	Min. condutividade Térmica (34 mW / mK); resistência contra solventes; Sem retardantes de chama; resiste até 100 ° C.
FIBI-BUFFER	Fibibuffer	Holanda	Através da termoformagem são criadas concavidades no filme onde são inseridos os blocos de espuma	Filme Bio-Flex® F1130 (Fkur) + Ecovio® EA (BASF)	Compostável industrialmente	Parcialmente biológica	Sem certificações	espuma: 6 meses; filme: longa duração sem humidade e radiação UV	Flexibilidade e versatilidade da Solução.
BIOFOAM®	BEWI synbra	Suécia	Termoformagem (máq. = EPS)	Synterra® PLA	Compostável industrialmente	Parcialmente biológica	DIN EN 13432** Cradle-to-cradle****; Silver	6 meses	Neutra em CO2; Baixa pegada ecológica; Boa resistência contra Solventes.
MYCO COMPOSITE™	Ecovative Design	EUA	Cresce em tableiros durante 5 dias	Micélio + resíduos agrícolas	Compostável domesticamente (30 dias)	100% biológica	ASTM D6400*** Cradle-to-cradle****; Gold USDA Certified	-	Sem químicos ou aditivos; bom isolamento térmico e acústico; boa resistência ao fogo; boa resistência à humidade.
MYCO FLEX™	Ecovative Design	EUA	Cresce em tableiros durante 9 dias	Micélio puro	Compostável domesticamente (alguns meses)	100% biológica	ASTM D6400*** Cradle-to-cradle****; Gold USDA Certified	-	Sem químicos ou aditivos; bom isolamento térmico e acústico; boa resistência ao fogo; impermeável à água; permeável ao vapor de água.
GREEN CELL FOAM™ / COMPOSTA FOAM®	KTM Industries Inc./BioViron™	EUA / UK	Extrusora (placas)	Amido de milho	Compostável domesticamente (60 dias); dissolve-se na água; reciclável com papel; pode ser queimado	100% biológica	ASTM D6400*** USDA Certified	Amostras armazenadas 12 meses não sofreram quaisquer alterações	Produção requer menos 70% de energia; produz 80% menos gases de efeito de estufa do que EPS/EPE; sem custo de ferramenta; produzido com milho não GMO; antiestático; GCF+tona-o resistente à humidade.
BIOESPUMA®	Khel	Brasil	Injetora de poliuretano de baixa pressão	Bio Poliul Kehel (óleo de mamona + amido + óleo de soja) + Isocianato	Compostável domesticamente (6 a 24 meses)	Parcialmente biológica	Sem certificações	Amostras armazenadas 6 meses apenas oxidaram sem perderem propriedades	Recorre a produtos de fonte não alimentar: livre de parasitas; produção simples; tecnologia de baixo custo; fácil de ajustar.
EPS	Petibo *	Portugal	Termoformagem	Poliestireno	Reciclável (opção dispendiosa), reutilizável ou acaba em aterros	Combustíveis fósseis	-	Longa duração (vários anos)	Muito leve; excelente amortecimento com pouco material; boa resistência mecânica, à humidade e químicos; baixa condutibilidade térmica
EPE	Inapa*	Portugal	Extrusora (placas)	Poliétileno	Reciclável (opção dispendiosa), reutilizável ou acaba em aterros	Combustíveis fósseis	-	Longa duração (vários anos)	Leve; boa capacidade de amortecimento; resiliente; resistente à humidade e químicos; livre de CFC's e HFC's; bom isolamento térmico e acústico.

\* principais fornecedores do departamento de embalagem da Bosch

\*\* embalagem compostável

\*\*\* materiais e produtos compostáveis

\*\*\*\* na produção cradle-to-cradle os nutrientes podem ser reciclados/reutilizados e/ou compostáveis/consumíveis. Refere-se a uma empresa que assume responsabilidade sobre os produtos que produz e descarta (ver definição completa na pág. 59, nota de rodapé 2)

## 2.8.3.

**EMBALAGENS/INSERTOS BIODEGRADÁVEIS**

**Nesta secção, pretende-se apresentar embalagens e/ou insertos que utilizam os materiais apresentados anteriormente. Desta feita, objetiva-se perceber como têm sido aplicados; e ainda, como têm sido desenhados os insertos perante as propriedades inerentes a cada material. Tirando partido das suas potencialidades, ao mesmo tempo que se percebe as suas limitações. Não menos importante, posteriormente, seguem-se algumas imagens de soluções, com outros materiais biodegradáveis, já implementadas na Bosch.**

**ECOVIO® EA**

A embalagem da BASF vem competir diretamente com EPS nas embalagens/caixas de transporte de peixe. A base resulta da combinação de ácido polilático (70%) e poliéster Ecoflex (30%), o grânulo é muito semelhante ao poliestireno expandido e pode, por isso, utilizar os mesmos moldes que utiliza o EPS. De acordo com a empresa, oferece as mesmas propriedades antichoque que o EPS e apresenta melhor resistência química e

térmica. Para além de possuir alto conteúdo renovável, ser biodegradável e compostável industrialmente de acordo com a norma EN 13432. De notar que a BASF é um dos principais produtores de EPS para embalagens e com o ecovio EA oferecerá, portanto, uma alternativa bio. Para diferenciar os produtos de PLA, a empresa propôs que este material tivesse um tom específico (caramelo) como vemos nas imagens, bem como o seedling logo, como vemos na imagem 58.



Figs. 56-58. Ecovio® EA - Caixa para peixe. Amostra cedida pela BASF através da Petibol

**FIBI-BUFFER**

O FIBI-buffer é uma solução bio, composta por um filme da Fkur e blocos de espuma da BASF, adequada para proteger uma ampla gama de produtos, como os exemplos práticos que se observam nas imagens abaixo. É uma solução cujo padrão dobrável e flexível torna possível tal característica.

Na primeira imagem vemos uma peça metálica que foi fácil e rapidamente protegida. Sem grandes problemas a solução acompanha a forma da peça, permitindo o

embalamento com pouco volume. Consequentemente, poder-se-á reduzir o volume da caixa exterior ao mesmo tempo que o produto continua bem protegido.

Na segunda imagem temos o exemplo de um produto eletrónico onde foram aplicados cantos fechados e superfícies planas de forma a proteger todo o equipamento contra possíveis quedas e solavancos durante o transporte.

Na última imagem, observamos o pormenor de um canto de uma peça de mobiliário, que com apenas três

módulos da solução, fica completamente protegido. É uma solução ótima para cantos, bordas e superfícies quer de objetos pequenos quer de objetos de maiores

dimensões. O posicionamento inteligente permite a proteção das partes mais vulneráveis da peça com um número reduzido de módulos.



Figs. 59-61. Aplicações do FIBI-buffer

### BIOFOAM®

Greeny é uma linha de recipientes térmicos para gelados produzidos a partir da Biofoam® da BewiSynbra, em PLA. Pode ser considerada uma alternativa, certificada como compostável industrialmente, ao clássico EPS. É um dos primeiros produtos que foi, e ainda é, comercializado com este material, a Biofoam®.



Figs. 62-63. Caixa de gelados em Biofoam® da BewiSynbra

### MYCO COMPOSITE™

Na primeira imagem, consegue-se observar um aparelho de iluminação LED e respetiva embalagem. Esta solução surge em 2013, com o objetivo de oferecer aos clientes uma experiência de um produto premium segundo Rich Brilliant Willing, designer e fabricante de soluções de iluminação de interiores em Nova Iorque. A empresa defende que os clientes dão muita importância à embalagem, principalmente em produtos de qualidade. Assim a embalagem bio da Ecovative Mushroom® Packaging foi a solução ideal para esta solução de iluminação. A empresa também sabia que seria uma embalagem inovadora e que estaria nas primeiras empresas a utilizar este material. Antes da pri-

meira distribuição, a embalagem já tinha sido introduzida através de um artigo na revista Packaging World.

Na segunda imagem encontra-se uma embalagem de uma garrafa da Merck Forest and Farmland Centre. Esta é uma organização sem fins lucrativos que se dedica a ensinar e demonstrar a gestão inovadora e sustentável de florestas e terras agrícolas. Esta garrafa, cuja produção rondou as 1000 unidades, em 2015, pretende, através da embalagem, concretizar e materializar os princípios defendidos pela organização, afastando a utilização da utilização de espumas convencionais. Até ao momento, as críticas dos clientes foram positivas e a empresa espera que outros fabricantes passem a considerar estes meios alternativos para o envio de seus produtos.

A terceira imagem é exemplo do trabalho em parceria da Keap com a Ecovative no embalamento dos seus produtos. A Keap é uma empresa que faz, sobretudo, velas à mão. Para manter o seu foco na sustentabilidade a Ecovative desenhou esta embalagem compostável para ajudar a Keap a atingir as suas metas. A Keap, em 2018, deu um passo inovador na área das embalagens que utilizam também uma fita e uma etiqueta compostável.

Na última imagem, é visível o inserto em myco composi-

te que resulta da parceria da Ecovative com a Dell. Nesta parceria foi desenhado um inserto biodegradável para embalagens de alto desempenho para substituir peças de espuma de polietileno (EPE) comumente utilizadas pela empresa. Estas peças são fundamentais na proteção de grandes embalagens para os servidores Dell. A equipe de design da Ecovative trabalhou com os engenheiros de embalagem da Dell para criar um inserto que protegesse os discos rígidos dos servidores contra as forças G's em caso de queda.



Figs. 64-67. Aplicações do Myco Composite

### MYCO FLEX™

Esta espuma ainda não é utilizada em embalagens, desviando-se uma pouco do objetivo desta pesquisa, no entanto, poderá ser uma aplicação futura. Abaixo seguem-se algumas imagens de aplicações atuais desta espuma, que levam a crer que esta poderá ser um potencial material para a embalagem.



Figs. 68. Chinélos descartáveis em Myco Flex



Figs. 69-70. Aplicações do Myco Flex: Estética e calçado



Figs. 71-75. Cantos e placas de GCF - possíveis insertos com este material

### GREEN CELL FOAM™

Nas primeiras imagens, figuras 71 a 75, conseguimos ver as possibilidades simples e eficazes para implementação do Green cell foam. Este material é indicado para produtos pequenos, médios e grandes, com peso baixo e médio. Porém é sempre relativo e cada solução deve ser analisada em particular. Estas imagens, mostram que dois ou quatro cantos podem ser suficientes para transportar e proteger um produto. Mostram, ainda, a possibilidade de cortes, que a empresa oferece. Finalmente, na figura, 75, observamos a versão *Plus* do GCF. Um solução com um filme plástico que torna a embalagem resistente à humidade.

Nas figuras, 76 a 78 o desafio foi, mais do que calcular o material necessário para proteger os respetivos produtos, imobilizar os produtos dentro das caixas, preenchendo o volume livre. Só assim os produtos são transportados imóveis, reduzindo as vibrações, e seguros, em caso de queda.

Nas imagens 79 a 82 podemos observar insertos desenhados com outros propósitos. Na figura 79, os insertos, para além de imobilizarem o produto, beneficiam do melhor desempenho do material. Isto porque, apesar das duas direções dos flutes do material terem boas capacidades de amortecimento, uma delas tem melhor desempenho. Assim as camadas que compõem a peça foram coladas com os flutes perpendiculares. Na figura 80, o principal objetivo foi o aproveitamento do material. Para isso foi adicionado um filme que permite que as partes centrais da placa, recortadas, rodem 45° para se tornarem o apoio lateral do produto em questão. Nas figuras 81 e 82, observamos o embalamento do Echo360 SafeCapture HD. O peso do produto é de cerca de 5 kilos sendo protegido com apenas duas peças de GCF. A combinação do robusto papelão ondulado da Great Northern com o Green Cell Foam oferece a resistência necessária para proteger os envios para todo o mundo pelas transportadoras tradicionais (UPS e FedEx). A embalagem é certificada pela ISTA (Associação Internacional de Trânsito Seguro).

Figs. 76-78. Enchimentos de embalagens no mercado que utilizam o GCF



Figs. 79-82. Design de soluções em GCF visando o aproveitamento e o desempenho do material

### BIOESPUMA®

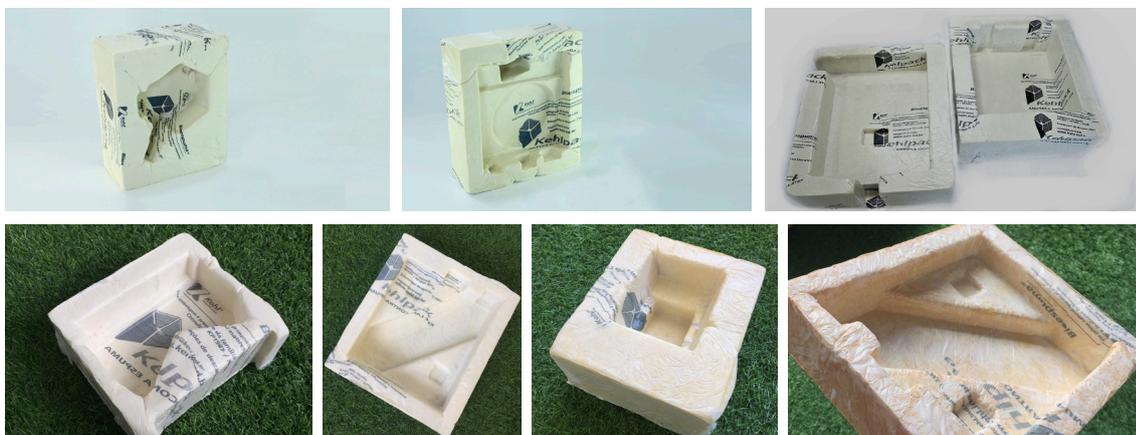
Nas primeiras imagens, figuras 83 a 85, conseguimos ver alguns exemplos de produtos moldados pela Kehl. Esta imagens são retiradas do portfólio online do site da empresa.

Nas imagens 86 a 89, estamos perante amostras que a Kehl cedou à Bosch, a pedido para esta investigação, para que se pudesse fazer alguns testes. Estas peças foram produzidas em moldes de madeira, com uma in-

jetora de baixa pressão, onde foi misturado o bio polioli, patentado pela Kehl, com o isocianato.

Estas peças têm longa duração depois de expandidas, o único ponto negativo é a oxidação quando expostas à luz solar direta. Contudo, nada que não se possa evitar no armazem, e que nunca acontece depois da embalagem ser fechada. Na última figura vemos o exemplo de uma amostra que esteve exposta ao sol.

Figs. 83-85. Peças na Bioespuma da Kehl utilizando a tecnologia *foam in place*



Figs. 86-89. Amostras fornecidas peças Kehl, injeção em moldes de madeira

Como referido anteriormente, seguem-se algumas imagens de insertos e embalagens biodegradáveis já implementadas na Bosch, ainda que em poucos produtos. Esta embalagens marcam uma mudança de mentalidade no departamento de embalagens da Bosch, Ovar, bem como um incentivo à procura de novos e distintos materiais de embalagem para serem introduzidos.

### PAPER FOAM®

O *Paper foam* é composto por uma mistura de amido industrial, fibras de celulose e água. Este componentes são

injetados em moldes para dar forma a insertos de vários tamanhos. O *Paper foam* pesa cerca de 180 gramas por litro. O que se traduz em possíveis reduções de 40% do peso em comparação com os produtos tradicionais. É um material certificado pela ISO 9001 e 27001 (PaperFoam® 2018).

O primeiro inserto apresentado faz parte de uma embalagem comercializada atualmente, já o segundo é apenas uma amostra. Nos dois insertos vemos gravada a indicação do fim de vida correto. É um material que pode ser reciclado com o papel ou compostado em casa.



Figs. 90-91. Inserto em *Paper foam* utilizado na Bosch

Figs. 92-93. Amostra de inserto em *Paper foam*

### POLPA DE BAGAÇO

Nas imagens ao lado vemos um inserto em polpa de bagaço, cujo material é 100% biodegradável, e as matérias-primas são de origem biológica em recursos renováveis. A amostra, de cor branca, pode ser produzida em qualquer cor e injetada de forma a obter-se diferentes características, nomeadamente, resistente à água, óleo e anti-estática. As peças da polpa de bagaço também podem assumir diferentes formas, dependendo do molde. É um inserto de imobilização e proteção de equipamentos eletrónicos, cosméticos, alimentos, na indústria médica, linha industrial e outras indústrias.



Figs. 94-95. Amostra de inserto em polpa de bagaço

### POLPA DE PAPEL™

Este material já é utilizado há alguns anos na Bosch, bem como o cartão para criar insertos. Este material é biodegradável, no entanto, é preciso considerar o método de fabrico e os químicos adicionados, ou não, no fabrico da polpa ou do cartão. O ideal seria escolher um fabricante certificado para o bem do ambiente no fim de vida do material.



Figs. 96-97. Amostra de inserto em polpa de papel

### KORRVU®

Esta solução, já implementada na Bosch, garante que o produto segue imóvel, protegendo-o de choques e vibrações após várias quedas. É uma solução versátil, que ocupa pouco espaço, fácil de se adequar a diferentes produtos. Para que toda a solução seja biodegradável é preciso garantir que o filme anti-deslizante o seja, visto que o cartão pode ser, como vimos anteriormente. Todavia pode ser reciclada com o papel porque a quantidade plástica utilizada corresponde a uma percentagem baixa comparativamente ao cartão.



Figs. 98-99. Embalagem em korrvu implementada na Bosch

## 2.9.

## REQUISITOS DAS EMBALAGENS

## 2.9.1.

### SELEÇÃO DE MATERIAIS

**Neste capítulo o objetivo é perceber os requisitos que permitem a validação de um material e de uma embalagem. Com base na estrutura desta investigação, cujo objetivo é a implementação de um novo material e, conseqüentemente, uma nova embalagem para a Bosch, os requisitos estão divididos em dois subcapítulos. No primeiro serão abordados os testes e as normas que os validam, visando a seleção de um material; No segundo serão abordados os testes, comumente realizados na Bosch, que se regem segundo uma norma, que ditarão a validação e/ou reprovação da embalagem.**

Na seleção de materiais existem dois testes que validarão ou não cada material. Estes testes foram selecionados com base numa norma, e com base nos procedimentos a que, normalmente, são submetidas as embalagens na Bosch. Estes procedimentos, por sua vez, seguem uma norma também. Desta forma esta seleção de materiais divide-se em duas fases com diferentes requisitos: Teste de impacto e Teste climático.

#### TESTE DE IMPACTO (AMORTECIMENTO)

Na primeira fase os materiais serão submetidos a um teste de impacto, que se regue segundo a norma ASTM D1596-14 (Método de teste padrão para características de amortecimento dinâmico de choque do material de embalagem). Este método abrange um procedimento para obter características de amortecimento dos materiais.

Os dados podem ser utilizados para o desenvolvimento de uma curva de amortecimento e utilizados para comparação entre diferentes materiais. Não devem ser utilizados para prever o desempenho de uma embalagem.

De uma forma resumida, e salientando as indicações mais relevantes, segundo a ASTM D1596-14, a máquina deve ter uma base plana assim como o impactor (fig.100). A base do impactor deve ser paralela à base onde está a amostra. A placa de queda (impactor) deve ter condições para se adicionar peso e ajustar a sua massa ao valor desejado. O teste aceita que o impactor seja influenciado pelo atrito do sistema de guia e pela resistência do ar. A falta de rigidez e os vários ele-

mentos móveis do equipamento podem causar, ainda, vibrações indesejáveis que são registradas na curva de tempo e aceleração.

Um acelerômetro montado no impactor e conectado a um sistema de recolha de dados regista o choque experimentado durante o impacto no corpo de prova. Alterando as variáveis, como velocidade de impacto, carga estática e o número de impactos para qualquer teste, é possível desenvolver características dinâmicas de amortecimento de choque do material.

É necessária instrumentação para medir a velocidade do impacto com uma precisão de  $\pm 2\%$  do valor real. Acelerômetros, condições de sinal e aparelhos de armazenamento de dados são necessários para monitorizar a aceleração vs. tempo.

O número de amostras para cada teste depende do grau de precisão desejado e da disponibilidade de materiais. No entanto, recomenda-se três amostras para cada teste. As amostras devem ser quadradas com dimensões máximas inferiores às do impactor. Recomenda-se que as dimensões mínimas de comprimento e largura sejam 101,6 por 101,6 mm. Os dados também podem ser afetados pela área da amostra, espessura, e outros fatores.

Os dados obtidos (curvas de amortecimento) devem ser utilizadas para comparação entre materiais de forma a perceber os que demonstram melhor desempenho no momento de amortecimento do impacto (ASTM D1596-14 2014).

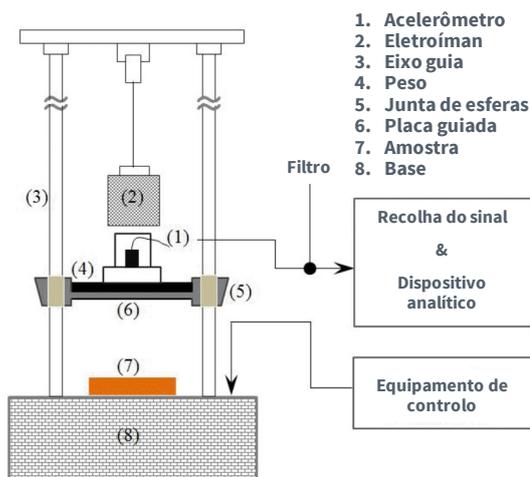


Fig. 100. Configuração do teste de impacto/amortecimento

### TESTE CLIMÁTICO (CONDICIONAMENTO ATMOSFÉRICO)

Na segunda fase os materiais serão submetidos a um teste climático, ou de condicionamento atmosférico. Para este é necessário uma câmara climática, para criar ambientes com temperatura e humidade controladas, de acordo com ISTA 2A 2008. A ISTA 2A é a norma utilizada para este teste, na Bosch. O objetivo principal é simular as condições atmosféricas que o produto enfrentará nos processos de distribuição e armazenamento para evitar problemas que possam ocorrer nessas circunstâncias.

A câmara climática é um equipamento utilizado para testar os efeitos das condições ambientais específicas numa embalagem. Porém, neste caso em específico, a câmara será utilizada para testar os materiais e argumentar a favor da sua aprovação ou rejeição. Sabendo que um material tem de passar determinados ambientes dentro de uma embalagem, a câmara climática, vai atuar como um requisito durante a seleção dos materiais nesta investigação.

Os requisitos do equipamento estão definidos de acordo com a ASTM D 4332. A câmara climática deve poder controlar a temperatura e a humidade relativa continuamente (pelo menos a cada 5 minutos). A precisão do dispositivo de medição não deve exceder 0,1 °C e 1% da humidade relativa. Este equipamento deve permitir uma faixa entre -55 °C e +55 °C para a temperatura e uma faixa entre 30% e 90% para a humidade relativa.

Quando não existe informação por parte do desenvolvimento do produto, relativamente aos parâmetros climáticos, é utilizada a versão standard de 23°C e 50% de humidade relativa para realizar o teste climático de uma embalagem. No entanto, como o estudo não é direcionado para um projeto específico, pretende-se avaliar os materiais independentemente do produto ou embalagem onde serão aplicados. Assim, analisou-se o panorama geral de empresa e os cenários mais agressivos

com base nos centros de produção (Portugal, China, México e Alemanha) e distribuição (Greer, Singapura, Tilburg e Lincoln) da empresa.

Desta forma, juntamente com o departamento de embalagem da Bosch, decidiram-se os parâmetros do teste, quando o objetivo é testar o pior cenário. Só deste modo se garante que o material está preparado para circular entre qualquer um dos centros de produção e distribuição. Parâmetros estes que estão de acordo com a norma, em qual, a Bosch se baseia para a realização de tais testes - ISTA 2A. Na tabela seguinte podem-se observar os parâmetros definidos (BOSCH 2018).

TESTE	TEMPO	TEMPERATURA	HUMIDADE
1º	72 horas	38° C	85%
2º	72 horas	-29° C	não controlada
3º	72 horas	60° C	não controlada

Tab. 16. Parâmetros do testes climático

Este testes têm, portanto, um duração total de nove dias, com os materiais dentro da câmara climática. Fim do este tempo, será altura de analisar se algum dos materiais sofreu alguma alteração, quer na forma, cor ou desempenho. Esta análise é normalmente feita a olho nu através do manuseio das amostras testadas.



Figs. 101-102. Câmara climática Bosch

## 2.9.2.

**VALIDAÇÃO DAS EMBALAGENS****TESTE DE COMPRESSÃO (VERTICAL)**

O primordial objetivo deste teste é simular uma situação de empilhamento com base na aplicação de uma força predefinida. É um método para testar a resistência à capacidade de carga de uma embalagem de transporte completa, cheia ou vazia no sentido do empilhamento. Este tipo de teste pode ser realizado para investigar os efeitos da compressão (deformação, colapso ou falha) ou para medir a capacidade da embalagem de suportar um sistema de distribuição.

No teste de compressão vertical, os requisitos do equipamento utilizado devem estar em conformidade com a norma ASTM D 642.

O equipamento de compressão consiste em duas placas horizontais planas que podem ser movidas verticalmente por meio de guias em relação umas às outras, por um mecanismo acionado por motor ou sistema hidráulico. A pressão deve ser aplicada através do movimento uniforme da placa superior e/ou inferior a uma velocidade relativa de 13 mm/minuto.

Neste teste, através do peso do produto, é calculada a força máxima que a caixa tem que suportar para passar no teste. Este cálculo é traduzido pela seguinte equação.

$$FC = [m * (NE - 1) * A * g] * B$$

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADE	VALOR
<b>FC</b>	Força de compressão	N	?
<b>m</b>	Massa do produto	Kg	?
<b>NE</b>	Número de Embalagens (empilháveis)	unidades	?
<b>A</b>	Fator de compensação	-	5
<b>g</b>	Aceleração da gravidade	m/s <sup>2</sup>	9,81
<b>B</b>	Fator de compensação de tempo e compressão	-	1,4

Através de um software, utilizado para este teste, é possível obter uma curva de força por deslocamento.

Os procedimentos para o método de realização deste teste, adotados pelo departamento de embalagem da Bosch, Ovar, têm por base a ISTA 2A 2008.

Após o teste, a embalagem ainda deve estar em boas condições visíveis e o produto deve estar em conformidade com as suas especificações. Se assim estiver, a embalagem e o produto seguem para o próximo teste.

No final do teste existe sempre uma tolerância de danos na embalagem. Assim, são aceites alguns arranhões ou pequenas rugas na embalagem, contudo, não são aceites rasgões na caixa, patilhas rasgadas, bordas ou partes da caixa muito deformadas, ou o produto não estar a funcionar (BOSCH 2018).



