

Efeito do grafeno em compósitos laminados de materiais naturais

Marta Dias Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química

Orientadores: Prof.^a Ana Clara Lopes Marques
M. Sc. Madalena Barata Garcia

Júri

Presidente: Prof.^a Luísa Margarida Dias Ribeiro de Sousa Martins

Orientador: Prof.^a Ana Clara Lopes Marques

Vogal: Dr. Ricardo João Ferreira Simões

Mês e Ano

Novembro 2021

Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Declaration

I declare that this document is an original work of my own authorship and that it fulfills all the requirements of the Code of Conduct and Good Practices of the Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Prof.a Ana Marques e M. Sc. Madalena Barata Garcia , pela oportunidade de desenvolver este estudo, pelas orientações e disponibilidade mostrada no esclarecimento de dúvidas.

A todos as pessoas presentes no laboratório da Torre de Química (pisos -2) que de alguma forma me ajudaram, dando um especial agradecimento ao David, por me ter ajudado em diversas ocasiões e me ter ensinado algumas das técnicas que utilizei. Um agradecimento especial também à Marina por ter sido tão flexível comigo na partilha da estufa e pelos excelentes conselhos que me deu. Ao Mário pela partilha de conhecimentos na utilização do software origin.

Ao João Marques por me ter ajudado na utilização da máquina e ao Sr. Pedro por garantir sempre que a máquina estivesse pronta a utilizar.

A todos os meus amigos, pelos bons momentos e pelo apoio incondicional que me deram. Um especial à minha amiga Kilian que foi a que mais aturou o meu stress durante todo este processo.

E finalmente aos meus pais. Obrigada por tudo, por confiarem em mim e me apoiarem sem nunca me deixar desistir. Se cheguei aqui foi sem dúvida graças a vocês, obrigada!

Resumo

Os materiais compósitos de estruturas *sandwich*, têm vindo a ser cada vez mais procurados nas mais diversas áreas devido às suas propriedades desejáveis, tais como baixa densidade, alta resistência e durabilidade. Por outro lado, e com a inovação da tecnologia, tem existido a necessidade de testar a adição de novos componentes a este tipo de materiais, sendo o grafeno um deles.

Este trabalho teve como objetivo estudar a adição de grafeno na matriz da resina epóxida e posteriormente perceber que efeitos é que este pode ter no compósito final. Um dos maiores desafios de trabalhar com grafeno é a dificuldade em obter uma boa dispersão entre o mesmo e a matriz. Como tal, foram testados diferentes métodos de dispersão e estudados diferentes teores de grafeno. De forma a compreender o efeito nas propriedades dinâmicas e mecânicas, realizaram-se ensaios de DMA e de flexão às diferentes combinações de matriz-grafeno.

Os resultados obtidos foram de encontro aos objetivos traçados e permitiram concluir de que forma o grafeno afeta as propriedades de matriz e perceber qual o melhor conteúdo a adicionar ao compósito final de forma a obter melhores propriedades.

Palavras - Chave: Grafeno, resina epóxida, estrutura *sandwich*, nanoplacas de grafeno (GNPs).

Abstract

Composite materials of sandwich structures have been increasingly sought in several areas due to their desirable properties, such as lightness, high strength, and durability. On the other hand, and with the innovation of technology, there has been the need to test the addition of new components to this type of materials, being graphene one of them.

This work aimed to study the addition of graphene in the matrix of epoxy resin and subsequently understand what effects it can have in the final composite. One of the biggest challenges of working with graphene is the difficulty in obtaining a good dispersion between it and the matrix. Different dispersion methods were tested, and different graphene contents were studied. To understand the effect on dynamic and mechanical properties, DMA and bending tests were performed to the different matrix-graphene combinations.

The results obtained were in line with the objectives set out and allowed us to conclude how graphene affects the matrix properties and to understand which is the best content to add to the final composite to obtain better properties.

Keywords: Graphene, epoxy resin, sandwich structure, graphene nanoplatelets (GNPs)

Conteúdo

Declaração	ii
Declaration	ii
Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vi
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Figuras	xi
Lista de símbolos	xiii
1. Introdução.....	1
1.1 Estrutura da dissertação	2
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1 Materiais Compósitos e estrutura <i>sandwich</i>	3
2.2 Cortiça.....	5
2.3 Polímero reforçado com fibras de vidro e matriz epóxi	6
2.4 Grafeno	7
2.4.1 Estruturas e Propriedades.....	8
2.4.2 Métodos de produção	9
2.5 Compósitos de resina epóxida/grafeno	9
3. Metodologia	12
3.1 Plano de Ensaios.....	12
3.2 Produção de Provetes	13
3.2.1 Provetes de Resina.....	13
3.2.2 Provetes de Resina com Grafeno.....	15
3.2.3 Provetes do compósito <i>sandwich</i>	16
3.3 Métodos de Caracterização	18
3.3.1 Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)	18
3.3.1 Análise Dinâmico-Mecânica (DMA)	19
3.3.2 Microscopia Eletrônica de Varrimento (SEM)	20
3.3.3 Ensaio de Flexão em 3 pontos	21