Figs. 103-104. Equipamento Bosch para o teste de compressão

**TESTE DE VIBRAÇÃO**

O objetivo deste teste é reproduzir e simular a vibração vertical produzida durante o manuseio e transporte das embalagens. O equipamento pretende duplicar os efeitos negativos da vibração de veículos, principalmente os camiões, conseguindo-se prever a existência, caso haja, de consequências por vibração.

No teste de vibração, os requisitos do equipamento devem estar em conformidade com a norma ASTM D 4728.

O equipamento é composto por uma mesa vibratória plana, horizontal, rígida e com tamanho razoável, excedendo a dimensão da embalagem.

O funcionamento do equipamento é realizado por vibração fixa ou oscilação constante. O mecanismo deve ser capaz de vibrar a mesa o suficiente para oscilar quase sinusoidalmente na direção vertical.

Como o principal objetivo deste teste é determinar a interação entre o produto e a própria embalagem, é recomendável fixar o produto embalado na mesa por meio de tiras ou cordas. No entanto, deve-se ter cuidado e evitar qualquer dano à embalagem causado pela fixação da mesma.

O método utilizado para a realização deste teste, adotado pelo Bosch, Ovar, tem por base a ISTA 2A 2008.

Para a realização do teste, a embalagem é colocada na plataforma e aumentada então a frequência até ao valor pretendido. A duração deve ser no mínimo de 30 minutos, todavia, existe uma tabela com exemplos de vibração de deslocamento fixo para que se possa escolher a opção indicada. Pois existe uma relação entre a duração do teste e a frequência utilizada, que é dada pela seguinte fórmula.

$$\text{Duração do teste [minutos]} = \frac{14.200 \text{ Impactos Vibratórios}}{\text{Ciclos por minuto (CPM) ou [Ciclos por segundo (Hz) *60]}}$$

CICLOS POR MINUTO	Hz	DURAÇÃO (MIN)
150	2.5	95
180	3.0	79
210	3.5	68
240	4.0	60
270	4.5	53
300	5.0	48

Tab. 18. Exemplos de vibração por deslocamento fixo (Adaptado de BOSCH 2018)

A tolerância de danos admite arranhões ou pequenas rugas na embalagem, contudo, não admite arranhões no produto, o deslocamento do produto, o deslocamento dos inserts, patilhas rasgadas ou o não funcionamento do produto (BOSCH 2018).

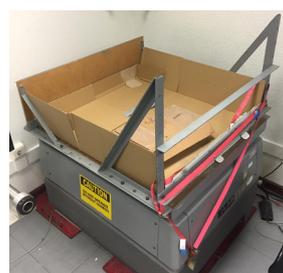


Fig. 105. Equipamento Bosch para o teste de vibração



Fig. 106. Simulador de vibração do transporte

### TESTE DE QUEDA (LIVRE)

O teste de queda determina a capacidade de um produto embalado suportar os impactos previstos durante a distribuição. É o teste mais agressivo para as embalagens devido às elevadas desacelerações a que o produto está sujeito quando a embalagem colide com uma superfície sólida e plana. É através deste método que se possibilita a compreensão do desempenho e do desenho dos inserts e do material utilizado, respetivamente.

Os requisitos do equipamento utilizado no teste de queda livre devem estar em conformidade com a norma ASTM D 5276 e ASTM D 880, segundo o regulamento escrito e aprovado pela Bosch, a 10 agosto de 2018.

O equipamento utilizado deve permitir a elevação da embalagem sem que esta seja danificada, bem como deve garantir que na altura de a soltar, o mecanismo não esteja a obstruir a queda, danificando a embalagem.

A velocidade a que a embalagem atinge o chão, permite calcular a energia de impacto que o material de proteção deve ser capaz de suportar. O deslocamento é

a capacidade que o material de proteção oferece de absorção de desacelerações e energias de impacto. Quanto mais curto esse deslocamento, maior será o valor de desaceleração do produto/embalagem.

A altura da queda varia de acordo com o peso da embalagem, podendo ir dos 970 mm a 310 mm. Normalmente o teste acontece a 970mm de altura, sobretudo quando são embalagens cujo peso permite que o utilizador as manuseie e transporte nas mãos. Para esta altura são aconselhadas 10 quedas segundo a ordem da tabela a seguir. Começa-se pelas faces de maiores dimensões até às de menores dimensões. As quedas finais são compostas pelas laterais que tem ligação ao canto mais fraco (junta de fabrico da caixa, aresta 2-3 e 3-5, e por último, o canto mais fraco da caixa (canto 2-3-5). Este teste tem por base a ISTA 2A com algumas modificações.

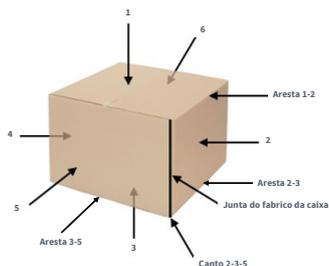


Fig. 107. Identificação dos cantos, arestas e faces da embalagem

SEQUÊNCIA	ORIENTAÇÃO
1	Face 6
2	Face 5
3	Face 4
4	Face 2
5	Face 3
6	Face 1
7	Aresta 3-5
8	Aresta 2-3
9	Junta do fabrico da caixa
10	Canto 2-3-5

Tab. 19. Sequência e orientação para o teste de queda (Adaptado de BOSCH 2018)



Fig. 108. Equipamento utilizado para libertar a embalagem

A avaliação final é realizada através da análise da caixa, tendo atenção ao seu aspeto e se está sem danos permanentes, não impedindo o seu transporte. Depois dessa validação, é feita a análise ao produto e se o mesmo está a funcionar corretamente. Em alguns casos é utilizado um acelerómetro para medir os G's de cada queda. A medição do G's é normalmente efetuada quando o departamento do desenvolvimento do produto indica ao desenvolvimento da embalagem que existem requisitos G's para um determinado produto. Normalmente os produtos como as câmeras de vigilância, com bloco ótico, são aqueles que seguem sempre com requisitos G's.

A tolerância de danos para o teste de queda admite arranhões ou pequenas rugas na embalagem e cantos e arestas danificadas. Porém, não aceita arranhões no produto, o deslocamento do produto, o deslocamento dos insertos, patilhas rasgadas, caixa rasgada, ou o não funcionamento do produto (BOSCH 2018).

## SÍNTESE DO CAPÍTULO

O uso de materiais não biológicos ou não biodegradáveis tem feito aumentar as preocupações ambientais. Para combater estas preocupações os biopolímeros têm ganho cada vez destaque e começa a ser cada vez mais frequente ver embalagens que utilizam biopolímeros. Isto é resultado das várias soluções atualmente existentes no mercado. O objetivo é tornar as embalagens bio cada vez mais comuns de modo a que haja um decréscimo no seu preço. E, ainda, fomentar o descarte sustentável das embalagens para o bem do oceano e da terra; para o bem da cadeia alimentar; para minimizar a poluição; para o bem da camada de ozono e do ambiente.

Existem ainda lacunas a colmatar no que diz respeito às formas de definir e quantificar a sustentabilidade de um material. Isto, atualmente, só acontece através das normas (europeias, americanas, australianas e germânicas), mas estas não abordam questões como o grau de percentagem da base bio ou a diferença entre compostagem industrial e doméstica. Estas questões só entram em alguns rótulos que, infelizmente, na Europa são atribuídos por empresas particulares. Outro problema por resolver é o fim de vida dos materiais compostáveis industrialmente, pois ainda é difícil encontrar contentores ou locais indicados para depositar estes produtos. Ainda não existe um sistema de coleta para este tipo de materiais que começam a emergir na nossa sociedade.

É ainda necessário reafirmar estes rótulos, pois a confusão e indecisões entre as empresas e governos leva a que estes rótulos não sejam do conhecimento geral e não atuem como um elemento comunicador do fim de vida ou composição dos materiais. Por outro lado, é preciso trabalhar no seu grafismo, pois nem todos são facilmente percetíveis por quem não está dentro do tema.

Desta forma, nesta revisão foram abordadas explicações e definições de conceitos deste tema, bem como a classificação e categorização dos bio polímeros, deixando-se um base para se iniciar o estudo desta temática. Por outro lado, também é um suporte para se perceber que já existem vários materiais no mercado, que foram apresentados, que devem ser aplicados para o bem do ambiente e em prol de uma economia mais circular. Para além dos materiais apresentados, foram ainda apresentadas soluções e aplicações atuais onde podemos encontrar implementados os biomateriais. O que só comprova, mais uma vez, que é possível implementar estes materiais e que se devem utilizar estes materiais.

No capítulo que se segue, o estudo foca-se exatamente na seleção de um material e implementação do mesmo num inserto para uma embalagem Bosch. Para esta validação ser possível, foram ainda abordados os requisitos, ou testes utilizados na Bosch, para a seleção de um material e para a validação de nova embalagem biodegradável.



A large, light teal number '3' with a dot, rendered in a stylized, rounded font. The number is centered on the page and serves as a background element for the text.

**CASO DE ESTUDO**

## 3.1.

## INTRODUÇÃO

Depois da pesquisa exposta no capítulo anterior, centrada nos materiais biodegradáveis utilizados nas embalagens, pretende-se, neste capítulo, a aplicação de um material numa embalagem Bosch, experimentando e testando a embalagem segundo os requisitos abordados anteriormente.

Este capítulo vai iniciar-se com a seleção de um material, dentro dos vários que foram encontrados na investigação anterior, seguindo, posteriormente, para a adaptação deste material ao inserto de uma embalagem. O inserto que vamos substituir é atualmente em EPE, porque a Bosch tem minimizado a utilização do EPS, sendo agora a maioria das embalagens dominada pelo EPE.

A Bosch recorre apenas ao EPS, quando o espaço disponível entre o produto e a caixa (espaço para o inserto) é reduzido e se trata de um produto pesado. Sem esquecer que a aplicação do EPS, obriga ao investimento na ferramenta inicial, um investimento muito alto quando a previsão de vendas de um produto é média ou baixa.

Todavia, e para o bem do planeta, o EPE (material a substituir) não acarreta muito mais vantagens, no seu descarte, comparativamente ao EPS. O EPE, utilizado na Bosch, fornecido pela Inapa, não é biodegradável nem utiliza componentes biológicos (não tem base parcialmente biológica). O que significa que no seu descarte as opções são a reciclagem química e mecânica ou a valorização energética. No entanto, na reciclagem química ou mecânica, o produto que se obtém no final é sempre com menores propriedades e existe sempre a inserção de uma pequena quantidade de material virgem. Não obstante, são sempre processos caros, com grandes gastos energéticos, que acabam por não compensar face ao preço das matérias primas virgens nos dias de hoje. A valorização energética não é considerada uma opção 100% correta no âmbito desta investigação que pretende fechar o ciclo dos materiais corretamente, visto que assim não seria necessário falar de temas como

reciclagem e biodegradabilidade, pois quase todos os resíduos poderiam seguir para valorização energética. Finalmente o EPE também pode, infelizmente, terminar em aterros, ficando vários anos sem se decompor. Ainda que menos comum, também pode acabar na natureza, nos oceanos e habitats de animais, acabando por ficar nesses locais vários anos, a ser, muitas vezes, confundido com comida e, conseqüentemente, ferindo e matando animais.

Nas imagens abaixo, mostra-se um pequeno exemplo de um problema e respetiva solução, como forma de se explicar a mentalidade correta para minimizar as conseqüências do uso dos plásticos. É também mais um argumento a favor deste desafio, mostrando que é uma ação pertinente, perante a utilização de produtos de uso único, na sociedade consumista dos dias de hoje.



Figs. 109-110. Suporte de cervejas em plástico e conseqüências



Figs. 111- 112. E6PR e vantagens para a vida marinha

O *Eco Six Pack Rings (E6PR)* é uma ideia da startup mexicana Entelequia e da agência de publicidade *We Believers* de Nova Iorque em 2016. A solução biodegradável é feita a partir de subprodutos residuais da cerveja e outros materiais compostáveis. Esta desintegra-se em alguns meses e é comestível e segura para a vida marinha.

3.2.

## A EMPRESA

# BOSCH SECURITY SYSTEMS, OVAR

A Bosch Security Systems representa um departamento do grupo Bosch em Portugal. No início dos anos 2000 começa com a criação de sistemas de deteção. Mais tarde, em 2002, adquire a Philips Communications and Security e aumenta o seu portefólio com os sistemas de vídeo vigilância. Em 2006, adquire o grupo Telex, do qual faziam parte as empresas Eletro-voice, Dynacord e RTS, onde eram desenvolvidos os sistemas de áudio.

Em 2016, a unidade de Ovar foi a primeira localização da Bosch fora da área automóvel a ser distinguida com o título de finalista dos EFQM European Excellence Awards e, em 2017, viu a sua área de produção ser expandida. Nos últimos anos, o reconhecimento das suas competências na área da produção teve como consequência a diversificação do portefólio de produtos, ao qual foram acrescentados sistemas eletrónicos para as divisões de Ferramentas Elétricas, Termotecnologia e Eletrodomésticos.

Mais recentemente, a Bosch, em Ovar, passou a apostar na investigação e desenvolvimento de soluções inovadoras de segurança para as cidades inteligentes e já tem mais de 45 engenheiros dedicados a esta área.

Atualmente, com cerca de 700 colaboradores, esta localização tem vindo a crescer e a consolidar as suas atividades, contribuindo ativamente para o desenvolvimento da economia da região (Bosch 2019).

O embalamento de produtos, apesar de fulcar no transporte e armazenamento dos produtos, havia sempre sido colocado em segundo plano. O desenvolvimento de embalagens era realizado pelos próprios colaboradores que desenvolviam o produto, não existindo nenhuma especialização ou esforço para a total compreensão dos materiais a utilizar, como também, quais os problemas existentes no transporte.

Com o empenho e a evolução da empresa, rumo a uma melhor qualidade, foi criado um grupo centralizado no desenvolvimento de embalagens, alocado em Portu-

gal, nas instalações da fábrica de Ovar. O desenvolvimento está inserido no departamento de Security Systems, pelo que todos os produtos desenvolvidos e as avaliações e testes feitos às embalagens são realizados por este grupo.

Este grupo começa a ser formado em 2015, surgindo apenas em 2016. Em 2019, já conta com 30 colaboradores em quatro áreas diferentes:

**MKM1 – Marketing and Messaging 1 (Packaging)**

**MKM2 – Marketing and Messaging 2 (Product digitalization)**

**MKW4 – Marketing and Writing (Technical writing)**

**MKK – Marketing and Knowledge (Comercial training)**

Este estágio está integrado no MKM1. Neste grupo existem diferentes funções e tarefas. É este grupo o responsável por criar as etiquetas para os produtos. É ainda tarefa deste grupo o desenho dos artworks que permitem a uniformização dos manuais de instrução e das caixas exteriores, por exemplo. Faz também parte da lista de tarefas o desenvolvimento dos insertos para o bom acondicionamento dos produtos durante o manuseamento, transporte e armazenamento. Nesta última tarefa o desafio passa pela seleção de materiais, pelo desenho de insertos e realização de testes para a aprovação final das embalagens.



Fig. 113. Bosch, Fábrica de Ovar.

## 3.3.

## ESPECIFICAÇÕES DA PROPOSTA

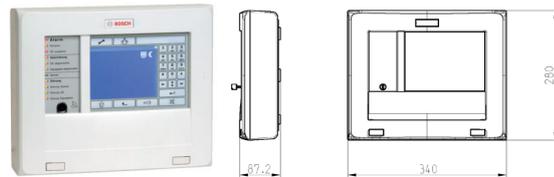


Fig. 114. Imagem e desenho técnico Fipad

A proposta da empresa para o estágio, que se traduz na investigação desta dissertação, foi o desenvolvimento de uma nova embalagem para um painel de controlo - Fipad - onde se implementasse um novo material biodegradável, preferencialmente compostável em casa. Apesar da empresa já utilizar alguns materiais biodegradáveis, só os implementou em produtos muito pequenos e muito leves, como vimos nas figuras 90 e 91. O objetivo deste projeto é encontrar um material, idealmente espumado, para que se conseguia acondicionar e proteger produtos mais pesados e de maiores dimensões como é o caso do Fipad. Um produto com 3 kg, com 280 x 340 x 87 mm de dimensão.

Para o desenvolvimento da nova embalagem é importante ter outros aspectos em consideração, ainda que o objetivo primordial seja tornar os insertos biodegradáveis através da substituição de material e redesenho dos mesmos.

Deve-se perceber se o painel de controlo tem requisitos G's, ou seja, quais as desacelerações que pode sofrer; analisar o material utilizado atualmente e quais as vantagens e desvantagens do mesmo; perceber quais os acessórios que seguem na embalagem e se estão posicionados no melhor sítio para não interferirem ou danificarem o produto; compreender a posição do Fipad no interior da embalagem para a melhor distribuição de massa; e finalmente garantir que a nova embalagem passa com sucesso em todos os testes obrigatórios, definidos pela Bosch.

ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO E DA CAIXA	
PRODUTO	FIPAD - Painel de Controlo
PESO	3 kilos
TAMANHO PRODUTO	280 x 340 x 87 mm
TAMANHO CAIXA	490x168x391 mm
PRODUÇÃO ANUAL PREVISTA	2093 unidades
PREÇO INSERTOS EPE	4 x 0,60€ = 2,40€

Tab. 20. Especificações do produto e da caixa

FUNÇÃO
Desenvolver um inserto para acondicionar/proteger o produto - Fipad - durante o transporte, manuseio e armazenamento
RESTRICÇÕES
<b>Biodegradável</b> (preferencialmente compostável em casa)
<b>Leve</b> (ter como referência o peso dos insertos atuais em EPE)
<b>Resistente ao impacto/amortecimento aos choques</b> (teste de impacto)
<b>Resistente à compressão</b> (teste de compressão)
<b>Resistente à vibração</b> (teste de vibração)
<b>Resistente às variações de temperatura durante o transporte</b> ( teste climático)
<b>Baixo custo</b> (inserto deve custar até 5% do preço de produção do produto)
RESTRICÇÕES
Facilitar o correto descarte
Redução da produção de lixo, principalmente nos aterros
VARIÁVEIS LIVRES
Material
Forma/Design
Cor e Aspeto
Processo de produção

Tab. 21. Função, restrições, objetivos e variáveis livres

## METODOLOGIA

Perante os vários materiais biodegradáveis encontrados no mercado, ou quase a ser lançados para o mercado, pretende-se realizar uma comparação de modo a filtrar aquele que melhor desempenho mostrar perante as restrições apresentadas anteriormente.

Desta forma, a metodologia adotada para o caso de estudo divide-se em duas fases: a fase experimental (de seleção de um material) e a fase do desenvolvimento (dos insertos para a embalagem e respetiva validação).

A metodologia adotada para a fase experimental divide-se em três partes, conforme se descreve em seguida:

### 1. TESTE CLIMÁTICO

- 1.1. Recolha e organização de amostras;
- 1.2. Submeter as amostras ao teste climático;
- 1.3. Organizar e analisar resultados do teste.

### 2. TESTE DE IMPACTO

- 2.1. Organizar novas amostras;
- 2.2. Submeter as amostras ao teste de impacto;
- 3.3. Organizar e analisar resultados teste.

### 3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

- 3.1. Elaborar uma tabela com os resultados de ambos os testes realizados;
- 3.2. Adicionar na tabela características relevantes recolhidas na pesquisa teórica de cada material;
- 3.3. Fazer uma avaliação de cada característica ou resultado obtido (nos testes anteriores) de 0 a 4;
- 3.4. Selecionar o material com mais pontuação.

Posteriormente à seleção de um material, perante o produto que a empresa elegeu, irá adaptar-se o material selecionado ao insertos do produto em questão. Esta adaptação aceita que haja pequenas alterações/melhorias de design, ainda que o objetivo seja a realização de uma comparação direta, entre os resultados dos testes, de ambas as embalagens (embalagem atual com insertos em EPE vs. embalagem nova com insertos com o material selecionado).

A metodologia adotada para esta fase de desenvolvimento e validação divide-se em seis partes, conforme se descreve em seguida:

### 1. ANÁLISE DA EMBALAGEM ATUAL

- 1.1. Pontos positivos e negativos

### 2. 1º DESENVOLVIMENTO

- 2.1 Adaptar o novo material aos novos insertos
- 2.1 Calcular e prever os testes posteriores

### 3. TESTE DE COMPRESSÃO

- 3.1. Submeter a embalagem ao teste;
- 3.2. Analisar os resultados da embal. nova vs. antiga.

### 4. TESTE DE VIBRAÇÃO

- 4.1. Submeter a embalagem ao teste;
- 4.2. Analisar os resultados da embal. nova vs. antiga.

### 5. TESTE DE QUEDA

- 5.1. Submeter a embalagem ao teste;
- 5.2. Analisar os resultados da embal. nova vs. a antiga.

### 6. VALIDAÇÃO E MELHORIAS

- 6.1. Discussão dos resultados para validação da embal.;
- 6.2. Corrigir/redesenhar os insertos para futuras melhorias logísticas e de desempenho.

3.5.

# FASE EXPERIMENTAL

## 3.5.1. MATERIAIS

A fase experimental é caracterizada pelo momento de seleção de um material com o qual se vai trabalhar no momento de desenvolvimento dos inserts biodegradáveis e validação da embalagem final.

Esta fase inicia-se com a recolha de amostras dos materiais para se proceder aos testes climático e de impacto. O resultado destes teste será dos ponto mais importantes para a seleção do material.

Os testes serão apenas validados e feitos aos materiais cujas amostras foi possível obter. Porque, infelizmente, de alguns materiais não se conseguiu obter amostras

e, noutros casos, as amostras eram de dimensões reduzidas o que condicionou os resultados dos testes. No entanto todos os resultados que se conseguir obter vão ser considerados e inseridos na tabela de seleção de materiais.

Nos esquemas seguintes apresenta-se, primeiramente, os materiais investigados e, depois, as respetivas amostras daqueles que foi possível obter.

Mestrado em Design Industrial e de Produto

BIOMATERIAIS						
Compostáveis industrialmente			Compostáveis domesticamente			
						
a.	b.	c.	d.	e.	f.	g.
<b>Ecovio® EA</b> Basf	<b>Fibi-Buffer</b> Fibi-Buffer	<b>BioFoam®</b> BEWi synbra	<b>Mycocomposite™</b> Ecovative Design	<b>Mycoflex™</b> Ecovative Design	<b>Green Cell Foam™</b> KTM Industries Inc.	<b>Bioespuma®</b> Khel
AMOSTRAS						
				não se conseguiu obter amostra		
Amostra de <b>Ecovio® EA</b>	Amostra de <b>Fibi-Buffer</b>	Amostra de <b>BioFoam®</b>	Amostra de <b>Mycocomposite™</b>		Amostra de <b>Green Cell Foam™</b>	Amostra de <b>Bioespuma®</b>

Tab. 22. Amostras dos biomateriais

### 3.5.2. TESTE CLIMÁTICO

No teste climático, conforme foi explicado no capítulo dos requisitos da embalagem, no tópico seleção de materiais, os materiais vão ser expostos a diferentes graus de temperatura e humidade. O objetivo é simular o pior cenário no transporte das embalagens, entre os centros de produção e distribuição da Bosch. Normalmente, o pior cenário acontece no transporte aéreo das embalagens para a Ásia. Neste caso, as embalagens podem estar sujeitas a temperaturas de 38° C, com humidade relativa de 85%. Para simular estes ambientes recorreu-se à câmara climática disponível nas instalações da Bosch, em Ovar.

Como os materiais de embalagem têm de poder embalar produtos que podem ser transportados por estes meios e por estas rotas, começou-se pelo teste mais agressivo.

A amostras/materiais que foram submetidos a este teste foram o Ecovio EA, Fibi-Buffer, BioFoam, Myco composite, Green cell foam, Green cell foam *Plus*, Bioespuma e a Bioespuma selada num filme plástico. O Green cell foam *Plus* é uma versão deste material selada num saco plástico reciclável, segundo a empresa, para tornar a espuma resistente à humidade, e a Bioespuma da Kehl selada, também num saco plástico, pois esta espuma é injetada num molde com um filme plástico que é recortado. Assim, se revestimento plástico fizer a diferença neste teste, poderá ser uma questão de não o cortar e de conseguir mantê-lo fechado.

Estas soluções foram testadas e admitidas com saco plástico para teste porque, para além de serem opções fornecidas pelo próprio fornecedor, não são soluções a descartar pois mesmo o produto a embalar segue dentro de um saco plástico, nas embalagens de cartão da Bosch. Provavelmente, e se alguma destas soluções avançar, o necessário é a substituição por filmes/sacos plástico biodegradáveis, tendo nos insertos como no produto.



Fig. 115. Materiais na câmara climática antes de se iniciar o teste de condicionamento atmosférico.

As amostras, como observamos na figura 115, foram então colocadas na câmara climática, onde foram sujeitas a três testes consecutivos.

Os parâmetros utilizados para este teste foram os mesmos que o departamento de embalagens Bosch utiliza, que são, por sua vez, orientados pela norma ISTA 2A.

No primeiro teste, as amostras estiveram a 38°C e 85% de humidade relativa durante 72 horas. Findo este tempo, verificou-se o estado das amostras, manuseando-se cada uma delas e analisando o seu aspecto físico. Todas as amostras mantiveram o seu aspecto excepto o green cell foam, que deformou ligeiramente e ficou mais rígido (figs.116-117).

No segundo teste as amostras estiveram mais 72 horas a - 29°C com humidade não controlada. Findo este teste, mais uma vez, se verificou o estado das amostras. Ao fim do segundo teste todas as amostras permaneciam tal como estavam no final do primeiro teste.

No terceiro teste, as amostras foram submetidas, por mais 72 horas, a 60°C com, mais uma vez, a humidade não controlada. Findo este, teste verificou-se novamente cada uma das amostras. Novamente, as amostras per-

TESTES	72H, 38°C, 85%	72H, -29°C, NC	72H, 60°C, NC	
MATERIAIS	1º TESTE - RESULTADO	2º TESTE - RESULTADO	3º TESTE - RESULTADO	ANÁLISE FINAL
<b>ECOVIO EA</b>	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	<b>Aprovado</b>
<b>FIBI-BUFFER</b>	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	<b>Aprovado</b>
<b>BIOFOAM</b>	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	<b>Aprovado</b>
<b>MYCO COMPOSITE</b>	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	<b>Aprovado</b>
<b>GREEN CELL FOAM</b>	deformou ligeiramente e ficou mais rígido	sem mais alterações visíveis	sem mais alterações visíveis	<b>Reprovado</b>
<b>GREEN CELL FOAM PLUS</b>	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	<b>Aprovado</b>
<b>BIOESPUMA</b>	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	<b>Aprovado</b>
<b>BIOESPUMA C/ FILME</b>	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	sem alterações visíveis	<b>Aprovado</b>

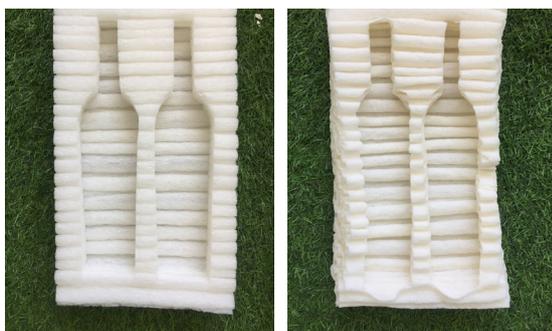
H - horas | °C - graus Celcius | % - percentagem de humidade relativa | NC - humidade não controlada

Tab. 23. Resultados teste climático ou de condicionamento atmosférico

manecerem tal como estavam no final do teste anterior.

Concluiu-se, portanto, que todos os materiais estão aptos para serem utilizados no emalamento e enfrentarem o prior cenário durante o seu transporte, à excepção do green cell foam, sem filme. Ou seja, este material deve ser sempre utilizado, para o emalamento de produtos Bosch, na sua versão *Plus*. Só desta forma passa com sucesso no teste de condicionamento atmosférico. Tal como o fornecedor informou, esta versão torna o material resistente à humidade. No caso da bioespuma, o filme envolvente não faz diferença visto que o material permaneceu semelhante em ambas as versões (com ou sem filme envolvente).

Na tabela acima, sumariza-se os resultados da análise de cada uma das amostras, findas cada umas das etapas dos testes, bem como se apresenta o resultado final do teste para cada material. Nas imagens ao lado observamos o aspecto dos materiais depois de submetidos os teste climático.



Figs 116-117. Green cell foam sem filme, antes e depois do teste climático

Fig 118. Aspecto dos materiais depois do teste climático ou de condicionamento atmosférico

### 3.5.3. TESTE DE IMPACTO

O teste de impacto, conforme foi explicado no capítulo dos requisitos da embalagem no tópico seleção de materiais, é um método ou procedimento para se obter características de amortecimento dos materiais. Permitindo a criação de curvas de amortecimento que, por sua vez, permitem a comparação de diferentes materiais.

Este teste e os seus procedimentos encontram-se descritos na norma ASTM D1596-14, à qual através da Bosch, se pode aceder e ler na íntegra, no entanto não foi possível executar o teste tal como a norma o manda.

Em primeiro lugar, a máquina de impacto que se conseguiu utilizar, disponível na FEUP, não continha acelerómetro, como escrito na norma ASTM D1596-14. No entanto, o sensor de força nela instalado, com uma sensibilidade de 3.958 pC/N e o alcance de 50 kN, permitiu que se obtivesse curvas de amortecimento comparáveis (tempo vs. força).

Em segundo lugar, foi necessário desenhar um batente quadrangular que foi posteriormente impresso em 3D, com uma base plana, porque o existente era para testes em metais. Era um batente cilíndrico com a ponta arredondada (fig.119). Este batente ainda foi testado, antes da leitura da norma, mas perfurava os materiais, não se obtendo qualquer resultado comparativo de amortecimento.

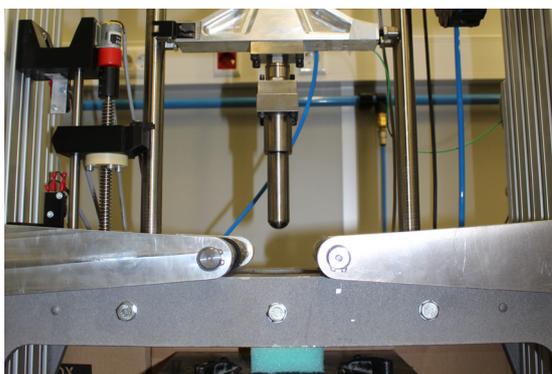


Fig. 119. Máquina de impacto com batente para metais

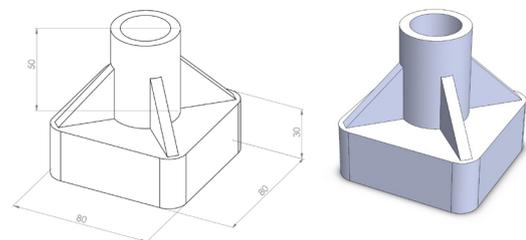


Fig. 120. Desenho em Solidworks do novo batente



Figs. 121-122. Aplicação do novo batente na máquina de impacto

A forma como a máquina estava construída não permitiu que o impactor tivesse mais de 80 mm de lado. Como vemos na figura 121, o batente tem de passar por um orifício durante o teste, o qual ditou o tamanho das amostras, pois a ASTM D1596-14 diz que o batente deve exceder a medida da amostra em todas as direções. Desta forma, decidiu-se por cortar amostras com 70 mm de lado e com 40mm de altura para os materiais compostáveis em casa. Para os materiais compostáveis domesticamente, as amostras tiveram de ser ligeiramente mais pequenas devido às dimensões das amostras que se recebeu por parte das empresas dos materiais. Estas amostras foram de 40 mm de lado com 30mm de altura.

O número de testes por material foi determinado, mais uma vez, consoante a quantidade de material disponível. No entanto, a norma aceita que o número de

testes seja feito de acordo com o material disponível, realçando que os resultados podem ser mais ou menos precisos.

Ainda assim, mesmo que a norma não tenha sido cumprida na íntegra, foi uma base muito importante e com orientações fundamentais para o teste de impacto.

O cálculo da força exigida pela impactor, neste caso específico, foi calculado de acordo com os G's, que o EPS suporta. Isto porque o EPS e o EPE são os materiais de referência que a Bosch pretende substituir.

Neste sentido, recorreu-se a uma curva do EPS, e tendo por base os 60 G's, que é o requisito de G's mais alto que um produto pode ter, viu-se qual a carga estática correspondente na curva de EPS de 24 Kg/m<sup>3</sup>. O EPS com peso específico mais próximo do utilizado na maioria das embalagens da Bosch. A carga estática correspondente ao 60's é de 0,65 N/cm<sup>2</sup>, ou seja, 0,06628 Kg/cm<sup>2</sup>.

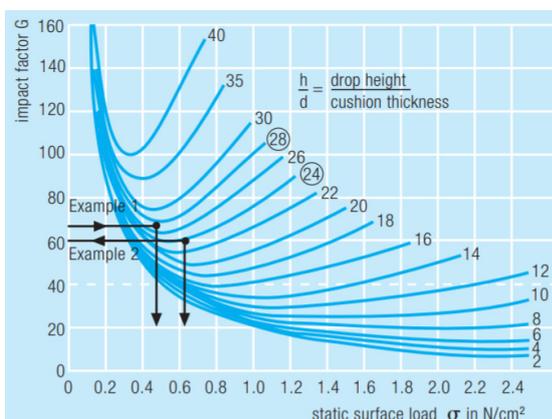


Fig. 123. Curvas de amortecimento EPS

Desta forma sabe-se que o factor de impacto são os 60 G's, que a carga estática correspondente são 0,06628 Kg/cm<sup>2</sup>, que a altura da queda no teste de queda (livre) é, normalmente, 97cm e que o produto a embalar (Fipad) pesa, aproximadamente, três quilos.

**Fator de impacto: 60 G's**

**Carga estática: 0,06628 Kg/cm<sup>2</sup>**

**Altura da queda: 97 cm**

**Peso produto (Fipad): 2,9 Kg**

Neste sentido, o peso do produto foi dividido pela carga estática e, através deste valor, conseguimos descobrir o tamanho das amostras para estes parâmetros estabelecidos.

**$3\text{kg} / 0,06628\text{ g/cm}^2 = 45,2625226$**

**$\sqrt{45,2625226} = 6,727\text{ cm}$  (medida lateral da amostra)**

Sabendo que o batente tem de ser maior que a amostra em todas as dimensões, e que é um quadrado com 8 cm de lado, como vimos anteriormente, as amostras, perante estes parâmetros, podem ser quadrados de aproximadamente 7 cm de lado, para se obter um valor certo e que facilite o recorte das amostras. Perante as amostras recolhidas e perante o valor médio entre elas, a espessuras das amostras decidida foi de 4 cm. Segundo a ASTM D1596-14, a espessura das amostras não está definida desde que todas as amostras tenham a mesma espessura.

**Amostras: Quadrados c/ 7 cm de lado e 4 de espessura**

A aplicação da conservação de energia a um objeto em queda permite-nos prever a sua velocidade de impacto e a sua energia cinética. Desta forma, se um objeto com a massa (m) de 3 kg for atirado de uma altura (h) de 97 cm, a velocidade (v) imediatamente antes do impacto é 4,360275220671283 m/s. E a energia cinética (EC) imediatamente antes do impacto é igual à sua energia potencial gravitacional na altura em que foi largado, isto é, 28.518000000000004 J.

**m = 3 kg**

**h = 97 cm**

**v = 4,360275220671283 m/s**

**EC = 28.51800000000004 J**

Perante estes valores, conseguimos alterar a altura da queda e o peso para valores possíveis de serem inseridos e adotados na máquina de impacto e assim testar as amostras com valores o mais reais possíveis, adequados, agora, ao tamanho das amostras, garantindo que a exigência pedida é a adequada para aquele tamanho de amostra. Fez-se a seguinte alteração, mantendo uma energia cinética muito semelhante.

**m = 10 kg**

**h = 29 cm**

**v = 2.384114091229696**

**EC = 28.41999999999998 J**

Desta forma, justificam-se, os valores obtidos para serem utilizados no teste de impacto.

**Carga estática: 0,65N/cm<sup>2</sup>**

**Amostras 70 x 70 x 40 mm**

**Massa: 10 Kg**

**Altura da queda: 27 cm**

**Velocidade = 2.384114091229696**

**Energia = 28.41999999999998 J**

Na imagem seguinte vemos os valores introduzidos no sistema da máquina de impacto. Devido à quantidade pre-estabelecida de pesos disponíveis na máquina, os valores introduzidos não foram exatamente os obtidos, mas ficam muito perto dos valores pretendidos. Esta diferen-

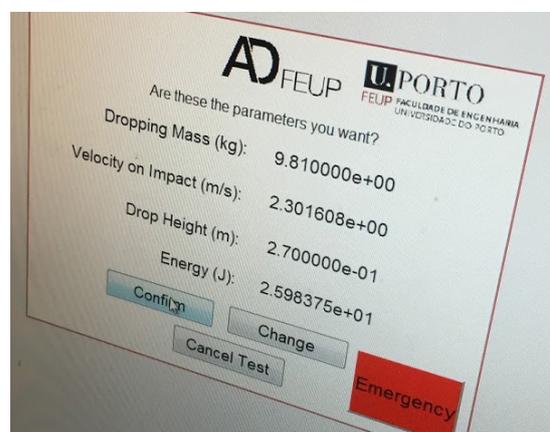


Fig. 124. Valores/parâmetros introduzidos na máquina de impacto disponibilizada pela FEUP

ça é irrelevante, desde que mantida em todos os testes, porque o objetivo é a comparação dos materiais entre si.

Preparada a máquina para os testes, iniciamos este momento com os materiais compostáveis em casa. Juntamente com estes materiais, também preparamos umas amostras de EPS e EPE, com as mesmas dimensões, para uma comparação entre os materiais à base de petróleo e os materiais com base biológica que queremos implementar. Em suma, na primeira fase a ordem dos materiais testados foi o EPS, EPE, Green cell foam, Bioespuma (Kehl), Myco composite (materiais compostáveis em casa vs. EPS/EPE).

Seguem-se por esta ordem os gráficos com a curva de força vs tempo e respetiva fotografia da amostra testada.

O ruído inicial que ficou registado nos gráficos é passível de ser ignorado, pois o próprio método, de teste para características de amortecimento dinâmico de choque do material de embalagem admite que a quantidade de elementos móveis na máquina possam causar vibrações indesejáveis que são registadas no gráfico.

### MATERIAIS COMPOSTÁVEIS EM CASA VS. EPS & EPE

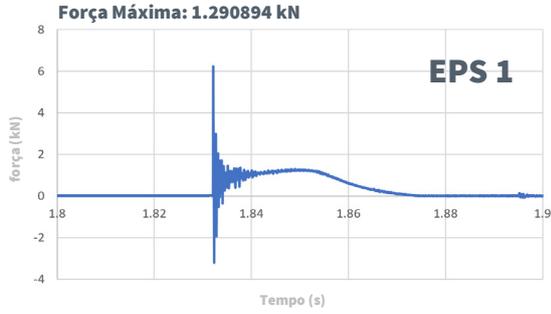


Fig. 125. Gráfico EPS 1



Figs. 126-127. Amostra EPS 1

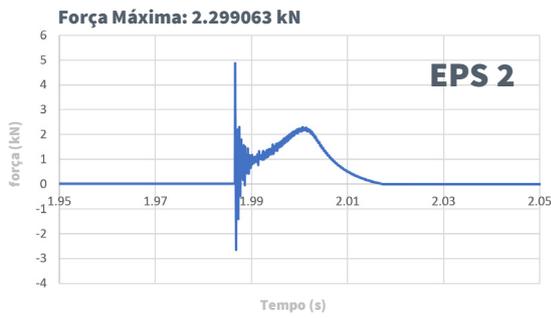


Fig. 128. Gráfico EPS 2



Fig. 129. Amostra EPS 2

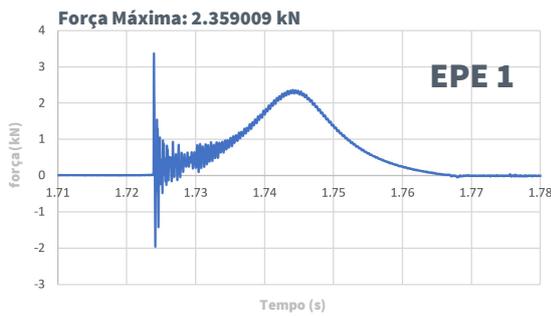


Fig. 130. Gráfico EPE 1



Figs. 131-132. Amostra EPE 1

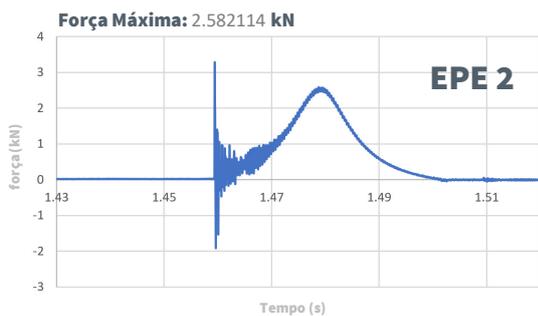


Fig. 133. Gráfico EPE 2



Fig. 134. Amostra EPE 2



Figs. 135-136. Amostra GCF 1

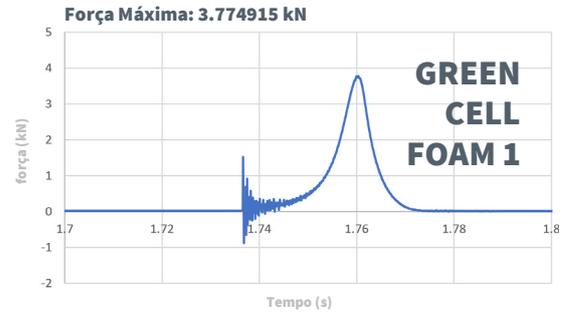


Fig. 137. Gráfico GCF 1



Figs. 138-139. Amostra GCF 2

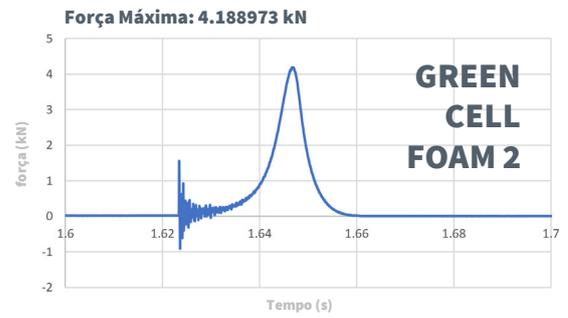


Fig. 140. Gráfico GCF 2

Esta foi a amostra submetida ao teste climático, ficando ligeiramente deformada e rígida. Desta forma, sabemos o que esperar do seu desempenho na absorção de impacto depois do teste climático.



Fig. 141. Amostra GCF 3

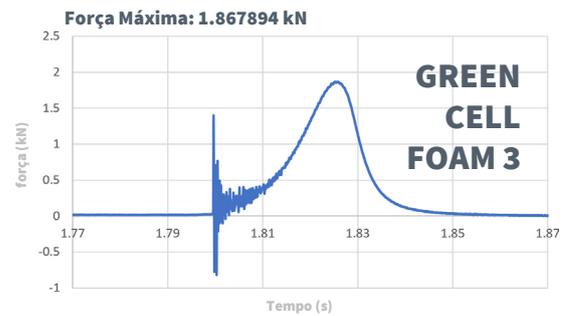


Fig. 142. Gráfico GCF 3

Esta também foi a amostra submetida ao teste climático. Este teste serve para prever o desempenho deste material caso não tenha filme envolvente ou o mesmo rasgue, expondo o material a condições extremas.



Fig. 143. Amostra GCF 4

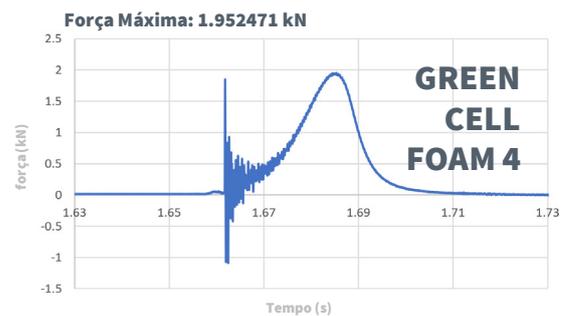


Fig. 144. Gráfico GCF 4

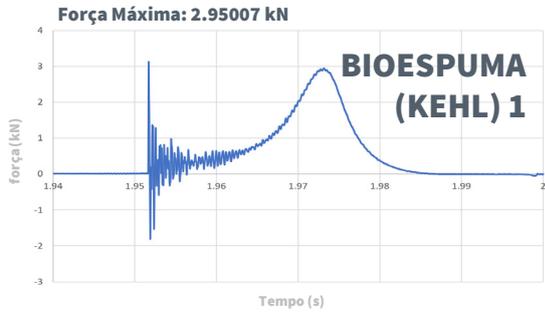


Fig. 145. Gráfico Bioespuma (Kehl) 1



Figs. 146-147. Amostra Bioespuma (Kehl) 1

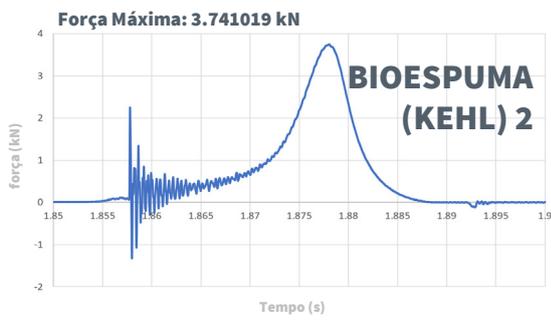


Fig. 148. Gráfico Bioespuma (Kehl) 2



Figs. 149-150. Amostra Bioespuma (Kehl) 2

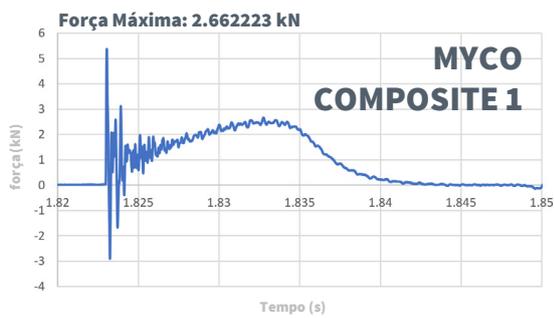


Fig. 151. Gráfico Myco composite 1



Figs. 152-153. Amostra Myco composite 1

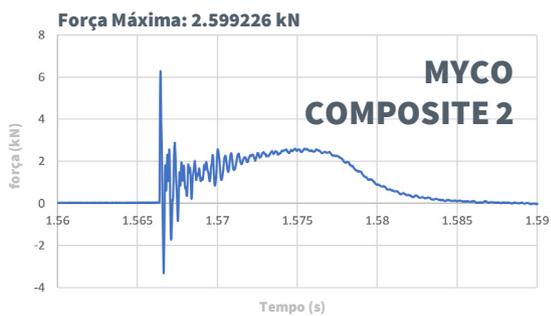


Fig. 154. Gráfico Myco composite 2



Figs. 155-156. Amostra Myco composite 2

Depois da primeira fase de testes, onde se testaram duas amostras em EPS e EPS vs. duas amostras de cada um dos materiais compostáveis domesticamente, a investigação segue com o teste dos materiais industrialmente compostáveis.

Nesta fase voltou-se a testar o EPS porque, devido às amostras recolhidas dos materiais industrialmente compostáveis, houve a necessidade de reduzir o tamanho da amostra para 40x40x30mm. O material recebido dos fornecedores das matérias-primas, não foi o suficiente para amostras maiores, e num dos casos - BioFoam® da BEWi synbra - nem conseguimos material para a amostra. Pois a amostra recebida foi um contentor já expandido, com as paredes muito finas, não sendo possível recortar amostras de nenhum dos lados do contentor.

Em suma, os materiais a ser testados serão o Ecovio e o Fibi buffer, que têm por base a mesma matéria prima, mudando apenas a solução formal e o invólucro. E, ainda, o EPS (com novo tamanho de amostras). Os testes a estes materiais foram realizados segundo os parâmetros definidos para o teste dos materiais compostáveis em casa. Pois, apesar das amostras serem mais pequenas, estes materiais, industrialmente compostáveis, apresentam melhores propriedades que os testados anteriormente.

**Carga estática: 0,65N/cm<sup>2</sup>**

**Amostras 40 x 40 x 30 mm**

**Massa: 10 Kg**

**Altura da queda: 27 cm**

**Velocidade = 2.384114091229696**

**Energia = 28.419999999999998 J**

## MATERIAIS COMPOSTÁVEIS INDUSTRIALMENTE VS. EPS

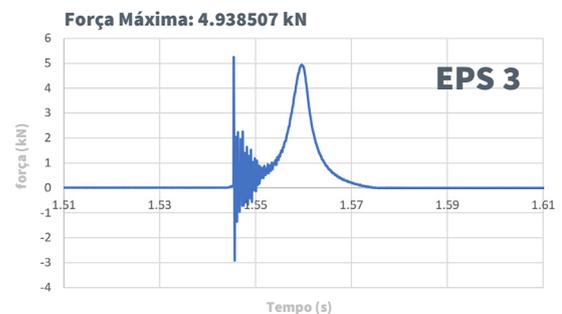


Fig. 157. Gráfico EPS 3

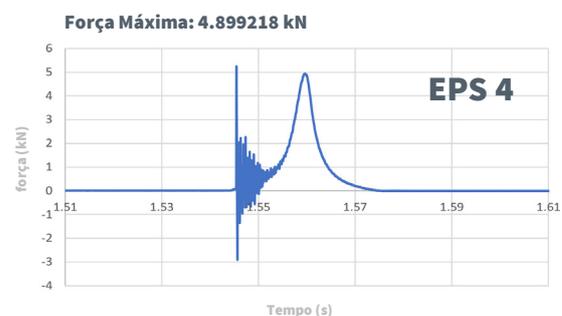
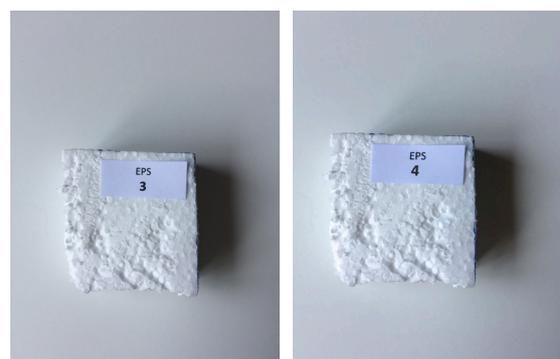


Fig. 158. Gráfico EPS 4



Figs. 159-160. Amostras EPS 3 e EPS 4

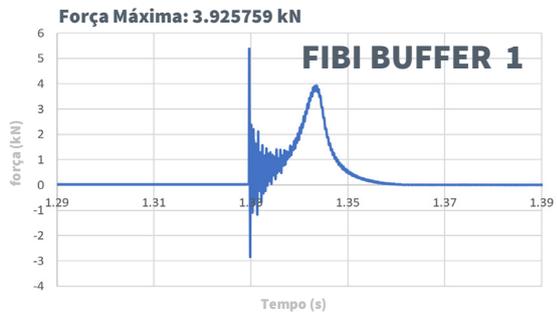


Fig. 161. Gráfico Fibi buffer 1



Fig. 162. Amostra Fibi buffer 1

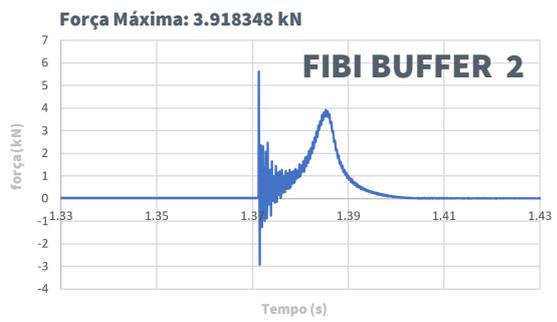


Fig. 163. Gráfico Fibi buffer 2



Fig. 164. Amostra Fibi buffer 2

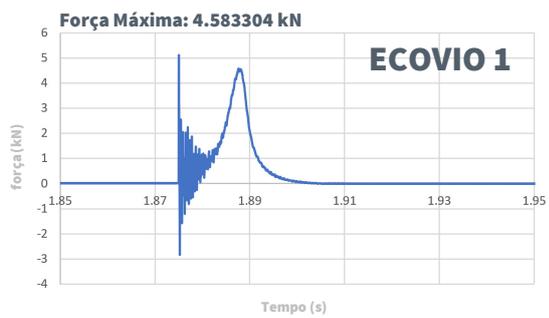


Fig. 165. Gráfico Ecovio (BASF) 1



Figs. 166-167. Amostra Ecovio (BASF) 1

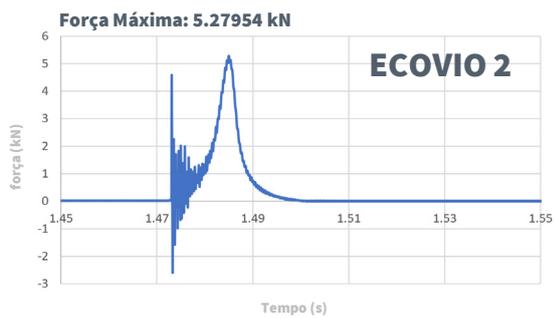


Fig. 168. Gráfico Ecovio (BASF) 2



Fig. 169. Amostra Ecovio (BASF) 2

Depois de finalizada a primeira e a segunda fases do teste, organizaram-se os resultados das forças máximas de cada material na tabela seguinte. O objetivo do teste era perceber que materiais absorvem mais impacto/força, os melhores resultados serão os materiais com menores forças máximas atingidas.