3.3.4	Ensaio de flexão a 4 pontos	23
3.3.5	Ensaio de dureza Shore D	25
4.	Resultados e discussão	26
4.1	Resina Epóxida	26
4.1.1	Estudo da cura.....	26
4.1.2	Estudo da pós-cura.....	30
4.2	Resina Epóxida com grafeno	31
4.2.1	Estudo dos métodos de dispersão do grafeno.....	31
4.2.2	Escolha do melhor teor de grafeno.....	32
4.3	Compósito Laminado	40
4.3.1	Estudo das propriedades mecânicas.....	40
4.3.2	Análise de custo	42
5.	Conclusões	44
5.1	Propostas de trabalhos futuros.....	45
	Bibliografia	46
	Anexos	50
A.1	Ficha técnica da resina EPOLIT RS 7720	50
A.2	Fichas de segurança de componentes da resina EPOLIT RS 7720	52
A.3	Cura e Pós-cura de Resina Epóxida.....	65
A.4	Curvas de tensão-deformação.....	65

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Propriedades do grafeno	9
Tabela 2.2 – Resumo de alguns estudos desenvolvidos para a dispersão do grafeno na matriz epóxida	11
Tabela 3.1 - Propriedades dos componentes da resina	14
Tabela 3.2 - Propriedades da resina epóxida <i>EPOLIT RS 7720</i>	14
Tabela 3.3 - Tabela resumo de provetes de resina produzidas	15
Tabela 3.4 - Dimensões das nanoplacas de grafeno (GNPs).....	15
Tabela 3.5 - Tabela resumo dos provetes de resina com grafeno	16
Tabela 3.6 - Carga máxima para os distintos valores de suporte de vão.....	24
Tabela 4.1 - Tg obtida para os diferentes ciclos de cura	30
Tabela 4.2 - Resumo dos parâmetros obtidos na análise DMA	35
Tabela 4.3 - Valores de dureza shore D obtidos os polímeros (C60min + PC6h)	36
Tabela 4.4 - Propriedades mecânicas dos polímeros EP/GNPs.....	36
Tabela 4.5 - Valores médios das cargas máximas para as duas configurações estudadas	41
Tabela 4.6 - Rigidez à flexão para as duas configurações	41
Tabela 4.7 - Custo dos materiais constituintes.....	42
Tabela 4.8 - Custos para cada configuração	42

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Compósito de estrutura sandwich simétrica.....	1
Figura 2.1 - Esquema de classificação de compósitos.....	3
Figura 2.2 - Estrutura de um compósito Sandwich.....	4
Figura 2.3 - Estrutura celular da cortiça.....	5
Figura 2.4 - Processo de cura de uma resina epóxi com endurecedor com grupo amina.....	7
Figura 2.5 - Grafeno (topo) e estruturas relacionadas: fulereno, nanotubo e grafeno.....	8
Figura 2.6 - Estrutura do grafeno.....	8
Figura 3.1 – Ensaio realizados.....	12
Figura 3.2 - Esquema de plano de ensaios e respectivos parâmetros de cura e pós-cura.....	13
Figura 3.3 - Exemplo de provete de resina EP.....	14
Figura 3.4 - Exemplo de provete de resina EP com grafeno.....	16
Figura 3.5 - Produção dos compósitos: (a) placa de cortiça cortada com as dimensões pretendidas, (b) aplicação de parte da dispersão EP/GNPs na cortiça, (c) aplicação da restante dispersão no tecido de fibra e (d) compósito preparado com resina sem GNPs.....	17
Figura 3.6 - Equipamento de DMA modelo Q800 (esquerda) e suporte <i>dual cantilever</i> (direita).....	20
Figura 3.7 – Configuração de Carga a três pontos de acordo com ISO 178.....	21
Figura 3.8 - Curvas típicas de tensão (σ_f) vs deformação (ϵ_f) e deflexão (s).....	22
Figura 3.9 - Configuração de carga a quatro pontos de acordo com ASTM C- 393.....	23
Figura 3.10 - Configurações de carregamento para os diferentes comprimentos de vão de suporte.....	25
Figura 4.1 - Espectros referentes aos componentes A e B da resina epóxida.....	26
Figura 4.2 - Espectros de FTIR para diferentes tempos de cura da resina epóxida a 70 °C.....	27
Figura 4.3 – Evolução da banda de absorção da ligação C-O do anel epóxido.....	28
Figura 4.4 - Evolução da banda de absorção das ligações O-H ou N-H.....	28
Figura 4.5 - Curvas $\tan \delta$ para resina epóxida com diferentes tempos de cura a 70 °C.....	29
Figura 4.6 - Provetes de resina após DMA: a) 20 min, b) 40 min, c) 60 min e d) 100 min.....	29
Figura 4.7 - Curvas $\tan \delta$ com pós-cura de 4,6,8 h a 60 °C: a) cura 40 min e b) cura 60 min.....	30
Figura 4.8 - Imagens SEM das superfícies fraturadas do compósito 3%G/EP para os diferentes métodos de dispersão: a) manual, b) mecânica, c) ultra-sons e d) <i>Ultraturrax</i>	32
Figura 4.9 - Espectros de FTIR obtidos para os diferentes teores de grafeno adicionados.....	33
Figura 4.10 - Variação da E' para os diferentes teores de grafeno.....	34
Figura 4.11 - Variação das curvas de $\tan \delta$ para os diferentes teores de grafeno.....	34
Figura 4.12 - Variação da dureza Shore D com adição de GNPs.....	35
Figura 4.13 - Teste de flexão de 3 pontos: polímero EP (a) e polímero EP+GNPs (b).....	36
Figura 4.14 - Tensão máxima de flexão para polímeros estudados para tempos de PC de 6h e 10h.....	37