Como se pode concluir, os materiais industrialmente compostáveis são realmente comparáveis com o EPS e o EPE. Conseguem absorver o impacto com valores mui-

to semelhantes. Os materiais compostáveis domesticamente têm resultados inferiores, mas não muito piores do que os outros materiais. É, portanto, necessário fazer testes mais pormenorizados para que se possa concluir se realmente estes materiais podem substituir o EPS e o EPE, em algumas situações. Porque, pelos resultados, com a ajuda do design e, provavelmente, mais matéria-prima, estes materiais são ótimos concorrentes para serem utilizados em insertos de embalagens.

FASE 1		MATERIAIS COMPOSTÁVEIS DOMÉSTICAMENTE VS. EPS & EPE			
TESTES		1º TESTE Força máxima (kN)	2º TESTE Força máxima (kN)	MÉDIA Força máxima (kN)	
AMOSTRAS	EPS	EPS 1 1.290894	EPS 2 2.299063	1.79	
	EPE	EPE 1 2.359009	EPE 2 2.582114	2.47	
	GREEN CELL FOAM	GCF 1 3.774915	GCF 2 4.188973	3.98	
	GREEN CELL FOAM (depois do teste climático)	GCF 3 1.867894	GCF 4 1.952471	1.91	
	BIOESPUMA (Kehl)	KEHL 1 2.95007	KEHL 2 3.741019	3.35	
	MYCO COMPOSITE	MYCO COMPOSITE 1 2.662223	MYCO COMPOSITE 2 2.599226	2.63	
FASE 2		MATERIAIS COMPOSTÁVEIS INDUSTRIALMENTE VS. EPS			
TESTES		1º TESTE Força máxima (kN)	2º TESTE Força máxima (kN)	MÉDIA Força máxima (kN)	VALOR CÁLCULADO*
AMOSTRAS	EPS	EPS 3 4.938507	EPS 4 4.899218	4.92	1,21*
	FIBI BUFFER	FIBI BUFFER 1 3.925759	FIBI BUFFER 2 3.918348	3.92	0,96*
	ECOVIO	BASF 1 4.583304	BASF 2 5.27954	4.93	1,21*

Estes valores foram calculados para se poderem comparar com os valores obtidos na primeira fase. Como as amostras utilizadas na segunda fase tinham um volume quatro vezes menor do que as da primeira, dividiu-se o valor obtido por quatro, prevendo que a força resultante estaria dissipada por um volume quatro vezes maior.  
 Volume amostras fase 1: 196 cm<sup>3</sup>; Volume amostras fase 2: 48 cm<sup>3</sup>; 196/48= 4,08 (volume 4 vezes menor).

Tab. 24. Resultados das forças máximas obtidas no teste de impacto.

## 3.5.4.

**DISCUSSÃO DOS RESULTADOS (SELEÇÃO DO MATERIAL)**

De forma a que se possa escolher o melhor material, dentro dos compostáveis, para o desenvolvimento de novos insertos e embalagem, elaborou-se uma tabela com os materiais investigados. Nesta tabela colocaram-se as várias características de cada material. Estas características e avaliação atribuída a cada uma delas teve por base o resultado do teste de impacto, bem como o conhecimento adquirido na pesquisa de mercado e no estágio, no departamento de embalagem da Bosch, onde lidamos com vários materiais e percebemos todo o processo que vai desde a seleção de um material até à validação final da embalagem.

Como se pode constatar, o material selecionado foi o Green cell foam *Plus* (GCF+). A espuma à base de amido de milho, que pode ser compostada em casa, queimada ou dissolvida em água, revestida por um filme plástico reciclável. Esta espuma foi a que sumou mais pontos em todas as características que se acredita serem fundamentais para o desenvolvimento de uma embalagem. Isto é, no desenvolvimento de novos insertos, com um novo material, com um novo fornecedor, e, possivelmente, um novo design. Para além disso, é também aquela que tem o fim de vida mais fácil e correto simultaneamente.

MATERIAL	EPS	EPE	ECOVIO EA	FIBI-BUFFER	BIOFOAM	MYCO COMPOSITE	GREEN CELL FOAM	GREEN CELL FOAM PLUS	BIOESPUMA
<b>TESTE CLIMÁTICO</b>	4	4	4	4	4	3	1	4	4
<b>TESTE DE IMPACTO</b>	4	4	4	4	0	3	2	2	2
<b>CUSTO</b>	4	3	1	1	1	1	2	2	2
<b>TEMPO DE MONTAGEM</b>	4	3	4	1	4	3	3	3	3
<b>SUJIDADE</b>	3	4	3	4	3	1	4	4	3
<b>TEMPO DE PRODUÇÃO</b>	4	3	4	4	4	1	3	3	2
<b>UX</b>	4	4	4	4	4	2	3	3	3
<b>ESPAÇO EM ARMAZÉM</b>	1	1	1	2	1	1	1	1	3
<b>COMPOSTÁVEL INDUSTRIALMENTE</b>	0	0	4	4	4	4	4	4	4
<b>COMPOSTÁVEL EM CASA</b>	0	0	0	0	0	4	4	4	4
<b>BASE FÓSSIL VS. BIOLÓGICA</b>	1	1	2	2	2	4	4	4	3
<b>CERTIFICAÇÕES</b>	0	0	4	2	4	4	4	4	0
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>35</b>	<b>38</b>	<b>33</b>
0 - não existe / não tem / não é ; 1 - mau ; 2 - bom ; 3 - muito bom ; 4 - excelente									

Tab. 25. Tabela comparativa de materiais - material selecionado: Green Cell Foam *Plus*



Fig. 170. Green Cell Foam Plus



Fig. 171. Green Cell Foam Plus

### GREEN CELL FOAM PLUS

O GCF+ é o material selecionado, já apresentado na pesquisa de mercado do capítulo anterior. No entanto, salienta-se a sua versão Plus, visto que a investigação de materiais, cujas as especificações ainda eram muito abrangentes, não focou e enalteceu, devidamente, esta versão deste material, ou opção que o fornecedor nos apresenta.

O Green Cell Plus é uma melhoria do material, com um filme que o torna resistente à humidade. Este filme de polietileno é reciclável na maior parte das comunidades. Em Portugal, seguiria para o ecoponto amarelo. Assim, no descarte deste material, apenas é necessário a separação da espuma do filme plástico, e colocar cada um dos materiais nos respetivos locais adequados ao seu fim de vida.

Nas imagens seguintes, vemos o GCF+ e a sua aplicação em algumas embalagens.

Na etapa seguinte, inicia-se o desenvolvimento do novo inserto com o material selecionado, o GCF+.



Fig. 172. Green Cell Foam Plus



Fig. 173. Green Cell Foam Plus

## 3.6.

**DESENVOLVIMENTO DA EMBALAGEM**

## 3.6.1.

**ANÁLISE DA EMBALAGEM ATUAL**

Antes de se iniciar o desenvolvimento dos insertos em Green cell foam Plus, para a nova embalagem, o processo iniciou-se com a análise da embalagem atual. Apesar de se pretender uma análise comparativa final entre as duas embalagens, a atual em EPE e a futura em GCF+, a metodologia adotada aceita que os insertos possam sofrer alterações formais ao nível do design.

Por conseguinte, fez-se uma análise de pontos positivos e negativos ao inserto atual, antes de se trabalhar no novo inserto. A alteração pode até ser apenas de material, e o design não ser afetado. Não obstante, se se previrem melhorias, não devem ficar por introduzir e verificar se realmente são proveitosas para a nova embalagem.

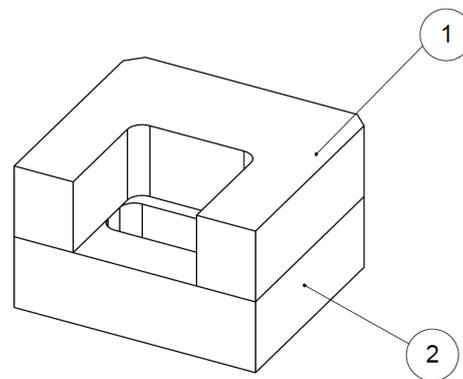
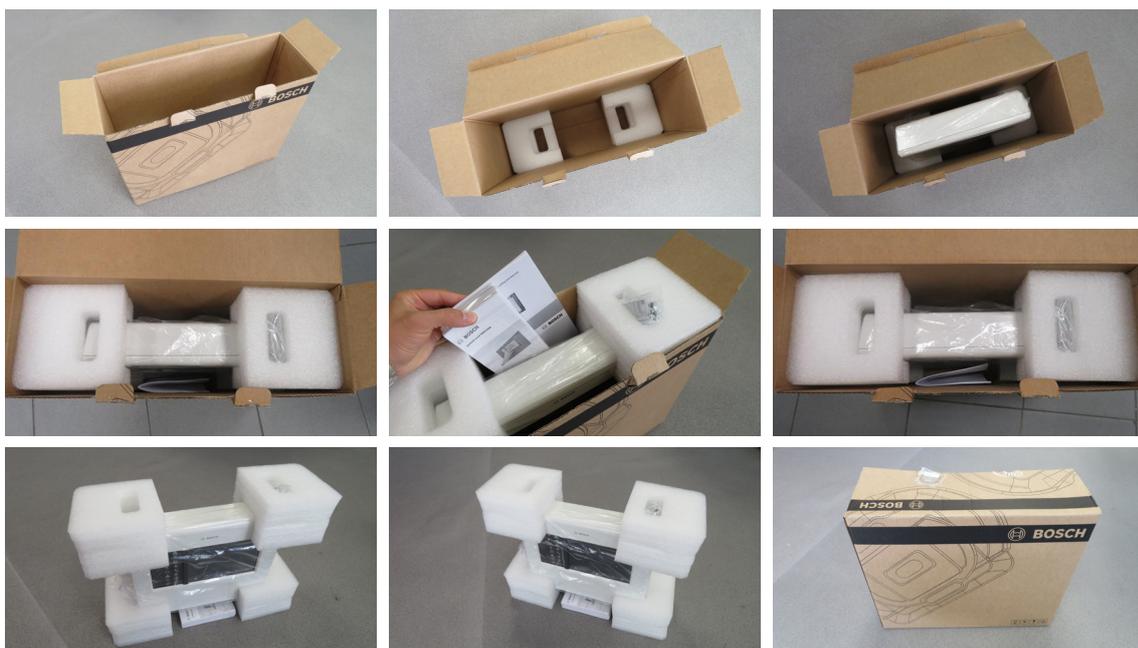


Fig. 174. Inserto atual em EPE - 164x150x100 mm



Figs. 175-183. Embalagem atual do Fipad em EPE

### PONTOS POSITIVOS

O facto de se utilizar apenas um desenho de um inserto que pode ser utilizado nos quatro cantos da caixa é, provavelmente, umas das maiores vantagens desta solução.

Inteligentemente, estes quatro insertos permitem que os operários, no momento do embalamento, coloquem dois insertos, depois o produto, e finalmente os outros dois insertos, os acessórios e os manuais de instruções, por esta ordem. Isto significa que não têm de ficar com o produto na mão, a tentar inserir os insertos e colocar tudo na embalagem ao mesmo tempo, o que muitas vezes acontece e torna-se cansativo, sobretudo quando os produtos são pesados, e quando um operário repete esta operação várias vezes seguidas.

### PONTOS NEGATIVOS

Quando a caixa está armazenada, verticalmente, com o produto no interior, o peso do produto fica todo em cima das duas barras de espumas, assinaladas a vermelho na imagem 184. O recorte quadrangular posicionado noutra sítio talvez permitisse mais espuma na base do produto. Se a base fosse toda a cheio, o próprio produto, em caso de queda, teria mais material para absorver o impacto. Outro detalhe a apontar, perante a localização do orifício quadrangular para os acessórios, é que os acessórios podem arranhar ou danificar o produto, pois estão em contacto directo com o produto (fig.185).

Ainda que se perceba que os quatro cantos são iguais, ou seja, só existe um desenho e uma peça, que é multiplicada, o orifício para os materiais em todas as peças leva, aparentemente, à redução de material, em peças que já são pequenas com pouca quantidade de material. Acrescentado-se que os acessórios (dois parafusos) só são colocados num dos insertos, ficando o orifício de todos ou outros livre. Portanto, é necessário pensar bem a colocação deste detalhe, porque é maquinado

em todas as peças, podendo-se talvez reduzir o custo, solucionando este detalhe de outra forma.

Além disso, e como podemos constatar na imagem 185, poderá ser necessário realizar um ajuste à peça, porque parece que existe um folga entre os insertos e na caixa. Esta poderá levar a mais oscilações e vibrações do produto durante o transporte e manuseio, além de prejudicar em caso de queda, se o produto não for bem acondicionado.

Com base nestes pontos, acredita-se que se pode passar à próxima fase, à adaptação do CGF + aos insertos, incluindo algumas melhorias que respondam às questões e dúvidas levantadas nos pontos negativos, culminando a futura solução, numa melhor versão do inserto. Não só a nível ambiental, mas também a nível de design.

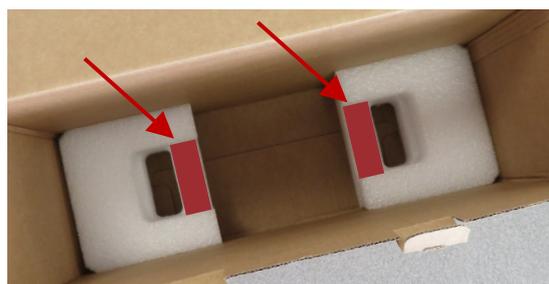


Fig. 184. Pormenor do inserto em EPE da embalagem atual

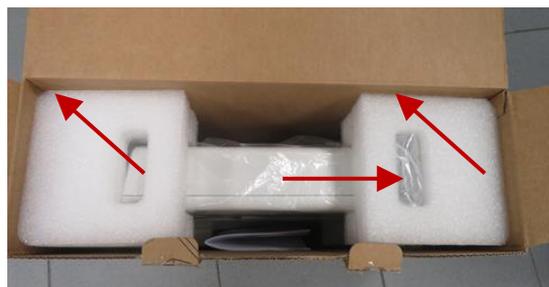


Fig. 185. Pormenor do inserto em EPE da embalagem atual

3.6.2.

**1º DESENVOLVIMENTO**

É nesta fase do projeto que se vai desenhar os novos insertos, com base nas características do material aplicando algumas das ideias/melhorias, na tentativa de serem solucionadas algumas das questões levantadas anteriormente, nos pontos negativos do inserto em EPE.

Em primeiro lugar, é de realçar que, devido ao tempo para a realização deste projeto, e devido ao tempo que as amostras demoraram a chegar, principalmente de fornecedores americanos, antes de se desenharem novos insertos foi pedido ao fornecedor da Green cell foam, para produzir os insertos de GCF, a partir do desenho técnico do inserto em EPE. Assim, garantimos que na altura de analisar os insertos em EPE, e desenhar os de GCF, já se teria na Bosch os insertos de GCF. Desta forma, com estes insertos, mais o material excedente que o fornecedor enviou, conseguiu-se redesenhar os insertos e adaptá-los às novas alterações. Caso contrário, correr-se-ia o risco de não ter material para trabalhar e testar. Um processo de desenvolvimento, com base no círculo infinito das ações desenhar, prototipar, analisar e assim sucessivamente, é um processo muito demorado, principalmente quando os protótipos dependem de fornecedores externos, fora do continente. Desta maneira, os protótipos, ou a alteração dos protótipos fez-se na Bosch. Com a base que o fornecedor enviou, já em GCF, foi fácil alterar e corrigir os detalhes necessários. O que permitiu que os desenhos técnicos dos insertos de EPE funcionassem, no desenho dos insertos em GCF, foi o facto do material utilizar o mesmo método ou tecnologia de manufactura. Tanto o EPE como o GCF são produzidos em placas que, por sua vez, são recortadas e coladas sobrepostas, formando os insertos por camadas.

Os insertos em GCF, réplicas dos de EPE, recebidos pelo fornecedor americano deste material, podem ser observados nas imagens a seguir apresentadas.



Figs. 186-189. Insertos em GCF, réplicas dos insertos em EPE

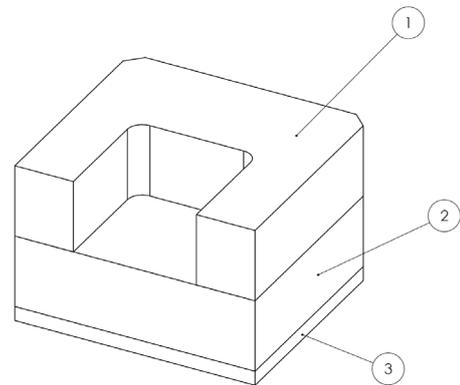


Fig. 190. 1º Desenvolvimento do inserto de GCF

Com os insertos em CGF como base para trabalhar, e tendo-se em mente, os pontos negativos assinalados e explicados anteriormente:

1. A posição do recorte para os acessórios
2. A dimensões dos insertos

Decidiu-se, neste primeiro desenvolvimento, antes da embalagem seguir para os teste de validação, efetuar duas modificações:

1. O recorte para os acessórios vai ser removido e a embalagem vai ser testada e vai-se compreender se, mesmo assim, sem a alteração da forma geral, estamos a trabalhar com material suficiente. E deixa-se esta questão para resolver e solucionar no próximo desenvolvimento, já com mais informação sobre as quantidades de material necessárias para proteção de cada uma das faces/lados do produto.

2. Para um melhor ajuste dos insertos à caixa de cartão, imobilizando totalmente o produto a embalar, foram acrescentados 10 mm de altura a cada inserto. Desta forma, colmatou-se a folga de cerca de 20 mm existente na caixa, como se constatou. Esta folga é bem visível, na figura 185, com os insertos de EPE.

O restante da solução, em termos de design, foi mantido, pois, tal como assinalado nos pontos positivos, nem toda a conceção da solução anterior era precária.

Desta feita, dá-se por preparados os insertos para seguirem para o teste de compressão, vibração e, finalmente, o mais agressivo, o teste de queda livre. Nas imagens ao lado, expõem-se os insertos com as alterações mencionadas e explanadas. Na primeira imagem, no desenho tridimensional do inserto, é facilmente notória a ausência do recorte para os acessórios e o acrescento que se fez. Este acrescento não tem de ser necessariamente uma nova camada de material, pois podem ser aumentadas as espessuras das duas ou de uma das camadas existentes. O desenho pretende, apenas, destacar a alteração.



Figs. 191-193. Insertos em GCF, réplicas dos insertos em EPE

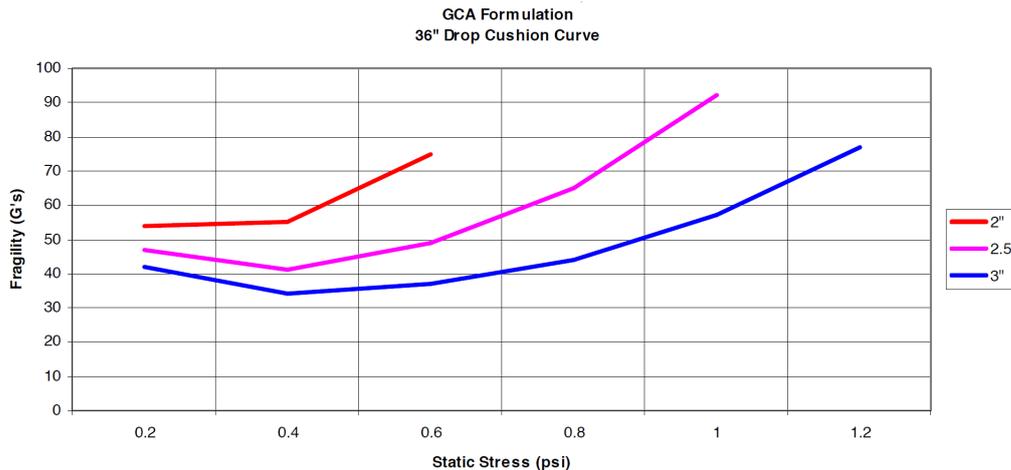


Fig. 194. Curva de Amortecimento da espuma de GCF, para uma queda de 91,4 cm, com peso específico de 37 Kg/m<sup>3</sup>

Ainda no primeiro desenvolvimento, antes de se encaminhar a embalagem para os testes, foram calculados, os G's que estes inserts/desenhos, estão preparados para suportar. Para tal, recorreu-se à curva de amortecimento que o fornecedor cedeu, sobre o seu material. A altura da queda não é exatamente a que o nosso teste exige mas está-se a falar de uma diferença de menos de 60 mm. Uma diferença mínima, tolerável, para realizar os cálculos.

#### FACES SUPERIOR E INFERIOR

Sendo a face superior da caixa (1) e a face inferior (3), iguais, a nível de área de material para amortecimento da queda, basta calcular o valor de G's esperado para uma delas consoante a quantidade de material e respetiva espessura dos inserts.

Assim, a área de amortecimento de impacto da face superior, (face 1, segundo a fig.107), é composta pela soma das áreas dos dois retângulos superiores, assinalados, na figura 195. A inferior é, por sua vez, composta pela somas das áreas dos dois retângulos inferiores.

**Área dos retângulos 1 e 3: 8,4 x 8 cm = 67,7 cm<sup>2</sup>**

**Peso Produto: 300 g**

$$2 \times 67,7 \text{ cm}^2 = 134,4 \text{ cm}^2$$

$$300 \text{ g} / 134,4 \text{ cm}^2 = 2,23 \text{ g/cm}^2 = 0,03 \text{ psi}$$

Como 0,03 psi não aparece no gráfico, previu-se a continuidade da curva vermelha (de 2"), através da elaboração de um gráfico de linhas de tendência como se pode observar na figura 196. De realçar que, apesar de se tratar de um gráfico relativo à espuma com a mesma densidade e espessura da que se utilizou nos inserts, a altura da queda (91,4cm) a que o gráfico se refere, difere quase 6 cm da queda que vai ser submetida a embalagem (97cm). Mesmo que os valores obtidos fiquem um pouco fora do limite da ideal da curva a diferença não é assim tão grande, ainda para mais quando se vai sub-

meter os inserts a uma queda maior, como se explicou. Por estes motivos assume-se a margem de erro e as previsões vão ser apresentadas numa janela de valores.

Em suma, a janela de valores G's para estas faces deve variar entre os 40 e os 80 G's aproximadamente.

**Previsão face superior (1): 40 a 80 G's**

**Previsão face inferior (3): 40 a 80 G's**

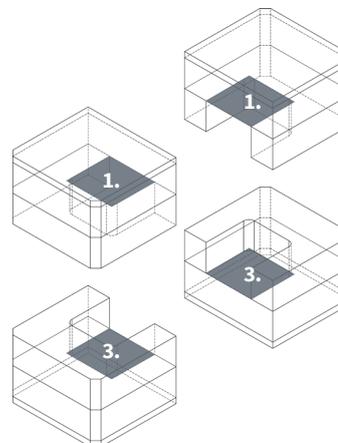


Fig. 195. Área de amortecimento das faces superior e inferior

#### FACES FRONTAL E POSTERIOR

Quanto às faces laterais de maiores dimensões, a frontal (2) e a posterior (4), estas são compostas pela somas dos quatro retângulos cada uma, como se observa na figura 197.

**Área dos retângulos 2 e 4: 8 x 5 cm = 40 cm<sup>2</sup>**

**Peso Produto: 300 g**

$$4 \times 40 \text{ cm}^2 = 160 \text{ cm}^2$$

$$300 \text{ g} / 160 \text{ cm}^2 = 1,88 \text{ g/cm}^2 = 0,03 \text{ psi}$$

De realçar que se trata de valores arredondados, apenas para simular um resultado aproximado.

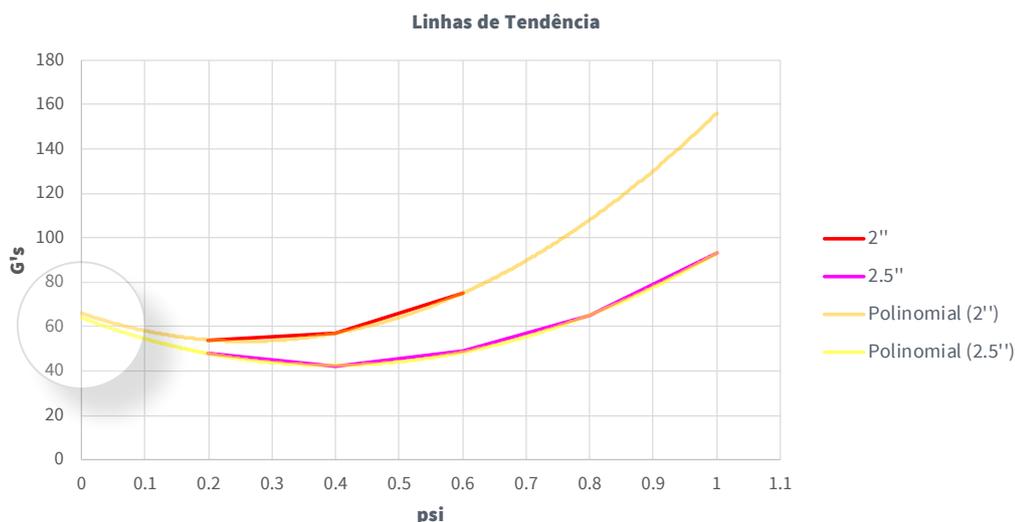


Fig. 196. Linhas de tendências das curvas 2'' e 2.5''

Neste exemplo, mais uma vez se obteve 0,03 psi, assim, analisando da mesma forma que no exemplo anterior, pois a diferença das espessura é mínima, pode-se concluir que a janela de valores deve andar entre os 40 e os 80 G's.

Neste sentido, e como mais uma vez a curva rosa termina nos 0,2 psi, no gráfico, previu-se a sua continuidade e concluiu-se que a janela de valores deve andar entre os 40 e os 80 G's.

**Previsão face frontal (2): 40 a 80 G's**

**Previsão face lateral direita (6): 40 a 80 G's**

**Previsão face posterior (4): 40 a 80 G's**

**Previsão face lateral esquerda (5): 40 a 80 G's**

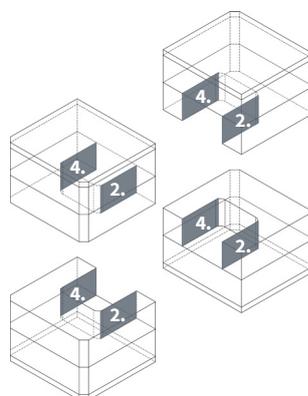


Fig. 197. Área de amortecimento das faces frontal e posterior

#### FACES LATERAL DIREITA E ESQUERDA

Quanto às faces laterais de menores dimensões, a lateral direita (6) e a lateral esquerda (5), estas são compostas pela soma dos dois retângulos cada uma, como se observa na figura 198.

**Área dos retângulos 6 e 5: 5 x 8,4 cm = 42 cm<sup>2</sup>**

**Peso Produto: 300 g**

$$2 \times 42 \text{ cm}^2 = 84 \text{ cm}^2$$

$$300 \text{ g} / 84 \text{ cm}^2 = 3,57 \text{ g/cm}^2 = 0,05 \text{ psi}$$

Neste caso, e como a espessura da espuma nestas áreas é de 7 cm, vai-se utilizar como referência no gráfico, a curva rosa, que é para espuma de 2,5'' de espessura, a mais aproximada da espuma que estamos a analisar.

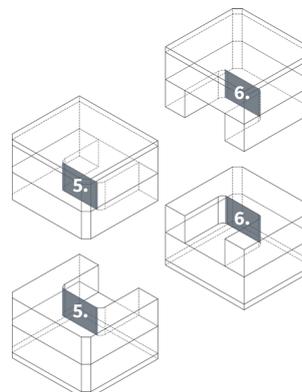


Fig. 198. Área de amortecimento das faces lateral direita e esquerda

Apesar de ser só uma previsão para as 6 faces, pois não vão ser previstos os valores para as arestas e para o canto que vai ser testado no teste de queda livre, é uma referência teórica que demonstrou que, aparentemente, a quantidade de material é suficiente para amortecer a queda deste produto, o Fipad. Pois não se esperam valores muito acima dos 80 G's, nem muito abaixo dos 40 G's (fig.196), segundo esta estimativa, em nenhuma das seis faces. Estes valores G's são aceitáveis, visto que é um produto que não tem restrição de G's. No entanto, perante os dados recebidos e calculados, e com as margens de erro admitidas, a estimativa é muito geral, sem capacidade e detalhe para distinguir os valores previstos para cada face.

Posteriormente, vai-se verificar, ou não, a veracidade deste valores, ainda que muito genéricos.

## 3.6.3.

**TESTE DE COMPRESSÃO**

O teste de compressão vai ser o primeiro a ser realizado à embalagem final. Este teste, como já foi explicado, tem por objetivo a simulação de uma situação de empilhamento com base na aplicação de uma força. É um teste à capacidade de carga de uma embalagem prevendo-se deformações ou quebras na embalagem.

Antes de se iniciar o teste é necessário calcular a força de compressão a que a caixa vai ser submetida. Este cálculo é representado pela seguinte equação.

$$FC = [m * (NE - 1) * A * g] * B$$

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADE	VALOR
<b>FC</b>	Força de compressão	N	?
<b>m</b>	Massa do produto	Kg	3,304
<b>NE</b>	Número de Embalagens (empilháveis)	unidades	5
<b>A</b>	Fator de compensação	-	5
<b>g</b>	Aceleração da gravidade	m/s <sup>2</sup>	9,81
<b>B</b>	Fator de compensação de tempo e compressão	-	1,4

Tab. 26 Valores para a equação

Depois de preenchida a tabela com os valores em falta, o peso do produto embalado (3,304 kg) e o número de embalagens que é possível empilhar (5 unidades), resolveu-se a seguinte equação. Para calcular o número de embalagens empilháveis teve-se em consideração o tamanho máximo de empilhamento (202,5 cm), e a altura da caixa (39,1 cm).

$$[3,304 * (5 - 1) * 5 * 9,81] * 1,4 = 907.54 N$$

Através deste cálculo, soube-se que 907.54 N é a força de compressão que vai ser exigida à embalagem.

Com este valor definido, foi apenas necessário programar o equipamento de compressão disponibilizado pela Bosch e colocar nele a embalagem para o teste.

O teste terminou com a força máxima alcançada, não se observando danos na caixa e no produto. Segue-se o resumo do teste, bem como o gráfico respetivo.

**RESUMO DO TESTE (GCF)**

Norma aplicada: **ISTA 2A**

Tipo de Máquina: **Máquina de Compressão TLS**

Velocidade de teste: **13 mm / min.**

Altura de empilhamento: **2,025 m**

Fator de compensação: **5**

Força de compressão: **907,54 N**

Fim do teste: **Força de compressão alcançada**

Danos no produto: **Não detetados**

Danos na embalagem: **Não detetados**

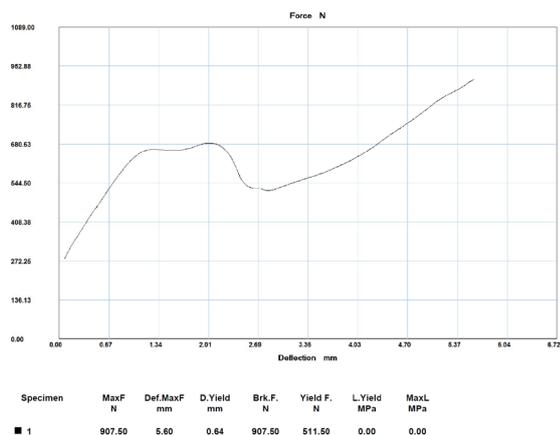


Fig. 199. Gráfico do teste de compressão (GCF)

Apesar de se verificar uma quebra no gráfico de compressão, cujo motivo é desconhecido, o teste atingiu os 907, 50 N, sem se verificar qualquer problema ou defeito na embalagem ou no produto.



Figs. 200 e 201. Embalagem no teste de compressão

Nas imagens 202 a 203 pode-se observar que não houve danos visíveis na caixa nem nos insertos. Bem como o produto se manteve intacto.



Figs. 202-203. Caixa e insertos após teste de compressão



Figs. 204-205. Produto após teste de compressão

Em seguida, para se comparar, apresenta-se o resumo e o gráfico resultante do teste da compressão da embalagem antiga, em EPE.

#### RESUMO DO TESTE (GCF)

Norma aplicada: **ISTA 2A**

Tipo de Máquina: **Máquina de Compressão TLS**

Velocidade de teste: **13 mm / min.**

Altura de empilhamento: **2,025 m**

Fator de compensação: **5**

Força de compressão: **935,2 N** (este valor difere devido ao peso da embalagem total com os insertos em EPE)

Fim do teste: **Força de compressão alcançada**

Danos no produto: **Não detetados**

Danos na embalagem: **Não detetados**

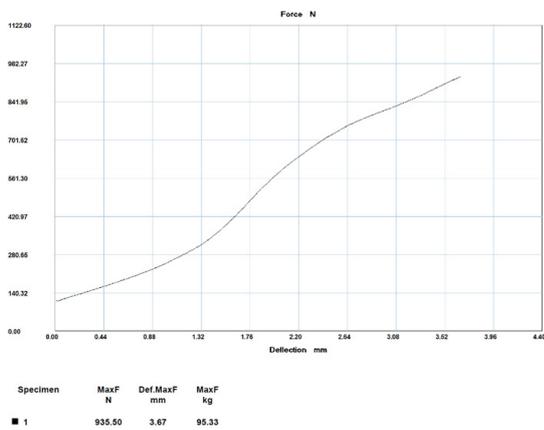


Fig. 206. Gráfico do teste de compressão (GCF)

Como se verifica, o teste atingiu os 935,2 N, sem se verificar qualquer problema ou defeito na embalagem. Tal como no anterior não resultaram danos para o produto, para os insertos ou para caixa. Isto pode ser comprovado pelas imagens seguintes.



Figs. 207-208. Caixa e insertos após teste de compressão



Fig. 209. Produto após teste de compressão

Como se verificou, a embalagem com o novo material, o GCF, passou com sucesso neste teste, da mesma forma que a embalagem antiga em EPE. Nenhuma das embalagens traz defeitos ou danos para o produto quando empilhadas em palete.

Todavia, este teste depende sempre muito da caixa de cartão exterior que, na maioria das vezes, mesmo vazia, tem a capacidade para suportar determinadas forças. E nos dois casos a caixa utilizada foi a mesma, pois não é objetivo substituir esta caixa.

Findo este teste com sucesso a embalagem deve seguir para o teste de vibração.

3.6.4.

### TESTE DE VIBRAÇÃO

O teste de vibração vertical tem como principal objetivo a simulação da vibração a que uma embalagem está sujeita durante o manuseio e transporte. Este teste duplica os efeitos da vibração para que se possa prever eventuais problemas, no caso de existirem.

Antes de se iniciar o teste, decidiram-se os parâmetros utilizados. Segundo o departamento de embalagens da Bosch, este teste normalmente é realizado com o equipamento configurado para uma vibração fixa, a fazer 230 ciclos por minuto, com uma frequência baixa na ordem dos 3,833333333 Hz, durante 62 minutos.

Configurado o equipamento, foi colocada a embalagem na mesa vibratória juntamente com outras embalagens.

Duração: **62 minutos**

Danos no produto: **Não detetados**

Danos na embalagem: **Não detetados**

Sujidade dentro da caixa: **Não detetada**

A sujidade não é relevante, porque na versão que foi aprovada deste material, a espuma é revestida com um filme de LDPE reciclável, ou seja, os insertos estão selados, impossibilitando qualquer libertação de partículas ou poeiras dentro da caixa.

Em suma, a embalagem segue para o próximo teste sem danos. Quer a caixa, como os insertos, como o produto, como vemos nas imagens abaixo, não foram estragados nem ficaram com danos, aparentemente, notórios.



Figs. 210-211. Embalagem durante o teste de vibração

#### RESUMO DO TESTE (GCF):

Norma aplicada: **ISTA 2A**

Tipo de Máquina: **LAB Simulador de transporte**

Tipo de vibração: **Fixa de baixa frequência**

Ciclos por minuto: **230 (rpm)**

Frequência: **3,833333333 Hz**



Figs. 212-215. Caixa, insertos (GCF) e produto depois do teste de vibração vertical

No teste da embalagem antiga, em EPS, que seguiu os mesmos parâmetros do teste à embalagem em GCF, não se constatou qualquer defeito ou problema com a embalagem. Como se pode observar nas imagens abaixo, nem a caixa, nem os insertos, nem o produto ficaram danificados ou com marcas, aparentemente, notórias.

#### RESUMO DO TESTE (EPE):

Norma aplicada: **ISTA 2A**

Tipo de Máquina: **LAB Simulador de transporte**

Tipo de vibração: **Fixa de baixa frequência**

Ciclos por minuto: **230 (rpm)**

Frequência: **3,833333333 Hz**

Duração: **62 minutos**

Danos no produto: **Não detetados**

Danos na embalagem: **Não detetados**

Sujidade dentro da caixa: **Não detetada**



Fig. 216. Caixa exterior de cartão depois do teste de vibração vertical



Figs. 217-218. Inserção (EPE) e produto depois do teste de vibração vertical

Pode-se afirmar que, ao nível do teste de vibração, a embalagem atual, com os insertos em GCF, teve um desempenho equiparado à embalagem antiga, com os insertos em EPE. Em nenhuma das duas houve rasgões, dobras, ou marcas graves e visíveis na caixa externa, nos insertos ou no produto. Com base nos resultados deste teste, a embalagem está apta para prosseguir para o próximo teste.

De realçar que para cada um dos testes foi utilizada uma caixa de cartão nova. É a única forma de se perceber quais marcas ficam na caixa e em que testes isso acontece.

### 3.6.5. TESTE DE QUEDA

O teste de queda livre vai apurar a capacidade de uma embalagem suportar eventuais quedas na distribuição. É com este teste que se percebe, muitas vezes, que são necessárias alterações nos insertos para melhorar o desempenho da embalagem no transporte.

Para este teste, e para uma melhor comparação entre as duas embalagens, a atual (EPE) e a nova (GCF), foi feita a medição dos G's, em cada uma das quedas. Possibilitando uma comparação direta entre os gráficos resultantes das quedas de cada uma.

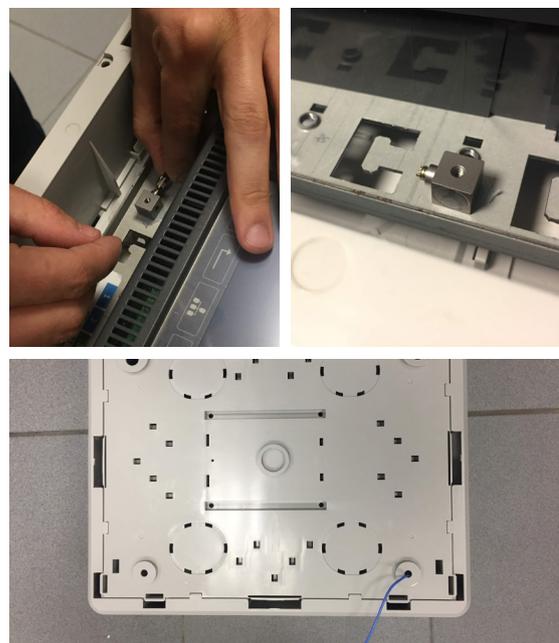
Assim, o teste inicia-se com a marcação dos lado da caixa, tal como na figura 219, cada face, aresta e canto a testar tem um nome e uma ordem. Inicia-se pelas faces de maiores dimensões até às de menores dimensões (face 6,5,4,2,3 e 1). As quedas finais são compostas pelas laterais que tem ligação ao canto mais fraco (aresta 3-5, aresta 2-3 e junta de fabrico da caixa) e por último, o canto mais fraco da caixa (canto 2-3-5).

Normalmente este teste é realizado a 97 cm de altura. Este teste é baseado na padrão ISTA 2A, com ligeiras alterações.

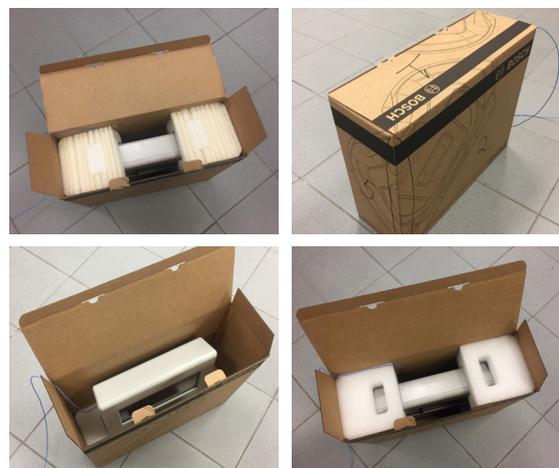
Nas imagens seguinte, observa-se a marcação das caixas e instalação do acelerómetro no produto. Quer para a embalagem em EPE, quer para a embalagem em GCF.



Fig. 219. Marcação das caixas, numerando e assinalando as faces, as arestas e o canto para queda.



Figs. 220-222. Instalação do acelerómetro no produto



Figs. 223-226. Inserção do produto com acelerómetro dentro da embalagem em GCF e da embalagem em EPE

Ainda que estas embalagens tenham sido testadas separadamente, os resultados das duas vão ser expostos e analisados juntamente.

**QUEDA FACE 6 (GCF)**

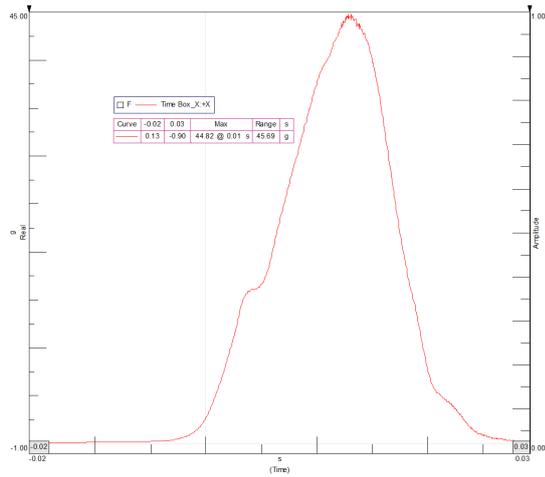


Fig. 227. Gráfico de G's filtrado - queda face 6 (GCF)

**QUEDA FACE 6 (EPE)**

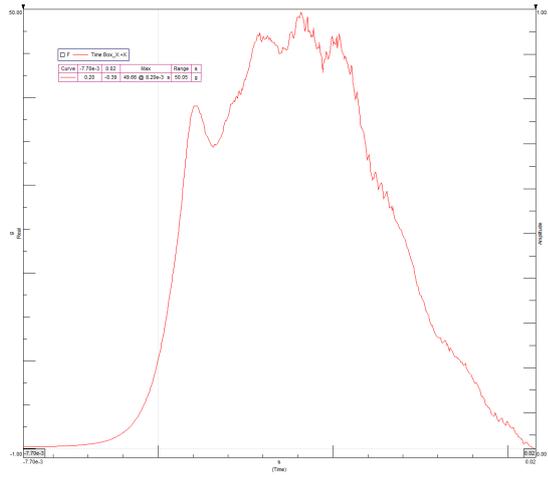


Fig. 228. Gráfico de G's filtrado - queda face 6 (EPE)

**QUEDA FACE 5 (GCF)**

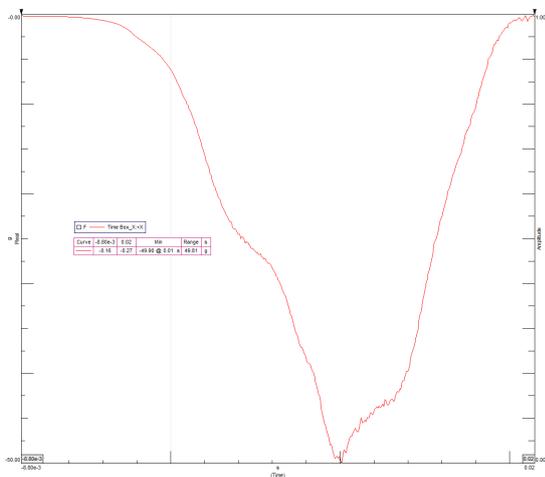


Fig. 229. Gráfico de G's filtrado - queda face 5 (GCF)

**QUEDA FACE 5 (EPE)**

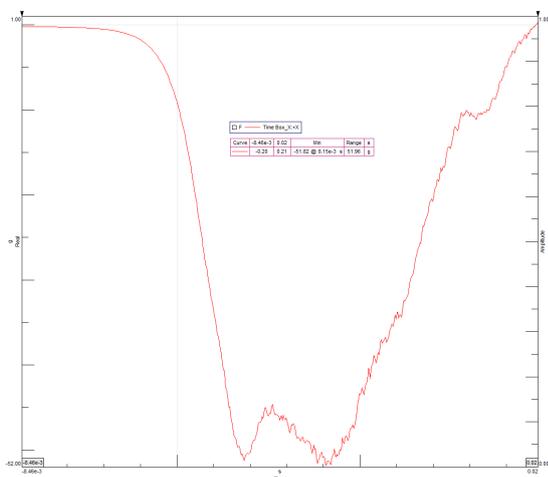


Fig. 230. Gráfico de G's filtrado - queda face 5 (EPE)

**QUEDA FACE 4 (GCF)**

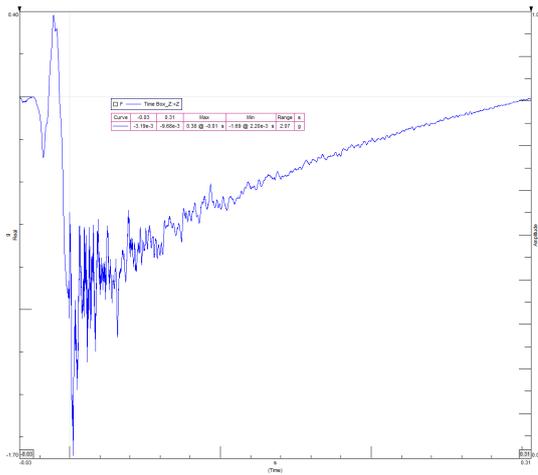


Fig. 231. Gráfico de G's filtrado - queda face 4 (GCF)

**QUEDA FACE 4 (EPE)**

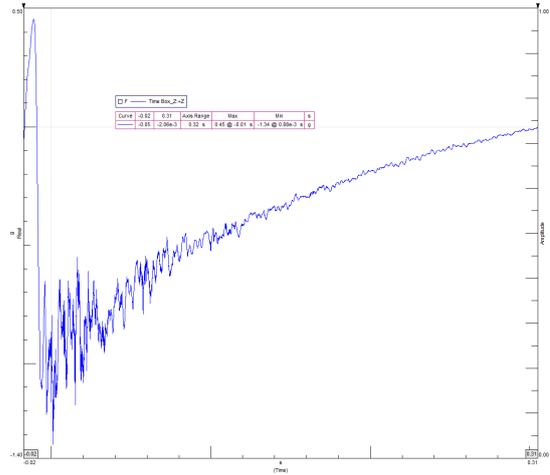


Fig. 232. Gráfico de G's filtrado - queda face 4 (EPE)

**QUEDA FACE 2 (GCF)**

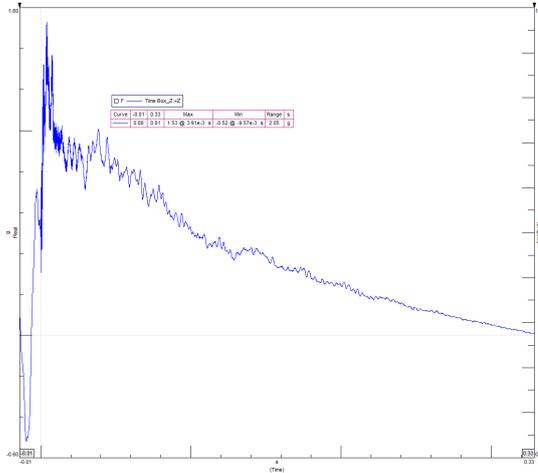


Fig. 233. Gráfico de G's filtrado - queda face 2 (GCF)

**QUEDA FACE 2 (EPE)**

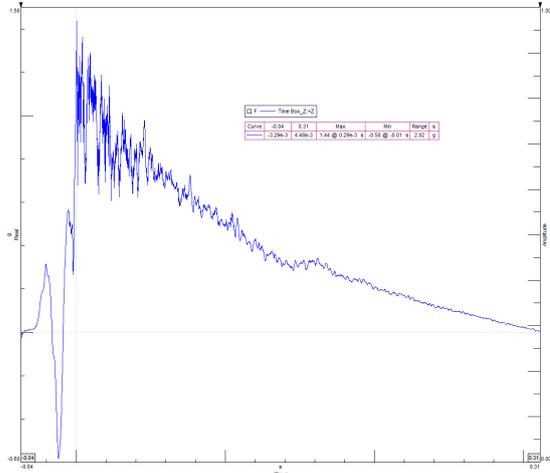


Fig. 234. Gráfico de G's filtrado - queda face 2 (EPE)

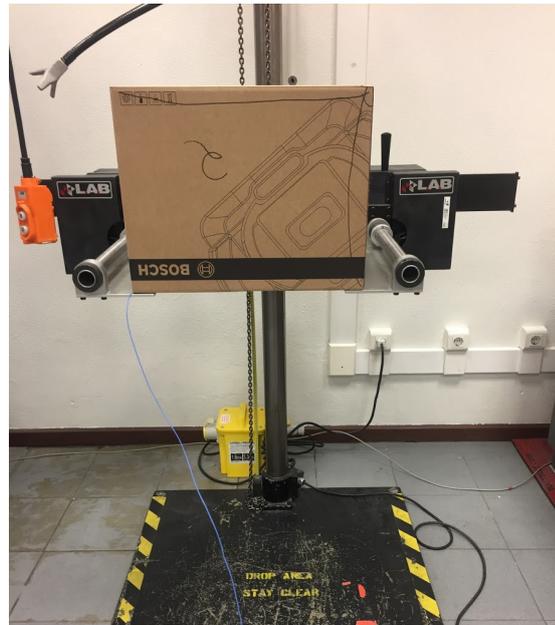


Fig. 235. Queda face 1

**QUEDA FACE 3 (GCF)**

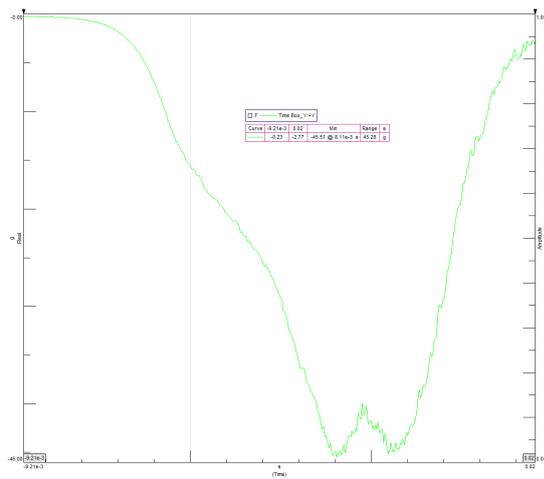


Fig. 236. Gráfico de G's filtrado - queda face 3 (GCF)

**QUEDA FACE 3 (EPE)**

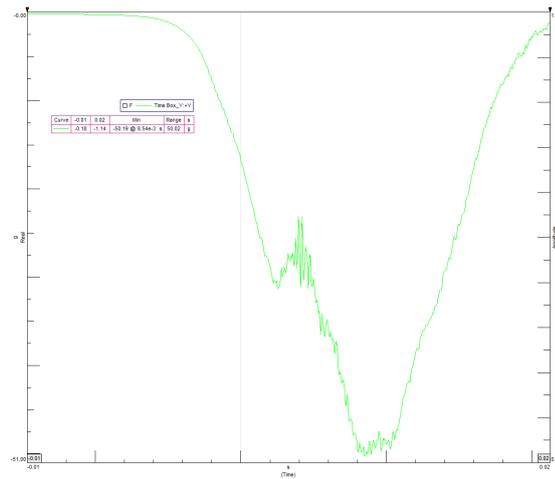


Fig. 237. Gráfico de G's filtrado - queda face 3 (EPE)