Figura 4.15 - Provetes de EP após teste de flexão	38
Figura 4.16 - Provetes com 3% GNPs após teste de flexão	38
Figura 4.17 - Módulo de elasticidade flexão para polímeros estudados para tempos de PC de 6h e 10h	39
Figura 4.18 - Imagens SEM das superfícies fraturadas do EP puro (a) e GNPs (b).....	39
Figura 4.19 - Imagens SEM das superfícies fraturadas dos compósitos GNPs/EP para ampliações x250 (esquerda) e x500 (direita) : 0.5% m/m (a,b); 1% m/m (c,d) e 3% m/m (e,f); .	40
Figura 4.20 - Regressão linear para um dos provetes de configuração C1.....	41
Figura 4.21 - Falhas ocorridas nas configurações C0 e C1	42

Lista de símbolos

Símbolos gregos

Δ	Deflexão a meio do vão do provete
σ	Tensão
σ_f	Tensão de flexão
ε_f	Deformação de flexão

Símbolos romanos

b	Largura do provete
C	Cura
D	Rigidez à flexão
E'	Módulo de armazenamento
E''	Módulo de perda
F	Carga aplicada
h	Espessura do provete
L	Comprimento do vão de carregamento
l	Comprimento do provete
P	Carga aplicada
s	Deflexão
s _c	Deflexão limite
S	Comprimento do vão de suporte
T _g	Temperatura de transição vítrea
Tan δ	Fator de amortecimento
U	Rigidez ao corte

Sobrescritos

ASTM	American Society for Testing and Materials
CVD	Deposição Química de Vapor
DMA	Análise Dinâmico-Mecânica

DGEBA Diglicidil éter de bisfenol A

EP Epóxida

FTIR Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier

GNPs Nanoplacas de grafeno

GO Óxido de grafeno

LPE Exfoliação em Fase Líquida

MWCNT Nanotubos de carbono de paredes múltiplas

CNT Nanotubos de Carbono

PC Pós-cura

SEM Microscopia Eletrónica de Varrimento

1. Introdução

No mundo da ciência e engenharia de materiais, o objetivo centra-se sempre em alcançar a melhor combinação de propriedades de um material, para uma determinada aplicação. Com isto surgiram os materiais compósitos (união de dois ou mais materiais), que resultaram num material com propriedades melhoradas. Estando a sociedade habituada a viver da inovação e avanços na tecnologia, as indústrias têm procurado materiais menos densos, tenazes, finos e flexíveis ou rígidos, além de resistentes ao calor e ao desgaste. Devido à escassez de recursos e ao benefício da sustentabilidade, tem de se escolher estratégias que utilizem materiais derivados de recursos renováveis. Como tal, já estão a ser desenvolvidos estudos da adição de grafeno como reforço dos materiais compósitos, que devido aos seus atributos desejáveis como reduzido peso, elevada resistência mecânica e durabilidade têm-se tornado cada vez mais promissores. O grafeno é um material muito promissor que já está a revolucionar o mundo industrial.