**QUEDA FACE 1 (GCF)**

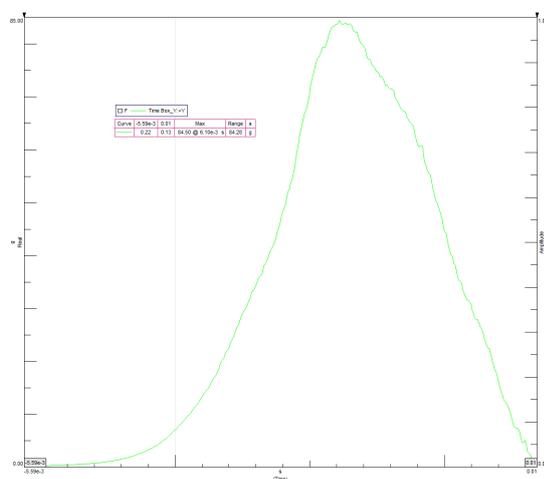


Fig. 238. Gráfico de G's filtrado - queda face 1 (GCF)

**QUEDA FACE 1 (EPE)**

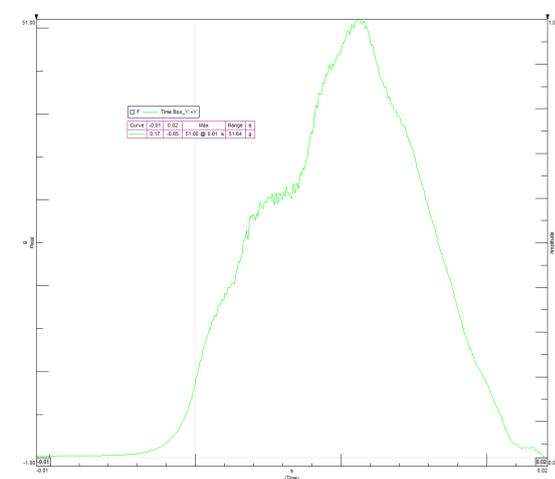


Fig. 239. Gráfico de G's filtrado - queda face 1 (EPE)

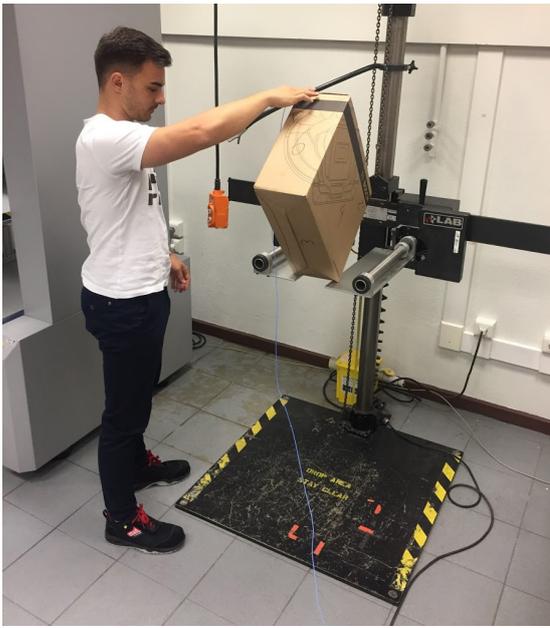


Fig. 240. Queda aresta 3-5

**QUEDA ARESTA 3-5 (GCF)**

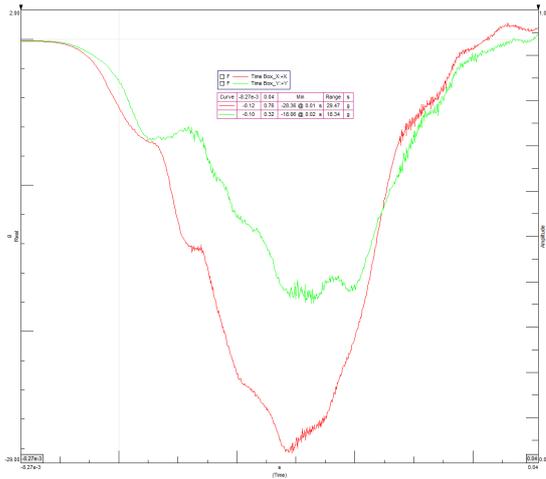


Fig. 241. Gráfico de G's filtrado - queda aresta 3-5 (GCF)

**QUEDA ARESTA 3-5 (EPE)**

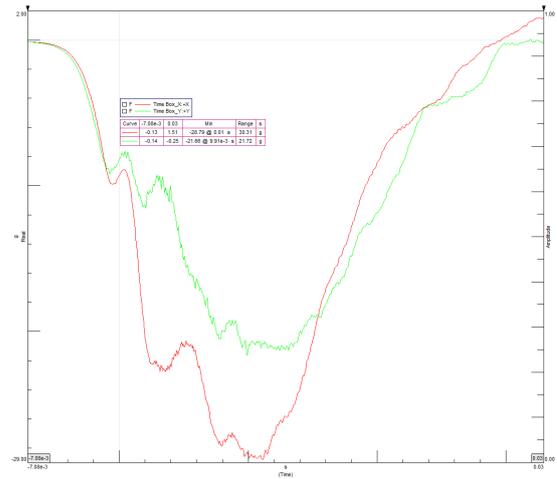


Fig. 242. Gráfico de G's filtrado - queda aresta 3-5 (EPE)

**QUEDA ARESTA 2-3 (GCF)**

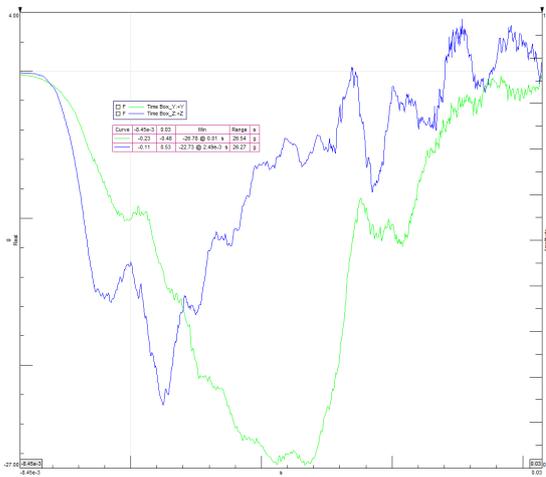


Fig. 243. Gráfico de G's filtrado - queda aresta 2-3 (GCF)

**QUEDA ARESTA 2-3 (EPE)**

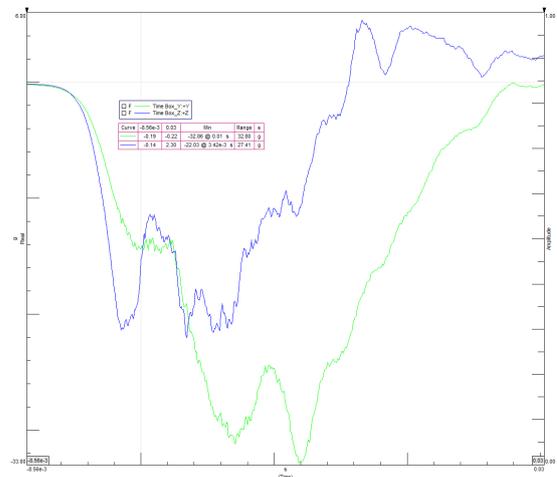


Fig. 244. Gráfico de G's filtrado - queda aresta 2-3 (EPE)



Fig. 245. Queda canto 2-3-5

**QUEDA JUNTA FABRICO CAIXA (ARESTA 2-5) (GCF)**

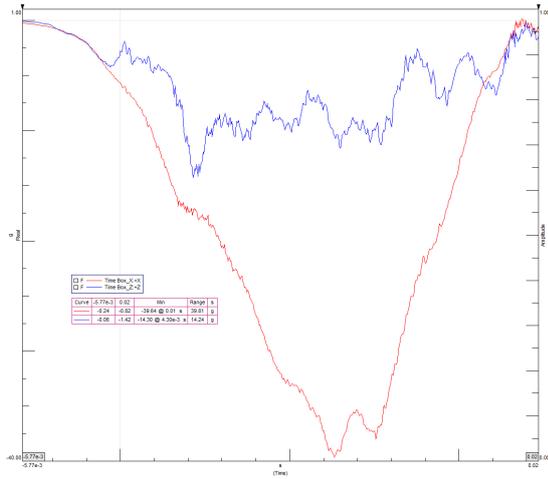


Fig. 246. Gráfico de G's filtrado - queda aresta 2-5 (GCF)

**QUEDA JUNTA FABRICO CAIXA (ARESTA 2-5) (EPE)**

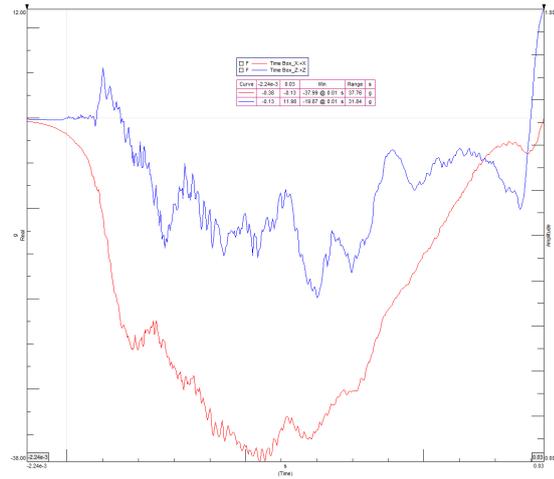


Fig. 247. Gráfico de G's filtrado - queda aresta 2-5 (EPE)

**QUEDA CANTO 2-3-5 (GCF)**

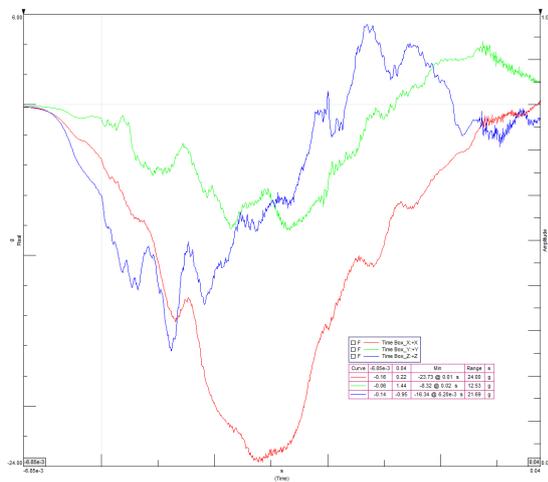


Fig. 248. Gráfico de G's filtrado - queda canto 2-3-5 (GCF)

**QUEDA CANTO 2-3-5 (EPE)**

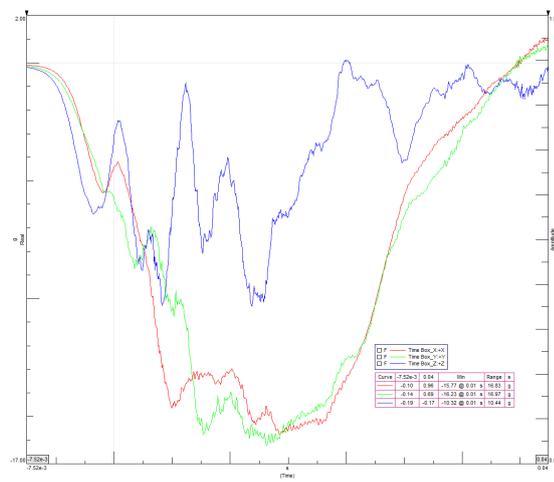


Fig. 249. Gráfico de G's filtrado - queda canto 2-3-5 (EPE)

G's	GRÁFICO GCF FILTRADO	GRÁFICO EPE FILTRADO	PREVISÃO GERAL CALCULADA
FACE 6	44,82	49,66	40 - 80
FACE 5	49,90	51,82	40 - 80
FACE 4	inconclusivo	inconclusivo	40 - 80
FACE 2	inconclusivo	inconclusivo	40 - 80
FACE 3	45,51	50,19	40 - 80
FACE 1	84,50	51,00	40 - 80
ARESTA 3-5	28,36	28,79	não calculada
ARESTA 2-3	26,78	32,86	não calculada
JUNTA FABRICO CAIXA (ARESTA 2-5)	39,64	37,99	não calculada
CANTO 2-3-5	23,73	16,23	não calculada

Tab 27. Síntese resultados obtidos, através do gráficos de G's, no teste de queda

Como se pode observar, os gráficos das primeira seis quedas são relativos aos impactos da faces, logo é justificável o impacto aparecer apenas numa curva/eixo. Cada face cai apenas num dos sentidos, X ou Y ou Z, obtendo-se apenas uma curva de G's. Sendo um teste de queda livre, por vezes, as outras direções não envolvidas também captaram alguma desaceleração, contudo esta não foi considerada nem se encontra representada no gráfico por ser irrelevante.

Quanto aos gráficos das arestas, os G's foram sentidos em dois eixos, visto que a queda em aresta da caixa envolve duas direções. Nestes gráficos observam-se duas curvas. O valor da aceleração retirado foi o da curva com os G's mais elevados.

Finalmente, na última queda, do canto, o gráfico envolve os três eixos, obtendo-se três curvas diferentes. O valor da aceleração retirado foi o da curva com os G's mais elevados.

Todos os gráficos foram filtrados no Simcenter Testlab 18.

Por forma a sumarizar estes testes, elaborou-se a tabela acima, onde se pode comparar a informação resultante de cada queda entre a embalagem em GCF e a embalagem em EPE, bem como com a janela de valores prevista para as quedas das faces.

Perante estes resultados pode concluir-se que ambas as embalagens passam com sucesso o teste, não se obtendo valores acima dos 85 G's, em nenhuma das quedas. O que é suficiente para um produto sem restrições de G's. No entanto, a média dos valores anda entre os 44 G's e os 51 G's, com a exceção da queda da face um que deu 84 G's. Este valor distingue-se consideravelmente dos anteriores, sem motivo aparente. Pois mesmo na face oposta, a face 3, onde o mesmo peso é exercido sobre a mesma área dos insertos, o valor foi muito mais baixo - 45,51 G's. Aquele valor pode ter sido, provavelmente, devido ao facto de nesta face os inser-

tos terem sido "remendados". Isto porque se desistiu do orifício dos acessórios, e encaixou-se neste espaço um acréscimo de espuma. Acredita-se, por isso, que este mesmo acréscimo tenha cedido na queda desta face, provocando um valor mais elevado. Pode-se ver este pormenor na imagem seguinte.

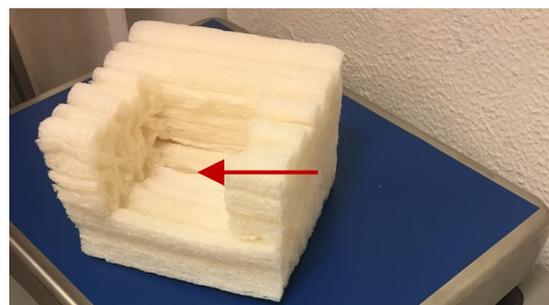


Fig. 250. Acrescimento de espuma que cedeu na queda da face 1

Quanto à face 4 e à face 2, os valores foram inconclusivos porque foram estranhamente baixos. Apesar de não haver bases para justificar o que aconteceu, pois o mesmo só poderia ser apurado com uma câmara de alta velocidade, supõe-se que o facto do acelerómetro ter sido fixo à estrutura metálica do produto que é, por sua vez, envolvida e protegida pela carcaça de plástico do aparelho, tenha originado tais resultados. Isto porque na queda a carcaça de plástico absorveu a maior parte da aceleração e só depois a transmitiu para o produto/acelerómetro numa menor intensidade. Não passa, porém, de uma suposição.

Quanto às previsões calculadas, no primeiro desenvolvimento, estas batem certo com o resultado geral das seis faces. E como se constata, era realmente difícil prever os valores para cada face porque as desacelerações obtidas foram em todas elas muito semelhantes.

Desta forma pode-se concluir que a nova embalagem em GCF, passa com sucesso o teste de queda livre. Pois, mesmo que os valores obtidos sejam os registados, admitindo-se o valor da face 1 mais elevado do que os restantes, a embalagem, como nem tem restrições G's, passa com sucesso. Realçando ainda que em quase todas as quedas os valores foram muito próximos dos da embalagem em EPE, tendo-se, em alguns casos, até obtido valores ligeiramente melhores.

A embalagem é também aprovada porque não se detetou danos no produto, e as ligeiras deformações registadas na caixa e nos inserts são plausíveis de serem aceites.

#### RESUMO DO TESTE (GCF e EPE):

Norma aplicada: **ISTA 2A (modificada)**

Tipo de Máquina: **AccuDrop 125 - LAB**

Altura da queda: **97 cm**

Danos no produto: **Não detetados**

Danos na embalagem: **Aceitáveis**

Seguem-se as fotos das caixas testadas e dos inserts, onde se podem observar os danos aceites, bem como as fotos do produto sem qualquer defeito.



Figs. 253-255. Inserts (EPE e GCF) depois do teste de queda - deformações aceitáveis



Figs. 256-257. Produto sem marcas ou danos depois do teste de queda



Figs. 251-252. Embalagens depois do teste de queda

3.6.6.

## 2º DESENVOLVIMENTO

No segundo desenvolvimento, projetaram-se e desenharam-se algumas alterações para os inserts. Obtendo-se o que se acredita ser a resposta final deste processo de desenvolvimento da nova embalagem. O ideal teria sido a realização dos testes anteriores com esta solução, no entanto, os testes foram realizados antes de se chegar a um consenso sobre o melhor design para a peça, visando os conselhos de manufatura do fornecedor, visando o seu preço e visando a inserção dos acessórios. Pois este orifício havia sido removido por se concluir que estava posicionado num sítio pouco adequado, onde entrava em contacto com o produto.

Assim desenhou-se o inserto da figura 258. Esta inserto apresenta duas modificações, ainda que pequenas, relativamente ao anterior, do primeiro desenvolvimento.

Primeiro posicionou-se o recorte para os acessórios na parte de trás do inserto. Desta forma, estamos a retirar material à face com mais espessura (7cm). Esta é também a face ou as faces, dependendo da orientação do inserto, que no teste de queda obtiveram valores de G's entre os 45 e os 50, ou seja, muito bons valores. Finalmente, e não menos importante, reduziu-se ligeiramente o tamanho do recorte até ao mínimo possível. Acrescenta-se ainda que assim os acessórios não estão em contacto com o produto.

Depois, e a conselho do fornecedor, removeu-se as arestas quinadas e boleadas porque este material, como é mais maleável (que o EPE), não necessita desses detalhes para facilitar a sua colocação dentro da caixa. Bem como não necessita que sejam criadas zonas de ar que favorecem no teste de queda, porque o próprio material contém flutes ocultos onde passa o ar. Esta alteração favorece sobretudo na produção, pois são detalhes muito pequenos para serem feitos por um cortante num material irregular como o GCF.

De realçar que estes inserts serão revestidos com um filme reciclável de PE, pois na solução prototipada para

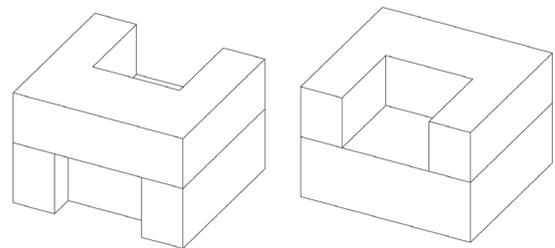


Fig. 258. 2º Desenvolvimento do inserto de GCF

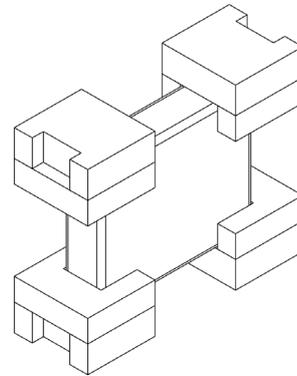


Fig. 259. Esquema da solução final dentro da caixa

os testes anteriores não se incluiu o filme, visto que o que se queria testar era o desempenho da espuma. E o filme só é necessário para que o material possa enfrentar ambientes com graus elevados de humidade. A utilização deste saco é aceitável, porque, bem como nos inserts, os próprios produtos eletrónicos da Bosch seguem sempre embrulhados num saco plástico. Num passo posterior talvez fosse importante trabalhar na alteração dos sacos, quer nos inserts quer nos produtos, com o intuito de os tornar biodegradáveis e compostáveis em casa.

Caso os resultados dos testes não fossem os esperados, e se provasse que os insertos, para o novo material, teriam de ser maiores para proteger o produto ou para o material não ficar com deformações permanentes, tinha-se desenhada atempadamente uma solução alternativa.

Apesar de nas curvas de amortecimento não se ter previsto a utilização de pouco material, estava-se a lidar com um novo material e foi preciso tomar precauções. Pois mesmo que o material fosse o suficiente, poderia ser necessário aumentar a quantidade de material para reduzir os G's. Felizmente, os G's obtidos foram muito semelhantes aos da embalagem em EPE, e esta solução não avançou.

Nas próximas figuras apresenta-se a solução de recurso projetada durante o desenvolvimento deste projeto.

Esta solução é composta por dois insertos, um superior e outro inferior. Os insertos são compostos por duas camadas de material, com os flutes perpendiculares de forma a se utilizar as melhores direções do material e se conseguir o melhor desempenho que o material oferece. O orifício dos acessórios fica na lateral de maior dimensões, sem estar em contacto direto com o produto.

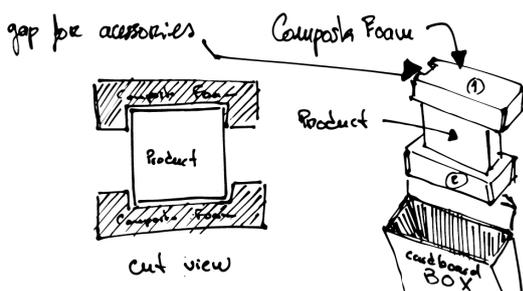


Fig. 260. Esboço solução alternativa

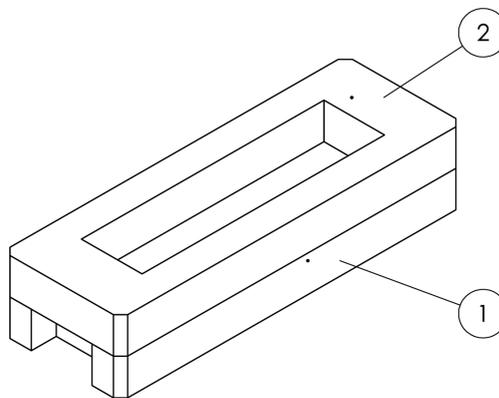


Fig. 261. Solução alternativa



Figs. 262-263. Solução alternativa (imagens virtuais)

## 3.6.7.

**DISCUSSÃO DOS RESULTADOS (VALIDAÇÃO)**

Tanto o material selecionado como a embalagem desenvolvida cumprem com os requisitos impostos para a aceitação de um material e uma embalagem pela Bosch. Por isso, concluiu-se que a embalagem foi aprovada em todas as etapas por que passou.

O material selecionado, o GCF, versão *Plus*, para além de ter passado o teste climático com sucesso e no teste de impacto com resultados razoáveis, revela-se uma mais valia para o ambiente. Ou seja, vai ao encontro do que se pretendia com este projeto, desenvolver uma embalagem com insertos biodegradáveis. Este material é biodegradável e compostável em casa, pode ser queimado de forma limpa e segura e dissolve-se na água. Caso vá parar aos oceanos é uma fonte de alimento para as animais marinhos. É um material com fornecedor nos EUA e no Reino Unido. Apesar de se ter trabalhado com o fornecedor americano, provavelmente, no futuro, a relação com o fornecedor inglês, ficará mais em conta. De realçar que o Green cell foam é o nome utilizado pelo fornecedor com quem se trabalhou, já que no Reino Unido e na Europa este material é conhecido pelo nome de Composta Foam. A densidade do material utilizado é a padrão e a recomendada pelo fornecedor, 37 Kg/m<sup>3</sup>.

Os insertos desenvolvidos com este material, com as devidas alterações abordadas no desenvolvimento do projeto, protegem e condicionam, com sucesso, o Painel de controlo, Fipad. A embalagem passou com sucesso tanto no teste de compressão como no teste de vibração, sem danos resultantes visíveis. No teste de queda, o resultado foi, de certa forma, um pouco melhor do que o previsto, pois todos os valores G's obtidos são comparados aos valores G's obtidos na embalagem antiga, em EPE. Em alguns casos, consegue-se valores ligeiramente superiores. Os danos da embalagem em GCF neste teste foram aceitáveis, tendo em conta os danos pouco notórios nos insertos, bem como a ausência de qualquer arranhão ou marca.

A embalagem final, em GCF, pesa sensivelmente mais 100 gramas do que a embalagem em EPE.

A nível de custo, a ferramenta de corte, necessária quando são produções elevadas, tem um custo de 3648,82 €. Isto é 1873,30 € para o cortante da camada superior do inserto e 1775,52 € para o cortante da camada inferior do inserto. No entanto, os valores da ferramenta inicial não são contabilizados para o custo dos insertos. Este custo está associado ao trabalho de desenvolvimento da embalagem.

Cada um dos insertos custa sensivelmente 0,73€, pouco mais que o custo dos insertos em EPE (0,60 €).

A escolha do fornecedor revela-se agora muito importante, pois falta o custo do transporte. Como se trabalhou com um fornecedor dos EUA, o preço do transporte obtido é para um contentor marítimo que tem a capacidade de transportar 20672 insertos, o que equivale à produção de quase dois anos e meio do Fipad. Pois sabe-se que por anos são produzidos 2093 produtos, cada um leva quatro insertos, ou seja 8372 insertos por ano. 20 930 insertos seria o necessário para dois anos e meio de produção.

Na tabela da página seguinte (tab.28), resumem-se estas informações numa comparação entre as duas embalagens.



Fig. 264. GCF e EPE.

	<b>EMBALAGEM DESENVOLVIDA</b>	<b>EMBALAGEM ATUAL</b>
<b>MATERIAL</b>	Green Cell Foam / Comosta Foam	EPE
<b>REVESTIMENTO MATERIAL</b>	Filme LDPE (reciclável)	sem revestimento
<b>REVESTIMENTO PRODUTO</b>	Filme PE (reciclável)	Filme PE (reciclável)
<b>FIM DE VIDA</b>	Biodegradável Compostável em casa Dissolve-se em água Pode ser queimado	Reciclável
<b>FORNECEDOR</b>	Green Cell Foam / Comosta Foam	Inapa
<b>LOCALIZAÇÃO FORNECEDOR</b>	USA / UK	Portugal
<b>DENSIDADE MATERIAL</b>	37 Kg/m <sup>3</sup>	23 Kg/m <sup>3</sup>
<b>PROCESSO FABRICO INSERTO</b>	Cortar e colar camadas a partir de placas	Cortar e colar camadas a partir de placas
<b>PREÇO INSERTOS</b>	0,71€	0,60 €
<b>PESO EMBALAGEM</b>	3.4 Kg	3.3 Kg
<b>TESTE CLIMÁTICO (MATERIAL)</b>	Aprovado	Aprovado
<b>TESTE IMPACTO (MATERIAL)</b>	Aprovado	Aprovado
<b>TESTE COMPRESSÃO (EMBALAGEM)</b>	Aprovada	Aprovada
<b>TESTE VIBRAÇÃO (EMBALAGEM)</b>	Aprovada	Aprovada
<b>TESTE QUEDA (EMBALAGEM)</b>	Aprovada	Aprovada

Tab 28. Embalagem em GCF vs. embalagem em EPE

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste desafio, lançado pela Bosch, Ovar, e pela FEUP, foi e é um assunto muito pertinente nos dias de hoje. Uma enorme quantidade de resíduos provenientes das áreas das embalagens terminam erradamente em aterros. Com a estratégia de redução drástica dos plásticos da Comissão Europeia, que vem impor regras para um futuro próximo, o desafio apresentava-se motivante, mas difícil.

Em primeiro lugar era necessário descobrir materiais biodegradáveis para estudar, posteriormente era preciso que estes materiais, através das suas propriedades aliadas ao design, conseguissem atuar como bons protótipos e acondicionadores de produtos Bosch.

No desenvolvimento deste projeto, perante as várias dificuldades e contratempos que foram aparecendo, concluiu-se que é possível utilizar materiais biodegradáveis em algumas embalagens, tal como a que se aplicou neste desenvolvimento. No entanto, é preciso todo um estudo e confirmação de que o material selecionado tem a capacidade de proteger um produto. Como se pôde observar, para comprovar isto a embalagem do Fipad passou por vários testes. Em suma, existem materiais que podem ser adequados, pelo menos para alguns produtos. Mesmo que tenham propriedades mecânicas piores, podem ser suficientes, ou podem ser compensadas pelo design (dos insertos). Neste momento, acaba-se de responder a outra questão surgida na problematização, que foi a existência de materiais biodegradáveis com boas propriedades mecânicas. Eles têm boas propriedades e estas podem ser melhoradas ( pelo design) mas é preciso adequar e estudar a implementação deste material na embalagem de um produto. Não esquecendo que para produtos muito grandes e pesados pode ainda não ser uma solução a curto prazo. No entanto, a aplicação em muitos dos produtos pequenos e médios e de baixo e médio peso pode reduzir drasticamente a utilização de materiais não biodegradáveis, com base em combustíveis fós-

seis.

Outra questão levantada, no início deste projeto, foi o investimento em materiais que só se degradam em ambientes prescritos. Primeiro é de relembrar, como foi estudado, que existem materiais compostáveis em casa e materiais compostáveis industrialmente. Os compostáveis em casa não se revelam um problema porque basta colocá-los num compostor e, em mais ou menos tempo, degradam-se. Agora os industrialmente compostáveis necessitam de seguir para instalações com ambientes prescritos, o que pode ser, nos dias de hoje, um problema porque não existe um sistema de recolha destes materiais em Portugal nem na maior parte dos países. Assim, acredita-se que para os dias de hoje os compostáveis em casa são facilmente decompostos, já os compostáveis industrialmente farão a diferença quando um sistema de recolha destes materiais for implementado.

Por este mesmo facto, e perante os sistemas disponíveis, é que foi importante que o material selecionado, tal como a Bosch salientou, fosse compostável em casa.

A utilização destes materiais biodegradáveis é realmente importante pois ajuda a equilibrar o tempo de produção da matéria-prima dos plásticos ao tempo de consumo dos produtos plásticos, porque percebe-se que nem todos os produtos podem de momento abdicar dos plásticos no embalamento.

Ajuda, ainda, na economia dos recursos fósseis e na diminuição da dependência que as atuais gerações têm dos mesmos, criando-se hábitos distintos para gerações futuras.

Finalmente, é um forma de reforçar a imagem das empresas, pois, com a utilização desta matéria prima, mostram as suas preocupações ambientais e os esforços investidos na sustentabilidade, no fim de vida dos materiais.



Durante esta investigação e desenvolvimento fez-se uma apresentação de materiais biodegradáveis encontrados no mercado, num evento Bosch organizado este ano pela Bosch Ovar - Packaging Summit Bosch. Neste reuniram-se profissionais da Bosch de vários países, nomeadamente da Alemanha, Espanha, Suíça, Portugal, entre outros. O principal objetivo foi a troca de conhecimentos e apresentação das evoluções e inovações que têm ocorrido nos vários departamentos de desenvolvimento de embalagem e produto, nos vários países. Neste summit, cuja duração foi de três dias, apresentaram-se os materiais encontrados durante esta investigação, bem como alguns filmes biodegradáveis que não fazem parte desta investigação.

Ainda durante esta investigação, foi escrito um artigo sobre a pesquisa de materiais, para a conferência Wastes 2019, que decorreu nos dias 4,5 e 6 de Setembro em Lisboa, Costa da Caparica. O artigo, intitulado *A brief review on sustainable packaging materials*, foi escrito em colaboração com a Professora Bárbara Rangel, o professor Jorge Lino e a minha colega de curso e estãgio Mónica Oliveira. Este artigo encontra-se no livro que a conferência publicou, *Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities III*, onde estão os artigos selecionados para a 5ª Conferência Internacional Wastes 2019.

Está também prevista uma apresentação, para dia 18 de Setembro, na Empack Porto 2019. Um evento sobre embalagem e logística.

Durante o tempo do estágio na Bosch, onde se desenvolveu grande parte deste projeto, também se ajudou no desenvolvimento de embalagens para outros projetos, tais como o desenvolvimento de soluções para a divisão de Power tools da Bosch, acessórios de máquinas como brocas, serras, discos de corte ...

No estágio também preparamos uma formação de Keyshot para o departamento depois de incentivarmos o departamento a adquirir este programa para criação de imagens virtuais dos produtos antes da sua produção.



Figs. 265-267. Packaging Summit Bosch em Ovar



Figs. 268-270. Apresentação do artigo na conferência Wastes 2019

4.1.

#### **PERSPETIVAS FUTURAS**

Como em qualquer investigação, existe sempre a possibilidade de melhorar e trabalhar áreas e assuntos menos estudados.

Apesar da embalagem desenvolvida ter passado em todos os testes de material e embalagem com sucesso, estes testes não foram realizados com a última solução desenvolvida. Para garantir que a última solução desenvolvida é aprovada para o embalamento, deveria ser, nos próximos passos, submetida aos três últimos testes (compressão, vibração e impacto). Garantido assim, com todos os argumentos que é, ou não, aprovada.

Relativamente ao filme plástico de PE, utilizado no GCF+, bem como o filme plástico utilizado para envolver os produtos eletrónicos, dever-se-ia tentar substituir por um filme biodegradável, preferencialmente compostável em casa, que suportasse elevados graus de humidade, protegendo a espuma em questão. Esta alteração obviamente exige um estudo e deve, obrigatoriamente, ser aprovada pelo teste de condicionamento atmosférico ou climático.

## 5. REFERÊNCIAS

Abdul Khalil, H. P. S., Y. Davoudpour, Chaturbhuj K. Saurabh, Md S. Hossain, A. S. Adnan, R. Dungani, M. T. Paridah, Md Z. Islam Sarker, M. R. Nurul Fazita, M. I. Syakir e M. K. M. Haafiz. 2016. "A review on nanocellulosic fibres as new material for sustainable packaging: Process and applications". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* no. 64:823-836. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116303045>.

ACEPE. 2019a. "EPS". Acedido a 2-2-2019. <https://acepe.pt/composicao-transformacao/>.

———. 2019b. "Tabela de Propriedades do EPS". <https://acepe.pt/tabela-de-propriedades-do-eps/>.

ACMA, American Composites Manufactures Association. 2019. "What are composites?". Acedido a 27-5-2019. <https://acmanet.org/what-are-composites/>.

Agência Portuguesa do Ambiente. 2019. "Mudar a forma de utilizar o plástico". <https://www.apambiente.pt/?ref=x254>.

Al-Oqla, Faris, Othman Alothman, Mohammad Jawaid, S. Sapuan, Mahir Essaheb e Youssef Alothman. 2014. "Processing and Properties of Date Palm Fibers and Its Composites". Em, 1-25.

Arno Melchior, Reckitt Benckiser. 2013. *Sustainability & Packaging 2013*. Bangkok.

AS 5810-2010. 2010. Biodegradable plastics - Biodegradable plastics suitable for home composting. editado por Standards Australia. [https://infostore.saiglobal.com/preview/293436320810.pdf?sku=129547\\_SAIG\\_AS\\_AS\\_274016](https://infostore.saiglobal.com/preview/293436320810.pdf?sku=129547_SAIG_AS_AS_274016).

Ashter, Syed Ali. 2016. "10 - New Developments". Em *Introduction to Bioplastics Engineering*, editado por Syed Ali Ashter, 251-274. Oxford: William Andrew Publishing. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323393966000105>.

Associação Nacional dos Inventores. 2010. "Bioespuma". Acedido a 20-6-2019. <http://www.invencoesbrasileiras.com.br/bioespuma/>.

ASTM D1596-14. 2014. Standard Test Method for Dynamic Shock Cushioning Characteristics of Packaging Material. West Conshohocken: ASTM International. Acedido a 2-3-2019. [www.astm.org](http://www.astm.org).

ASTM D6400-04. 2004. Especificação Padrão para Plásticos Compostáveis. West Conshohocken: ASTM International. Acedido a 02-02-2019. [www.astm.org](http://www.astm.org).

ASTM D6691-17. 2017. Método de Teste Padrão para Determinar a Biodegradação Aeróbica de Materiais Plásticos no Ambiente Marinho por um Consórcio Microbiano Definido ou um Inoculo Natural da Água do Mar. West Conshohocken: ASTM International. Acedido a 5-2-2019. [www.astm.org](http://www.astm.org).

ASTM D6866-18. 2018. Métodos de Teste Padrão para Determinação do Conteúdo de Base Biológica de Amostras Sólidas, Líquidas e Gasosas Usando Análise de Radiocarbono. West Conshohocken: ASTM International. [www.astm.org](http://www.astm.org).

ASTM D6868-17. 2017. Especificação padrão para etiquetagem de itens finais que incorporam plásticos e polímeros

como revestimentos ou aditivos com papel e outros substratos projetados para compostagem aeróbica em instalações municipais ou industriais. West Conshohocken: ASTM International. Acedido a 3-2-2019. [www.astm.org](http://www.astm.org).

ASTM D7026-13. 2013. Guia padrão para amostras e relatório de resultados para determinação do conteúdo de base biológica de materiais via análise de isótopos de carbono. West Conshohocken: ASTM International. Acedido a 2-2-2019. [www.astm.org](http://www.astm.org).

BASF®. 2016. "ecovio® EA - certified compostable expandable particle foam". Acedido a 2018. [https://www.basf.com/global/en/products/plastics-rubber/fairs/BASFatK2016/must\\_sees/ecovio-EA.html](https://www.basf.com/global/en/products/plastics-rubber/fairs/BASFatK2016/must_sees/ecovio-EA.html).

BEWiSynbra Group. 2019. "The world's first CO2 neutral foam". <https://bewisynbra.com/en/innovation/biofoam>.

BioFoam®. "100% bio-based PLA Foam". Acedido a 21-5-2019. <http://biofoam.it/depliant/Biofoam.pdf>.

bioplastics magazine. 2016. "DIN CERTCO first certification body to include newest French compostability standard". Acedido a 2-3-2019. <https://www.bioplasticsmagazine.com/en/news/meldungen/2016-03-24-DIN-CERTCO-first-certification-body-to-include-newest-French-compostability-standard.php>.

Blanco, Claudio, Yves Secretan e Andre Mesquita. 2008. Decision support system for micro-hydro power plants in the Amazon region under a sustainable development perspective. Vol. 12.

BOSCH. 2018. BT Standard for Packaging Products  
Acedido a 16-11-2018.

———. 2019. "Segurança garantida por mãos portuguesas". Acedido a 2-7-2019. <https://www.bosch.pt/a-nossa-empresa/bosch-em-portugal/ovar/>.

Buckhalt, Ron. 2011. "The USDA BioPreferred Program". Presentation to the Biomass Technical Advisory Committee Acedido a 10-3-2019. [https://biomassboard.gov/pdfs/buckhalt\\_tac\\_may\\_2011.pdf](https://biomassboard.gov/pdfs/buckhalt_tac_may_2011.pdf).

Canadian Packaging. 2018. "FIBI-BUFFER: Eco-friendly and multi-applicable buffering material". Última atualização October 15, 2018. Acedido a 5-5-2019. <https://www.canadianpackaging.com/sustainability/fibi-buffer-eco-friendly-and-multi-applicable-buffering-material-161206/>.

CEN. 2014. "European Standard EN 16575:2014. Bio-based products – Vocabulary.". Acedido a 09-3-2019. [ftp://ftp.cen.eu/CEN/Sectors/List/bio\\_basedproducts/DefinitionsEN16575.pdf](ftp://ftp.cen.eu/CEN/Sectors/List/bio_basedproducts/DefinitionsEN16575.pdf).

Clarival, A. M.; Halleux, J. 2005. Biodegradable Polymers for Industrial Applications. Editado por Robin Smith. Biodegradable Polymers for Industrial Applications: Woodhead Publishing.

Coca-Cola®. 2018. Acedido a 3-11-2018. <https://www.coca-cola.co.uk/stories/sustainability-section/packaging---recycling/innovative-packaging-an-introduction-to-plantbottle>.

Coelho, José Diogo Cardoso. 2016. "Produção de um novo conceito de painéis modulares para habitações baseado em sistemas compósitos reciclados", Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Acedido a 2019. [https://sigarra.up.pt/feup/pt/pub\\_geral.show\\_file?pi\\_doc\\_id=58162](https://sigarra.up.pt/feup/pt/pub_geral.show_file?pi_doc_id=58162).

"Comissão Europeia". 2018. Acedido a 6-11-2018. [https://ec.europa.eu/portugal/news/be-ready-to-change\\_pt](https://ec.europa.eu/portugal/news/be-ready-to-change_pt).

Cózar, Andrés, Marina Sanz-Martín, Elisa Martí, J. Ignacio González-Gordillo, Bárbara Ubeda, José Á Gálvez, Xabier Irigoien e Carlos M. Duarte. 2015. "Plastic Accumulation in the Mediterranean Sea". PLOS ONE no. 10 (4):e0121762. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121762>.

Crevel, Rubie van. 2016. Bio-based food packaging in Sustainable Development. <http://www.fao.org/forestry/45849-023667e93ce5f79f4df3c74688c2067cc.pdf>.

Davis, G. e J. H. Song. 2006. "Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management". Industrial Crops and Products no. 23 (2):147-161. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669005000658>.

DIN Certco. 2017. "Biodegradability and Compostability: Certification and Standards". bioplastics MAGAZINE, 02-2017, 50-51. [https://www.dincertco.de/media/dincertco/news\\_11/Seiten\\_aus\\_bioplasticsMAGAZINE\\_1702.pdf](https://www.dincertco.de/media/dincertco/news_11/Seiten_aus_bioplasticsMAGAZINE_1702.pdf).

DIN EN 13428. 2004. Embalagem - Requisitos específicos para fabricação e composição - Prevenção por redução da fonte. DIN Standards.

DIN EN 13432. 2000. Embalagem - Requisitos para embalagens recuperáveis por meio de compostagem e biodegradação - Esquema de ensaio e critérios de avaliação para a aceitação final da embalagem. DIN Standards. Acedido a 2-2-2019. <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/navp/standards/wdc-beuth:-din21:101923058/DEFAULT/quote>.

DIN EN 14995. 2007. Plásticos - Avaliação de compostabilidade - Esquema de teste e especificações. DIN Standards. Acedido a 2-2-2019. <https://www.en-standard.eu/din-en-14995-plastics-evaluation-of-compostability-test-scheme-and-specifications/>.

ECHA. 2018. "ECHA to consider restrictions on the use of oxo-plastics and microplastics". Acedido a 29-1-2019. <https://echa.europa.eu/-/echa-to-consider-restrictions-on-the-use-of-oxo-plastics-and-microplasti-1>.

Ecovative®. 2016. "Grow It Yourself Myko Make - Material Specifications.". Acedido a 13-2-2019. <http://giy.ecovative-design.com/material-specifications/>.

———. 2019. "MycoComposite™". Acedido a 3-2-2019. <https://ecovatedesign.com/>.

Ellen Macarthur Foundation. 2019. "Ellen Macarthur Foundation". Acedido a 2019. <https://www.ellenmacarthur-foundation.org/circular-economy/concept>.

EN 16640:2017. 2017. Bio-based products - Bio-based carbon content - Determination of the bio-based carbon content using the radiocarbon method. [http://store.uni.com/catalogo/index.php/en-16640-2017.html?josso\\_back\\_to=http://store.uni.com/josso-security-check.php&josso\\_cmd=login\\_optional&josso\\_partnerapp\\_host=store.uni.com](http://store.uni.com/catalogo/index.php/en-16640-2017.html?josso_back_to=http://store.uni.com/josso-security-check.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.com).

EPE USA. 2019. "CAN EPS (POLYSTYRENE) PACKAGING FOAM BE RECYCLED?". Acedido a 22-05-2019. <https://epe.global/2019/05/13/can-eps-be-recycled/>.

Epoli. 2019. "Quais as principais aplicações da Espuma de Polietileno?". Acedido a 3-5-2019. <https://www.epoli.pt/para-que-serve-a-espuma-de-polietileno/>.

Esteves, Bernardo. 1999. "bioespuma pode substituir isopor". *Ciência Hoje MG*, 65-66.

European Bioplastics. 2016a. "Bioplastics – Industry standards & labels". FACT SHEET. Acedido a 3-02-2019. [https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP\\_fs\\_standards.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP_fs_standards.pdf).

———. 2016b. "What are bioplastics? - Fact Sheet". Acedido a 18-12-2018. [https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP\\_fs\\_what\\_are\\_bioplastics.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP_fs_what_are_bioplastics.pdf).

European Commission. 2018. "European Commission". Acedido a 29-01-2019. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-18-5\\_pt.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-5_pt.htm).

Faruk, Omar, Andrzej K. Bledzki, Hans-Peter Fink e Mohini Sain. 2012. "Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010". *Progress in Polymer Science* no. 37 (11):1552-1596. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670012000391>.

Ferreira, Flávia Gonçalves Domingues. 2007. "Fotodegradação e efeito combinado da radiação gama/biodegradação em blendas polietileno/amido", Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

Fibi-buffer. 2019. "Fibi-buffer". Acedido a 2-3-2019. <http://fibi-buffer.com/>.

FKUR. 2016. "Bio-Flex® FX 1130". Acedido a 25-5-2019. [https://fkur.com/wp-content/uploads/2016/10/MSDS\\_BIO-FLEX\\_FX\\_1130\\_en.pdf](https://fkur.com/wp-content/uploads/2016/10/MSDS_BIO-FLEX_FX_1130_en.pdf).

Fowler, Paul A., J. Mark Hughes e Robert M. Elias. 2006. "Biocomposites Technology, Environmental Credentials and Market Forces". *JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE* no. 86 (12):1781-1789.

G. F. Brito, P. Agrawal, E. M. Araújo, T. J. A. Mélo. 2011. "Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes". [www.dema.ufcg.edu.br/revista](http://www.dema.ufcg.edu.br/revista).

Godavitarne, Charles, Alastair Robertson, Jonathan Peters e Benedict Rogers. 2017. "Biodegradable materials". *Orthopaedics and Trauma* no. 31 (5):316-320. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877132717300866>.

Green Cell Foam. 2018. "Green Cell Foam". Acedido a 2-3-2019. <https://www.greencellfoam.com/>.

Greenmax™. 2019. "What is EPE and Recycle EPE Waste". <https://www.intcorecycling.com/what-is-epe.html>.

Gutiérrez, Tomy J. 2018. "Are modified pumpkin flour/plum flour nanocomposite films biodegradable and compostable?". *Food Hydrocolloids* no. 83:397-410. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X18301310>.

Helen Lewis, Leanne Fitzpatrick, Karli Verghese, Kees Sonneveld and Robert Jordon 2007. "Sustainable Packaging Redefined". [http://nbis.org/nbisresources/packaging/sustainable\\_packaging\\_guidelines.pdf](http://nbis.org/nbisresources/packaging/sustainable_packaging_guidelines.pdf).

Hilson, Gavin e Barbara Murck. 2000. "Sustainable development in the mining industry: clarifying the corporate perspective". *Resources Policy* no. 26 (4):227-238. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420700000416>.

- Horvat, Petra e Andrej Kržan. 2012. "Certification of bioplastics". Acedido a 16-2-2019. [http://www.plastice.org/fileadmin/files/EN\\_Certificiranje\\_PH.pdf](http://www.plastice.org/fileadmin/files/EN_Certificiranje_PH.pdf).
- ISO 16620-5: 2017. 2017. Plásticos - Conteúdo de base biológica - Parte 5: Declaração do teor de carbono de base biológica, conteúdo de polímero sintético de base biológica e conteúdo de massa de base biológica. ISO. Acedido a 5-2-2019. [www.iso.org](http://www.iso.org).
- ISO 17088:2012. 2012. Especificações para plásticos compostáveis. ISO. Acedido a 3-2-2019. [www.iso.org](http://www.iso.org).
- ISO 18606:2013. 2018. Packaging and the environment -- Organic recycling. [www.iso.org](http://www.iso.org). Acedido a 10-3-2019. <https://www.iso.org/standard/55874.html>.
- ISOMAF. 2019. "O que é Poliestireno Expandido - EPS?". Acedido a 5-2-2019. <https://www.isomaf.com.br/blog/10/O-que-e-Poliestireno-Expandido--EPS?>
- Jane Bickerstaffe, INCPEN. 2015. Packaging and Resource-efficient Product Supply Chains. Presentation. ISTA European Packaging Symposium.
- JBPA, Japan Bioplastics Association. 2018. "GreenPla®". Acedido a 10-10-2018. <http://www.jbpaweb.net/english/e-gp.htm>.
- Karakosta, Charikleia e Dimitris Askounis. 2010. "Developing countries' energy needs and priorities under a sustainable development perspective: A linguistic decision support approach". *Energy for Sustainable Development* no. 14 (4):330-338. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082610000396>.
- Kees Sonneveld, Karli James, Leanne Fitzpatrick and Helen Lewis. 2005. "Sustainable Packaging: How do we Define and Measure It?". Acedido a 27-2-2019. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.113.740&rep=rep1&type=pdf>.
- Kehl®. 2006. Acedido a 22-6-2019. <https://www.kehl.ind.br/>.
- Kržan, Andrej. 2012. Standardization and certification of bioplastics. Em Conference BIOPLASTICS (Savjetovanje Bioplastika), editado por Dr. Kržan. Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture (Fakultet strojarstva i brodogradnje). <https://www.youtube.com/watch?v=FbpUvq-9Wlg>.
- Lewis, Helen. 2005. "Defining product stewardship and sustainability in the Australian packaging industry". *Environmental Science & Policy* no. 8 (1):45-55. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901104001042>.
- Lewis, Helen, Karli Verghese e Leanne Fitzpatrick. 2010. "Evaluating the sustainability impacts of packaging: the plastic carry bag dilemma". *Packaging Technology and Science* no. 23 (3):145-160. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pts.886>.
- Living Circular. 2016. "Myco Foam: a new 100% biodegradable material to replace plastic!". Acedido a 20-03-2018. <https://www.livingcircular.veolia.com/en/industry/myco-foam-new-100-biodegradable-material-replace-plastic>.
- Ljungberg, Lennart Y. 2007. "Materials selection and design for development of sustainable products". *Materials & Design* no. 28 (2):466-479. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306905002633>.
- Lucas, Nathalie, Christophe Bienaime, Christian Belloy, Michèle Queneudec, Françoise Silvestre e José-Edmundo Nava-Saucedo. 2008. "Polymer biodegradation: Mechanisms and estimation techniques – A review". *Chemosphere* no. 73 (4):429-442. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653508008333>.
- Mackerron, Conrad B. e Darby Hoover. 2015. Waste and opportunity 2015: environmental progress and challenges in food, beverage, and consumer goods packaging. New York City. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/consumer-goods-packaging-report.pdf>.
- Marsh, Kenneth e Betty Bugusu. 2007. "Food Packaging—Roles, Materials, and Environmental Issues". *Journal of Food Science* no. 72 (3):R39-R55. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>.
- Martien van den Oever, Karin Molenveld, Maarten van der Zee, Harriëtte Bos. 2015. Bio-based and biodegradable plastics – Facts and Figures. Wageningen. Acedido a 09-3-2019. <http://edepot.wur.nl/408350>.
- McIntyre, Gavin. 2016. Ecovative We grow materials. Acedido a 2019-5-3. <https://worldmaterialsforum.com/files/Presentations/WS2-2/WMF%202016%20-%20WS%202.2%20-%20Gavin%20McIntyre%20Final.pdf>.
- Mohanty, A. K., M. Misra e L. T. Drzal. 2002. "Sustainable Bio-Composites from Renewable Resources: Opportunities and Challenges in the Green Materials World". *Journal of Polymers and the Environment* no. 10 (1):19-26. <https://doi.org/10.1023/A:1021013921916>.
- Mushroom Packaging. 2019. Acedido a 27-6-2019. <https://mushroompackaging.com/>.

NFT 51 800 : 2015-12. 2015. PLASTICS - SPECIFICATIONS FOR PLASTICS SUITABLE FOR HOME COMPOSTING. editado por Association Francaise de Normalisation. [https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/NFT-51-800-2015-12-79104\\_SAIG\\_AFNOR\\_AFNOR\\_166888/](https://infostore.saiglobal.com/en-gb/Standards/NFT-51-800-2015-12-79104_SAIG_AFNOR_AFNOR_166888/).