No entanto, para que o material de reforço melhore as propriedades do compósito, é necessário promover uma boa interação entre o grafeno e a matriz e garantir que a dispersão do mesmo seja homogênea e estável.

Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a incorporação de diferentes quantidades de grafeno na matriz de uma resina epóxida e otimizar o seu processo de cura para posterior aplicação num compósito *sandwich*. Uma vez que se está a adicionar um novo componente às faces do compósito optou-se por estudar um compósito de estrutura simétrica (constituído por um núcleo de aglomerado de cortiça com baixo peso específico e duas faces de espessura fina constituídas por resina epóxida reforçada com fibras de vidro) e representado na Figura 1.1. Optar por um compósito assimétrico (apresenta uma camada de pedra num dos lados) poderia ser mais complexo dado o seu comportamento mecânico ser mais difícil de analisar.

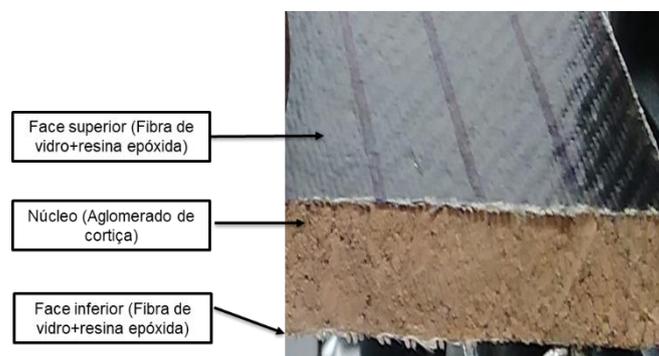


Figura 1.1 - Compósito de estrutura sandwich simétrica

1.1 Estrutura da dissertação

Este trabalho está dividido estruturalmente em cinco capítulos, consistindo este primeiro numa breve introdução e contextualização do mesmo.

O segundo capítulo, onde é feita uma revisão bibliográfica, está dividido em quatro tópicos principais. O primeiro tópico aborda um pouco sobre o que são os materiais compósitos, destacando a *estrutura sandwich* (estrutura do compósito em estudo) e seus constituintes. O segundo tópico, refere-se aos polímeros reforçados com fibra, onde se dá ênfase às fibras de vidro e polímeros de resina epóxida. No terceiro tópico fala-se sobre o grafeno, as suas propriedades e métodos de produção. Para finalizar este capítulo, existe um último tópico que resume trabalhos já feitos com o grafeno e seus derivados referentes à dispersão em resina epóxi ou até mesmo aplicados a compósitos reforçados por fibras de vidro.

O terceiro capítulo representa a metodologia do trabalho, começando por apresentar um plano de ensaios, seguido de como foram produzidos os diferentes provetes e finalizando com os métodos de caracterização aplicados.

Os resultados e a sua análise encontram-se no quarto capítulo. Para terminar, no quinto capítulo, apresentam-se as conclusões do trabalho realizado e apresentam-se sugestões para futuras investigações nesta área.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Materiais Compósitos e estrutura *sandwich*

Os compósitos consistem em dois ou mais materiais combinados em escala macroscópica, originando um terceiro material com melhores propriedades do que as dos seus constituintes isolados.[1]

No desenvolvimento dos compósitos foram feitas combinações de metais, cerâmicos e polímeros, sendo que a maioria foi criada com o objetivo de melhorar propriedades como a rigidez, dureza, força, redução de peso, resistência à corrosão e temperatura. Estes materiais são majoritariamente constituídos por duas fases: a fase contínua, designada por matriz, que rodeia a outra fase dispersa que se denomina de reforço. Este reforço pode ser constituído por fibras ou partículas. As propriedades destes materiais são função das propriedades das fases constituintes, das suas quantidades e da geometria da fase dispersa, que se refere à forma, tamanho, distribuição e orientação das partículas. [2], [3]

Segundo Callister, W.[3] os materiais compósitos dividem-se em três categorias: (1) compósitos reforçados por partículas, (2) compósitos reforçados por fibras e (3) compósitos estruturais. A classificação dos compósitos encontra-se representada na Figura 2.1.

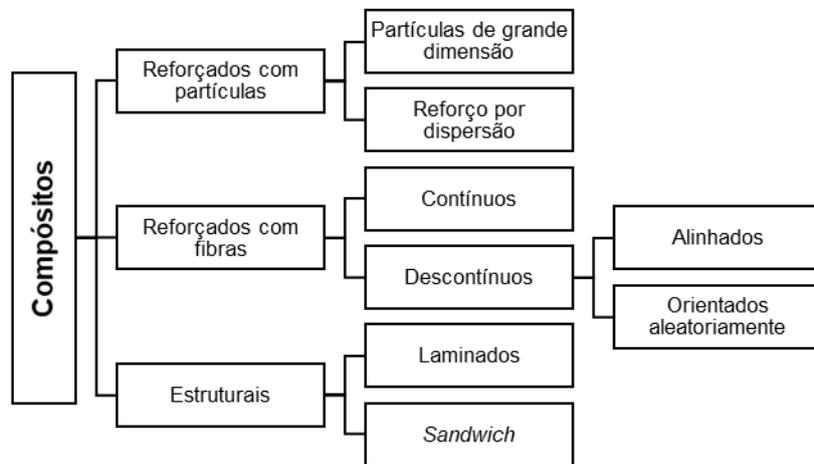


Figura 2.1 - Esquema de classificação de compósitos

Os materiais compósitos de estrutura *sandwich* são cada vez mais populares devido à sua capacidade de diminuir substancialmente o peso, mas mantendo o seu desempenho a nível mecânico. Estes são utilizados numa grande variedade de aplicações, incluindo telhados,

pavimentos, paredes de edifícios e na indústria aeronáutica e aeroespacial devido à sua elevada relação peso/resistência. [3], [4]

Os painéis *sandwich* consistem em dois ou mais materiais com diferentes propriedades, num arranjo de camadas sobrepostas, ligadas entre si por um elemento adesivo. O tipo mais simples destas estruturas, consiste em duas faces exteriores finas e de elevada rigidez estrutural, designadas de reforço e por um núcleo de espessura superior, mais leve e com menor rigidez que as faces, denominado de matriz. [4], [5]

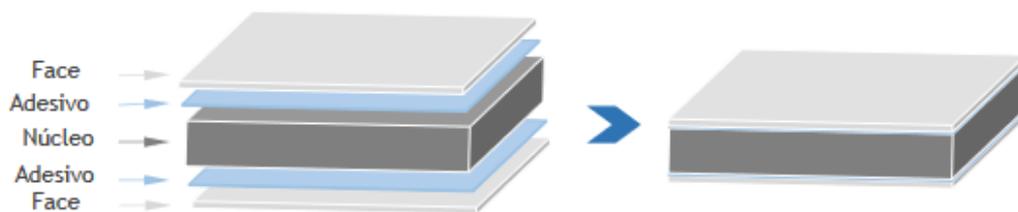


Figura 2.2 - Estrutura de um compósito Sandwich[6]

Este tipo de estruturas permite combinar os mais diversos materiais utilizados em engenharia, quer para as faces quer para o núcleo, permitindo otimizar a estrutura consoante as aplicações a que se destinam. O núcleo deve ser suficientemente rígido na direção perpendicular às faces para garantir que exista a distância correta entre as mesmas. Assim, o comportamento destas estruturas depende fortemente das relações geométricas entre a espessura das faces e do núcleo e a sua rigidez.[5]–[7]

As faces têm como função principal suportar as tensões axiais, trabalhando sempre à tração/compressão. Como tal, utilizam-se materiais de elevada resistência e de menor densidade relativamente ao núcleo. Tendo em conta estas propriedades e consoante a aplicação a dar à estrutura *sandwich*, a resistência ao impacto, corrosão, humidade e fogo, são aspetos importantes na escolha do material. Assim, para este efeito são escolhidos materiais como ligas de alumínio, plástico com reforço de fibras (vidro ou carbono), titânio ou aço.[3], [8]

O núcleo é constituído por materiais leves e com baixo módulo de elasticidade, tais como espumas poliméricas, madeira e com estrutura do tipo *honeycombs*. Estruturalmente, o núcleo tem várias funções tais como: fornecer apoio contínuo às faces, suportar tensões de corte e apresentar espessura suficiente de forma a proporcionar uma elevada rigidez e evitar empenamento do painel. Este deve ainda proporcionar isolamento térmico e acústico, bem como garantir absorção de energia ao impacto. [3], [9]

Os adesivos têm como função unir as faces com o núcleo, sendo de vital importância na estrutura *sandwich*. A sua escolha é importante uma vez que estes são responsáveis pela interação entre os vários componentes, servindo como elemento de transição e garantindo uma

boa distribuição das cargas sofridas pelo material ao longo das diferentes camadas. Existe uma grande variedade de adesivos, podendo ser feitos de resinas epóxicas ou fenólicas, poliuretano, silicones, elastómeros, etc. Apesar de poderem ser sólidos, líquidos ou pastas, são normalmente aplicados na forma líquida de forma a permitir uma fácil incorporação e manipulação durante o processo de produção. É ainda importante referir que uma das principais características de um bom adesivo é a capacidade de endurecer durante o processo de polimerização e sofrer deformação durante o endurecimento. [8], [9]

2.2 Cortiça

A cortiça é um material que é obtido diretamente da casca do sobreiro e cuja extração é feita com intervalos de 9 a 12 anos. A qualidade da sua casca depende fortemente das condições de crescimento na árvore.