Niaounakis, Michael. 2015a. "1 - Definitions of Terms and Types of Biopolymers". Em *Biopolymers: Applications and Trends*, editado por Michael Niaounakis, 1-90. Oxford: William Andrew Publishing. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323353991000016>.

———. 2015b. "3 - Packaging". Em *Biopolymers: Applications and Trends*, editado por Michael Niaounakis, 139-183. Oxford: William Andrew Publishing. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978032335399100003X>.

Nirvana CPH. 2016. "Material Segunda: Myco Foam". Acedido a 23-4-2019. <https://nirvanacph.com/2016/11/material-monday-myco-foam/>.

Omer, Abdeen Mustafa. 2008. "Energy, environment and sustainable development". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* no. 12 (9):2265-2300. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032107000834>.

P3 e Lusa. 2019. "UE aprova formalmente proibição de palhinhas e outros plásticos até 2021". Acedido a 22-5-2019. <https://www.publico.pt/2019/05/21/p3/noticia/ue-aprova-formalmente-proibicao-palhinhas-plasticos-a-te-2021-1873518>.

PaperFoam®. 2018. "Paper foam". Acedido a 22-5-2019. <https://www.paperfoam.com/>.

Parliament magazine. 2019. "Solid strategies for plastic challenges". *Parliament magazine*, 4 March 2019, 18-23. <http://library.myebook.com/theparliament/the-parliament-magazine-issue-490-4-march-2019/1602/#page/19>.

Paul-Stanton, Jo Anne. 2016. "New fowm opens markets for KTM". Acedido a 2-5-2019. <https://lansingbusinessnews.com/uncategorized/2016/12/new-fowm-opens-markets-for-ktm/>.

Penca, Jerneja. 2018. "European Plastics Strategy: What promise for global marine litter?". *Marine Policy* no. 97:197-201. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X18301519>.

Petersen, Karina, Per Væggemose Nielsen, Grete Bertelsen, Mark Lawther, Mette B. Olsen, Nils H. Nilsson e Grith Mortensen. 1999. "Potential of biobased materials for food packaging". *Trends in Food Science & Technology* no. 10 (2):52-68. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224499000199>.

Philp, Jim. 2013. *Policies for Bioplastics in the Context of a Bioeconomy*. Vol. 10.

Plastice. "Transnational Advisory Scheme: Bioplastics - Opportunity for the Future". [http://www.plastice.org/fileadmin/files/Bioplastics\\_Opportunity\\_for\\_the\\_Future\\_web.pdf](http://www.plastice.org/fileadmin/files/Bioplastics_Opportunity_for_the_Future_web.pdf).

Plastics Europe. 2018. "Plastics – the Facts 2018". Acedido a 19-1-2019. [https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics\\_the\\_facts\\_2018\\_AF\\_web.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf).

Plastimake. 2018. Acedido a 21-11-2018. <https://www.plastimake.com/>.

Portugal 2020. 2018. "Portugal 2020". Acedido a 6-11-2018. <https://www.portugal2020.pt/Portal2020/primeira-es-terragia-europeia-para-residuos-de-materiais-plasticos>.

Raquez, J. M., M. Deléglise, M. F. Lacrampe e P. Krawczak. 2010. "Thermosetting (bio)materials derived from renewable resources: A critical review". *Progress in Polymer Science* no. 35 (4):487-509. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670010000080>.

Ravenstijn, Jan. 2010. "Bioplastics in consumer electronics". *Industrial Biotechnology* no. 6 (5):252. <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/ind.2010.6.252>.

Reddy, Murali M., Singaravelu Vivekanandhan, Manjusri Misra, Sujata K. Bhatia e Amar K. Mohanty. 2013. "Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities". *Progress in Polymer Science* no. 38 (10):1653-1689. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670013000476>.

Sampath, Dr.-Ing Bangaru. 2016. *ecovio®EA particle foam - Product properties*. Ludwigshafen BASF SE.

Sea Shepherd. 2019. [www.seashepherd.org](http://www.seashepherd.org).

Silva, João Tiago Soares da. 2017. "Análise e desenvolvimento conceptual de um novo material para embalagem AIR PACK". Dissertação de mestrado, Mestrado em Design Industrial e de Produto, Universidade do Porto. [https://sigarra.up.pt/fbaup/pt/pub\\_geral.show\\_file?pi\\_doc\\_id=120525](https://sigarra.up.pt/fbaup/pt/pub_geral.show_file?pi_doc_id=120525).

Souza, Victor Gomes Lauriano e Ana Luisa Fernando. 2016. "Nanoparticles in food packaging: Biodegradability and potential migration to food—A review". *Food Packaging and Shelf Life* no. 8:63-70. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221428941630028X>.

- SPUR®. 2018. Acedido a 21-11-2018. <https://www.spur.cz/cs/>.
- Srebrenkoska, Vineta, Gordana Bogoeva-Gaceva, Dimko Dimeski, V. Srebrenkoska e D. Dimeski. 2014. Biocomposites based on polylactic acid and their thermal behavior after recycling. Vol. 33.
- Sustainable Packaging Coalition. 2011. "Sustainable Packaging Coalition". Acedido a 27-11-2018. <https://sustainablepackaging.org/>.
- Synbra Technology bv. 2019. "BioFoam®". Acedido a 15-5-2019. <https://www.synbratechnology.com/biofoam/>.
- Synterra®. "Suppliers".72-73. Acedido a 21-5-2019. <http://www.bio-based.eu/iBIB/pdf/2012/83.pdf>.
- TemperPack. 2019. "TemperPack Sustainability Dictionary". Acedido a 20-02-2019. <https://www.temperpack.com/wp-content/uploads/2017/09/TemperPack-Sustainability-CheatSheet.pdf>.
- Thomas. 2019. "Low-Density Polyethylene Foam". Acedido a 3-5-2019. <https://www.thomasnet.com/articles/plastics-rubber/polyethylene-foam-low-density>.
- Unespuma®. 2019. "Polietileno Expandido". Acedido a 3-5-2019. <http://www.unespuma.com.br/polietileno-expandido/>.
- USDA. "What is BioPreferred?". <http://www.biopreferred.gov/BioPreferred/>.
- Vargas, Claudia María. 2000. "Sustainable development education: Averting or mitigating cultural collision". *International Journal of Educational Development* no. 20 (5):377-396. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0738059399000814>.
- Verpakkings Management. 2018. "FIBI-BUFFER: MILIEUVRIENDELIJK ÉN FLEXIBEL BUFFERMATERIAAL". <https://www.verpakkingsmanagement.nl/fibi-buffer-milieuvriendelijk-%C3%A9n-flexibel-buffermateriaal>.
- Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities III. 2019. 1st ed. Vol. 3, Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities: CRC Press.
- Wilde, B. De, N. Mortier, M. Tosin, M. Pognani, Organic Waste Systems nv e Novamont. 2016. "Validated standard for decentralized composting". Open-BIO no. Work package 6: Managed end-of-life options. Acedido a 4-4-2019. [http://www.biobasedeconomy.eu/app/uploads/sites/2/2017/07/Open-Bio\\_D6.5-Validated-standard-for-decentralised-composting\\_summary-1.pdf](http://www.biobasedeconomy.eu/app/uploads/sites/2/2017/07/Open-Bio_D6.5-Validated-standard-for-decentralised-composting_summary-1.pdf).
- Wilfred, Vijay. 2017. "Is the Bioplastics Industry Misleading the Consumer with 'Bio', 'Green', or 'Compostable' Labels?". Acedido a 27-01-2019. <http://www.bioplastics.guide/blog/2017/02/09/513/>.
- Zhang, Hong C., Tsai C. Kuo, Huitian Lu e Samuel H. Huang. 1997. "Environmentally conscious design and manufacturing: A state-of-the-art survey". *Journal of Manufacturing Systems* no. 16 (5):352-371. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612597884658>.

## 6.

## ANEXOS

ANEXO 1  
NORMAS**Normas para materiais com conteúdo de base biológica**

**EN 16640** | Produtos de base biológica – Determinação do teor de carbono de base biológica através do método de radiocarbono. A norma descreve como medir o isótopo de carbono (European Bioplastics 2016a; EN 16640:2017 2017).

**EN 16785** | Produtos de base biológica - Conteúdo de base biológica - Parte 1: Determinação do conteúdo de base biológica usando a análise de radiocarbono e análise elementar. A norma foi desenvolvida para explicar outros elementos de base biológica num polímero através da análise elementar; A segunda parte desta norma - Produtos de base biológica - Conteúdo de base biológica - Parte 2: Determinação do conteúdo de base biológica usando o método de balanço de material, enfoca um método de balanço de materiais para determinar o conteúdo renovável de um produto de base biológica (European Bioplastics 2016a).

**ISO 16620** | Esta norma especifica os requisitos para as declarações e rótulos do conteúdo de carbono de base biológica, o conteúdo de polímero sintético de base biológica e o conteúdo de massa de base biológica em produtos plásticos. É aplicável a produtos de plástico e materiais plásticos, resinas de polímeros, monómeros ou aditivos, que são feitos a partir de constituintes de base biológica ou fóssil (ISO 16620-5: 2017 2017).

**ASTM D6866** | Métodos de teste padrão para determinar o conteúdo de base biológica de amostras sólidas, líquidas e gasosas usando análise de radiocarbono. A ISO 16620 é equivalente a esta norma (ASTM D6866-18 2018).

**ASTM D7026** | Guia padrão para amostras e relatório de resultados para a determinação do conteúdo de base biológica de materiais via análise de isótopos de carbono. Este guia fornece uma estrutura para recolher e manipular amostras para determinação do conteúdo

de base biológica por meio do método do isótopo de carbono descrito nos métodos do teste desta norma. É também um meio de verificar a autenticidade de um grupo disputado de material que pode ser fabricado por diferentes meios com diferentes matérias-primas (ASTM D7026-13 2013).

**Normas para compostagem industrial**

**EN 13432** | Requisitos para embalagens recuperáveis por meio de compostagem e biodegradação. Esquema de teste e critérios de avaliação para a aceitação final da embalagem.

De acordo com esta norma são realizados vários testes: teste químico: divulga todos os constituintes com valores limite para metais pesados; biodegradabilidade em condições de compostagem controladas (consumo de oxigênio e produção de CO<sub>2</sub>): neste teste pelo menos 90% da matéria orgânica tem de ser convertida em CO<sub>2</sub> dentro de 6 meses; desintegração: após três meses de compostagem e subsequente peneiração (com peneira de 2 mm), não mais do que 10% de resíduos podem permanecer, em comparação com a massa original; teste prático de compostabilidade numa instalação de compostagem semi-industrial ou industrial: nenhuma influência negativa no processo de compostagem pode ser encontrada; teste de ecotoxicidade: teste ao efeito do composto resultante no crescimento das plantas - teste agronómico.

Esta é uma norma europeia ligada à Directiva Europeia sobre Embalagens e Resíduos de Embalagens (94/62 / EC). Foi traduzida e implementada em todos os estados-membros da União Europeia (DIN EN 13432 2000; Wilfred 2017).

**EN 14995** | Requisitos e procedimentos para determinar a compostabilidade ou a forma de adequada de tratar anaerobiamente materiais plásticos, abordando quatro características: biodegradabilidade, desintegra-

ção durante o tratamento biológico, efeito sobre o processo de tratamento biológico e efeito na qualidade do composto resultante (European Bioplastics 2016a; DIN EN 14995 2007).

**ISO 17088** | Especificações para plásticos compostáveis. Segundo esta norma são abordados os quatro aspetos seguintes na compostabilidade: biodegradação; desintegração durante a compostagem; efeitos negativos no processo e instalação de compostagem; efeitos negativos sobre a qualidade do composto resultante, incluindo a presença de altos níveis de metais regulados e outros componentes nocivos. Esta norma será em breve substituída pela ISO / CD 17088, de momento em desenvolvimento (ISO 17088:2012 2012).

**ASTM D6400** | Especificação padrão para plásticos compostáveis industrialmente. Esta especificação abrange plásticos e produtos feitos de plástico que são projetados para serem bio degradados em instalações de compostagem aeróbica municipais e industriais (ASTM D6400-04 2004; Wilfred 2017).

**ASTM D6868** | Especificação padrão para etiquetagem de itens que incorporam plásticos e polímeros como revestimentos ou aditivos com papel e outros substratos projetados para compostagem aeróbica em instalações municipais ou industriais (ASTM D6868-17 2017).

**ISO 18606** | Embalagem e meio ambiente - Reciclagem orgânica. Esta norma especifica procedimentos e requisitos para embalagens que são adequadas para reciclagem orgânica. A embalagem é considerada recuperável por reciclagem orgânica somente se todos os componentes individuais atenderem aos requisitos que especifica ou se os componentes puderem ser facilmente separados fisicamente antes do descarte.

Não fornece informações sobre os requisitos para a biodegradabilidade de embalagens usadas que acabam no ambiente do solo como lixo, porque o lixo não

é considerado como opção de recuperação. Também não é aplicável ao tratamento biológico realizado em pequenas instalações por famílias.

Para cada um dos componentes da embalagem, os quatro aspectos a seguir são abordados a biodegradação; desintegração durante o processo de tratamento biológico de resíduos - compostagem; efeitos negativos sobre o processo biológico; efeitos negativos sobre a qualidade do composto resultante, incluindo a presença de altos níveis de metais regulamentados e outras substâncias perigosas para o meio ambiente (European Bioplastics 2016a; ISO 18606:2013 2018).

#### **Normas compostagem doméstica**

Não existe atualmente nenhuma norma internacional que especifique as condições para materiais de compostagem doméstica. No entanto, existem padrões nacionais menos conhecidos como o australiano e o francês a seguir indicados.

**AS 5810** | Plásticos biodegradáveis - plásticos biodegradáveis adequados para compostagem doméstica (AS 5810-2010 2010; European Bioplastics 2016a).

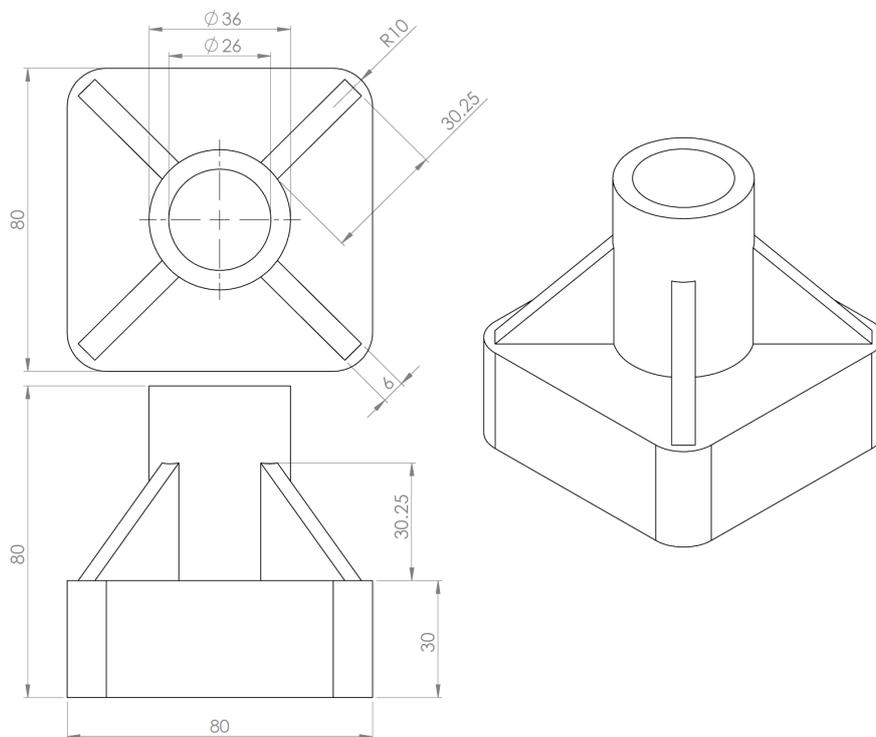
**NF T 51-800** | Plásticos - Especificações para plásticos adequados para compostagem doméstica. A norma foi desenvolvida especificando os mesmos requisitos da certificação OK HOME compost da Vinçotte (European Bioplastics 2016a; NFT 51 800 : 2015-12 2015; bioplastics magazine 2016a).

#### **Outras normas relevantes**

**ASTM D6691** | Método de teste padrão para determinar a biodegradação aeróbica de plásticos no ambiente marinho por um consórcio microbiano ou por um inóculo natural da água do mar (DIN Certco 2017; ASTM D6691-17 2017).

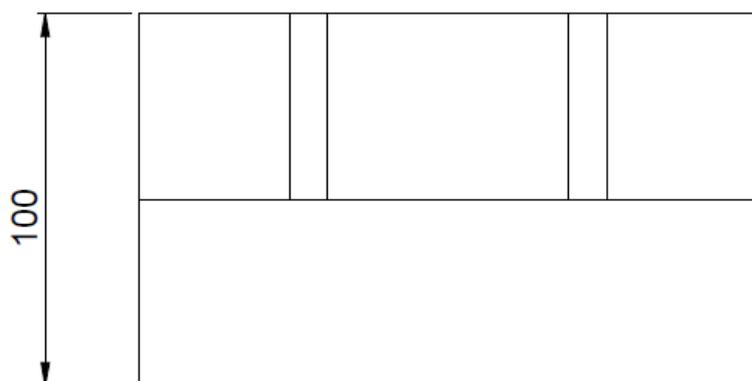
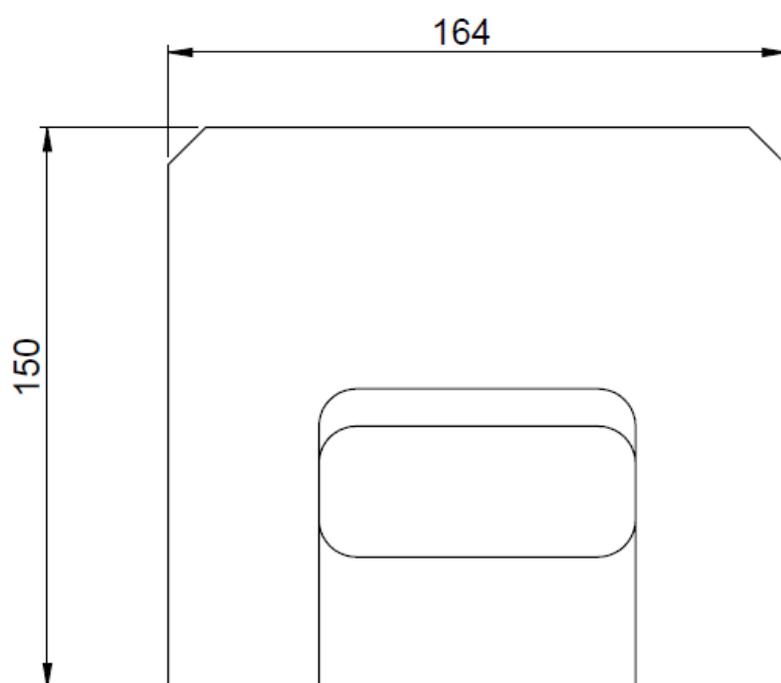
**EN 13428** | Requisitos específicos para fabricação e composição das embalagens - prevenção por redução da fonte (DIN EN 13428 2004).

ANEXO 2  
DESENHO TÉCNICO BATENTE



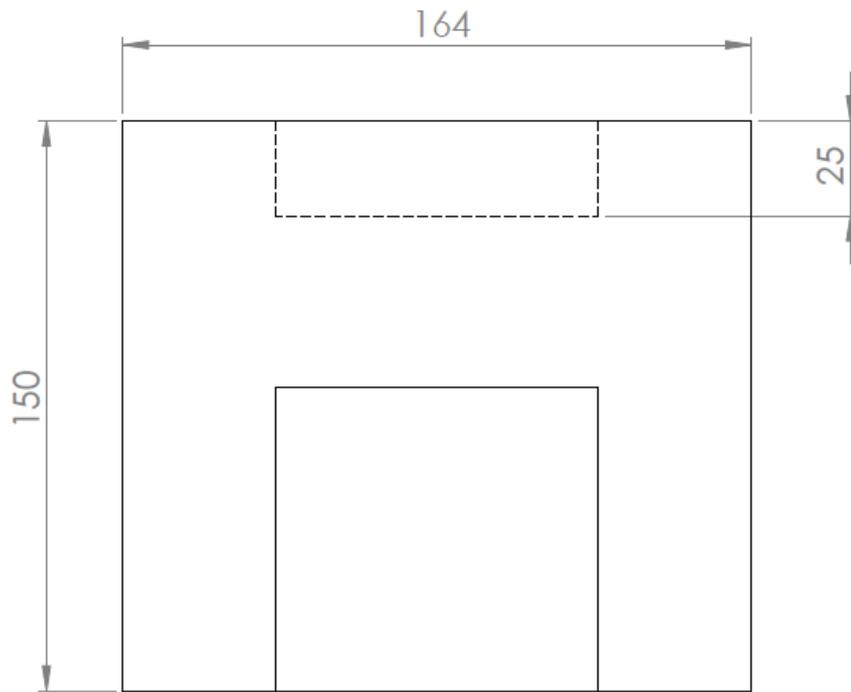
Batente para impressão 3D  
Dimensões: mm  
Escala: 1/2

ANEXO 3  
DESENHO TÉCNICO INSERTO EM EPE



Inserto EPE  
Dimensões: mm  
Escala: 1/2

ANEXO 4  
DESENHO TÉCNICO INSERTO GCF FINAL



Inserto GCF  
Dimensões: mm  
Escala: 1/2

ANEXO 5  
**SOLUÇÃO EM TECIDOS NÃO TECIDOS**

No primeiro ano do mestrado, um desafio semelhante ao desta dissertação já havia sido proposto para um projeto de curta duração. No entanto, o produto pro- que se deveria acondicionar era de maiores dimensões e com cerca de 12 kilos.

Numa resolução com apenas dois meses, só se conse- guiu encontrar um material reciclável e reutilizado para implementar na embalagem, os tecidos não tecidos. Este material feito com matérias recicladas oriundas da indústria da colchoaria e dos têxteis.

Com base nas restrições desta material, e na geometria do produto a embalar, desenhou-se uma solução para uma nova embalagem.

A solução traduz-se numa geometria à base de linhas e superfícies retas visando o maior aproveitamento do material, ou seja, minimizando os desperdícios na pro- dução da peça.

Esta solução é muito fácil de embalar e montar, fácil de empilhar, está otimizada às paletes da Bosch e ocupa menos espaço em bancada do que a solução, anterior em EPS.

Os únicos pontos negativos encontrados após o desen- volvimento do protótipo foram as partículas que o pro- duto liberta no manuseamento e transporte e, ainda, a inexistência de uma empresa que faça o corte e cola- gem da geometria pretendida neste material.



Figs. 271-274. Protótipo

Fig. 275. Esquema da solução



Proteção + Equipamento

Produto embalado

Peças da geometria da solução

## CANTOS E DIAGONAIS

### CARTÃO CANELADO

#### SOLUÇÃO

Número de Peças: **6 Peças**

#### MATERIAL

Material: **Cartão canelado 4mm**  
 Tamanho da Placa: **160 x 110 x 0,4 cm**  
 Área da Placa: **17 600 cm<sup>2</sup>**  
 Desperdício (%): **8%**

#### TEMPOS

Tempo Montagem Peças: **00:53 seg**  
 Tempo Embalamento: **00:20 seg**  
 Tempo Total: **01:13 min**

#### ARMAZENAMENTO

Capacidade 2 Paletes: **630 Proteções**

#### TESTE DE IMPACTO

Produto intacto e fixo  
 Exterior dos cantos intacto  
 Interior com aspecto apresentável  
 Diagonais com ótima flexão  
 Proteção em geral com bom aspecto  
 Fragilidade na zona inferior dos cantos

#### MELHORIAS

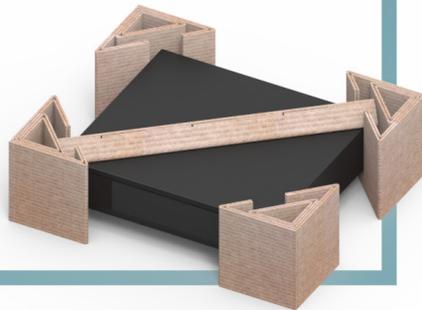
Aplicar duas diagonais na base do produto formando um "X"



Vista Explodida - Peças



Produto Embalado



Numa segunda fase deste pequeno projeto, desenvolveu-se soluções em cartão para o mesmo produto. Seguem-se os cartazes que resumem as soluções desenvolvidas.

## FOLE DE GRUPO

### CARTÃO CANELADO

#### SOLUÇÃO

Número de Peças: **2 Peças**

#### MATERIAL

Material: **Cartão canelado 1mm**  
 Tamanho da Placa: **165 cm x 162 cm x 0,1 cm**  
 Área da Placa: **27 730 cm<sup>2</sup>**  
 Desperdício (%): **1%**

#### TEMPOS

Tempo Montagem Peças: **06:46 min**  
 Tempo Embalamento: **00:18 seg**  
 Tempo Total: **07:04 min**

#### ARMAZENAMENTO

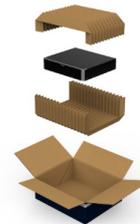
Capacidade 2 Paletes: **216 Proteções**

#### TESTE DE IMPACTO

Produto com ligeiros arranhões quase imperceptíveis  
 Produto fixo (não sofreu movimento no interior da caixa)  
 Proteção de um canto fletiu, o que gerou amolgadelas  
 Dobras/marcas em alguns foles aceitáveis  
 Proteção no geral com bom aspecto e sem danos maiores

#### MELHORIAS

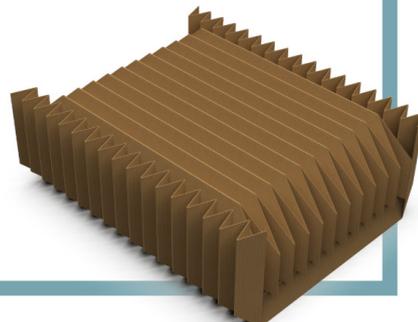
Pequenos ajustes dimensionais  
 Diminuir o gasto de material



Vista Explodida - Peças



Produto Embalado



# DESENVOLVIMENTO DE UMA EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL

para produtos Bosch

**Gonçalo Marques da Silva**

Setembro de 2019

-

**Mestrado em Design Industrial e de Produto**