Este material é utilizado para diversos fins devido às suas propriedades únicas, que até hoje não se conseguiram igualar, sendo estas as seguintes: baixa densidade, boa estabilidade química, impermeabilidade a líquidos e gases, bom isolante térmico, resistência ao fogo, baixa condutibilidade elétrica, excelente capacidade de absorção de energia, elevado coeficiente de fricção elevada elasticidade e boa compressibilidade e boa flexibilidade. A cortiça é formada por células de formato alveolar (Figura 2.3), disposta de modo compacto sem espaço intercelular. O volume das paredes das células é cerca de 10-15% do volume total e o restante volume corresponde a um gás (ar). Este fenómeno confere a sua leveza característica e as suas propriedades de isolamento e resiliência. As suas propriedades particulares de elevada elasticidade e impermeabilidade, devem-se à sua composição química específica. A sua estrutura é anisotrópica, e define três direções principais a radial, a axial e tangencial. Esta estrutura perde-se quando se tem um aglomerado de cortiça. [10], [11]

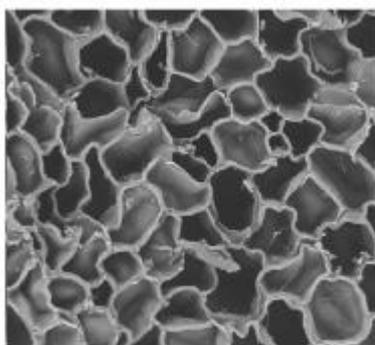


Figura 2.3 - Estrutura celular da cortiça [11]

A escolha da cortiça como núcleo de compósitos *sandwich* deve-se a propriedades como a baixa densidade, elevado módulo de corte, elevada resistência ao corte, elevada rigidez perpendicular às faces e boas características de isolamento térmico e acústico. Estudos anteriores mostraram um limite de tensão de corte do núcleo elevado, reduzindo a propagação da falha para os aglomerados de cortiça com epóxi. [9]

2.3 Polímero reforçado com fibras de vidro e matriz epóxi

Dos materiais compósitos, os mais utilizados correspondem a polímeros reforçados com fibras de vidro. Estes são constituídos por fibras de vidro imersas num material polimérico (uma resina epóxida ou poliéster). O vidro é um sólido amorfo não cristalino, composto maioritariamente por sílica (SiO_2) que é facilmente convertido em fibras de alta resistência através do seu estado fundido. Estas são utilizadas numa vasta gama de produtos e estão disponíveis em diversas formas como fio cortado, fio contínuo e tecido. Dentro das categorias de fibras as de vidro são as mais utilizadas na maioria das indústrias, tendo como vantagens a elevada resistência à tração, o seu baixo custo, elevada resistência química e são boas isoladoras a nível acústico, térmico e elétrico. Em contrapartida, caracterizam-se por ter baixo módulo de elasticidade, densidade elevada e resistência à fadiga baixa.[12], [13]

Em trabalhos anteriores, para o mesmo tipo de compósito em estudo nesta dissertação, foram testadas as fibras de carbono que e foi concluído que apesar das suas propriedades mecânicas serem melhores, o seu custo elevado não compensa a sua utilização. Como tal, para o desenvolvimento desta dissertação apenas se utilizará fibras de vidro.[14]

Das categorias de polímeros existentes destacam-se os termoendurecíveis como é o caso da resina epóxida, poliéster ou poliuretano, e os termoplásticos tais como o polietileno ou poliestireno. A diferença entre as duas categorias reside no tipo de ligações entre as cadeias moleculares, isto é, enquanto nos termoplásticos as cadeias estão ligadas por ligações químicas secundárias (mais fracas do que as covalentes), nos termoendurecíveis as ligações são cruzadas, originando estruturas mais rígidas. Devido ao fácil manuseamento durante o processo de fabricação, consequência da sua baixa viscosidade, os polímeros termoendurecíveis são os mais utilizados nos compósitos reforçados com fibras. [15]

Assim, para os compósitos deste trabalho utilizou-se a resina epóxida que funcionará como matriz do polímero reforçado com as fibras de vidro, garantindo a adesão entre as fibras e o núcleo. Estas resinas são caracterizadas pela presença de um éter cíclico constituído por um átomo de oxigénio ligado a dois átomos de carbono, designado por epóxido ou anel oxirano. Apresentam como vantagens a boa adesão a diferentes substratos, processamento a pressões não muito elevadas, não libertarem produtos voláteis e boas propriedades mecânicas.[9], [16]

Para que a aplicação da resina epóxida seja bem sucedida, é necessário escolher um endurecedor adequado (maioritariamente com grupos amina-NH₂) e depois curar a resina para se atingir uma rede estrutural controlada. Após a mistura dos dois componentes, há uma reação (Figura 2.4) entre os grupos reativos epóxido e as moléculas de endurecedor, originando estruturas ramificadas. Durante esta reação ocorre libertação de calor, tratando-se assim de um processo exotérmico. Inicialmente, devido ao aumento da temperatura, este processo caracteriza-se por uma queda da viscosidade, mas devido ao aumento do peso molecular da amostra, a viscosidade aumenta, tornando-se a queda inicial desprezável. O processo de transformação de líquido viscoso para gel elástico é irreversível e designa-se por ponto de gel. A partir deste ponto, obtém-se uma rede estrutural polimérica sólida. [17], [18]



Figura 2.4 - Processo de cura de uma resina epóxi com endurecedor com grupo amina [9]

Após o processo de cura, é comum proceder-se à pós-cura para garantir que o material seja estável e melhore as propriedades físicas e mecânicas. Este processo é realizado a uma temperatura inferior à temperatura de cura e durante períodos de tempo mais longos.[9]

2.4 Grafeno

O grafeno é um dos alótropos de carbono que mais interesse tem suscitado na última década, não apenas do ponto de vista académico, mas também tendo em conta as suas potenciais aplicações. A obtenção do grafeno isolado foi conseguida em 2004 pelos investigadores Andre J. Geim e Konstantin S. Novoselov.[19], [20]

Ainda que a sua síntese tenha sido tardia, este já era conhecido entre investigadores dado ser a base de outros alótropos de carbono (Figura 2.5). Exemplos disso são os nanotubos de carbono, (NTC) que são vistos como sendo uma folha de grafeno enrolado sobre o seu próprio eixo (1D), os fulerenos (0D), que são moldados a partir de uma folha de grafeno sob a forma esférica e cuja estrutura é formada pela ligação dos extremos da folha de grafeno e finalmente e

a grafite (3D), uma vez que pode ser vista como várias folhas de grafeno empilhadas e unidas entre si por ligações Van der Waals.[21]–[23]

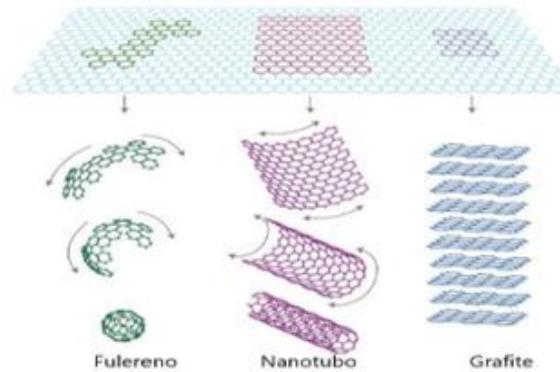


Figura 2.5 - Grafeno (topo) e estruturas relacionadas: fulereno, nanotubo e grafeno [23]

2.4.1 Estruturas e Propriedades

O grafeno pode ser definido como uma folha planar bidimensional (2D), com espessura de um átomo, constituído por átomos de carbono com ligações sp^2 rearranjados numa estrutura tipo colmeia, em forma de hexágonos (Figura 2.6), conferindo-lhe propriedades mecânicas, elétricas e térmicas únicas. [24]

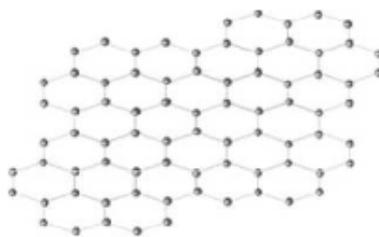


Figura 2.6 - Estrutura do grafeno

Este material pode ser caracterizado como semi-metal ou semi-condutor de gap zero, isto é, contrariamente a um semi-condutor normal que tem um gap diferente de zero entre a banda de valência e a banda de condução, no grafeno as bandas encontram-se num ponto designado por ponto de Dirac. Este facto explica a elevada mobilidade de eletrões à temperatura ambiente.[22] Também apresenta elevada condutibilidade térmica (superior ao diamante) e elétrica, reduzida absorção da luz visível, elevada área superficial, elevado módulo de Young e

ainda uma resistência à tração superior à do aço. As principais propriedades do grafeno estão visíveis na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Propriedades do grafeno [25]–[30]

Mobilidade de elétrons ($\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$)	2,5 x 10 ⁵
Condutividade térmica (WmK^{-1})	> 3000
Condutividade elétrica (Sm^{-1})	10 ⁹
Absorção óptica (%)	2,3
Módulo de Young (TPa)	1,0
Resistência à tração (GPa)	130
Área de superfície (m^2g^{-1})	2600
Densidade (mg/m^2)	0,77

2.4.2 Métodos de produção

Os processos para obter grafeno podem ser agrupados em duas categorias: *top-down* e *bottom-up*. Na produção *bottom-up*, os precursores de carbono, tais como gases que contenham carbono, hidrocarbonetos aromáticos e polímeros, são convertidos em grafeno usando técnicas como a deposição química em fase de vapor (*Chemical Vapour Deposition-CVD*), pirólise, crescimento epitaxial num substrato e síntese orgânica direta. Já a produção *top-down*, consiste na conversão simples da grafite em grafeno por oxidação-redução química, exfoliação na fase líquida (*Liquid-Phase Exfoliation-LPE*) e exfoliação na fase sólida. [31], [32]

Para esta dissertação o grafeno foi produzido pelo método LPE. Este método consiste primeiro na dispersão da grafite num solvente orgânico (neste caso utilizaram a água) para que a barreira energética seja removida, ou seja, para que as forças de Van der Waals sejam enfraquecidas e possam facilitar a separação do grafeno. Em seguida, a grafite é exfoliada por ultra-sons, obtendo-se folhas de grafeno individuais em suspensão. Deste processo resultam nanoplaquetas de grafeno (GNPs) de elevada qualidade e que podem ser produzidas em várias camadas (monocamadas ou multicamadas) ou formas (dispersões ou pós). [31]–[33]

2.5 Compósitos de resina epóxida/grafeno

O grafeno disperso em matrizes poliméricas tem suscitado um grande interesse nos últimos anos, uma vez que demonstrou uma melhoria significativa das propriedades comparativamente aos compósitos convencionais e polímeros virgens. As melhorias obtidas foram ao nível da resistência à tração, da resistência à flexão, do módulo de Young, da condutividade elétrica e térmicas.

A maioria dos estudos realizados para estes compósitos concentram-se no modo em como são processados, pois para assegurarem melhoria nas propriedades é necessário existir um bom método de dispersão das nanopartículas do grafeno na matriz. Os métodos de dispersão mais utilizados pela maioria dos autores são os de mistura mecânica, ultra-sons e moinho de três-rolos.

Por outro lado, a presença de forças de Van der Waals fortes entre as camadas de grafeno promove a aglomeração e conseqüentemente a sua dispersão e exfoliação tornam-se críticas quando o grafeno é misturado com o polímero. Uma fraca dispersão e aglomeração do grafeno criam pequenos defeitos nos compósito, traduzindo-se numa melhoria pouco significativa das propriedades mecânicas. Como tal, e para controlar os problemas anteriores, têm sido desenvolvidas várias abordagens à funcionalização covalente do grafeno a partir do método de oxidação para melhorar a afinidade com a matriz. Uma das formas mais utilizadas do grafeno funcionalizado é o óxido de grafeno (GO), que devido à presença de grupos funcionais com oxigénio e elevada capacidade de dispersão, proporciona uma excelente ligação com a matriz polimérica. A Tabela 2.2 resume alguns dos estudos realizados com grafeno (GNPs) e grafeno funcionalizado (GO) e respetivos resultados referentes às propriedades estudadas.

Singh et al.[34] comparou as propriedades mecânicas de dois tipos de compósitos com matriz epóxida: um reforçado com nanoplacas de grafeno (GNPs) e outro reforçado com nanotubos de carbono de múltiplas paredes (MWCNT). Ambos os compósitos foram produzidos recorrendo à dispersão mecânica e com diferentes teores de reforço (0.5,1.0,2.0 e 3.0 %m/m). Os resultados obtidos mostraram que a adição de ambos os reforços melhoraram o desempenho da resina epóxida. Em termos de resistência ao impacto, os MWCNT mostraram melhores resultados dada a sua capacidade de absorver uma maior quantidade de energia relativamente ao uso de GNPs. Por outro lado, o reforço com GNPs resultou num aumento de 20 e 31% da resistência à tração e compressão, enquanto o reforço com MWCNT resultou apenas num aumento de 18 e 19% respetivamente, o que significa um melhor contacto interfacial com a matriz por parte dos GNPs. As imagens obtidas por SEM e TEM indicaram que os reforços foram bem dispersos na matriz epóxida.[34]

Por outro lado, Prolongo et al.[35] estudou a influência de teores diferentes de GNPs (1.0 e 5.0% m/m) no processo de cura de uma resina epóxida à base de bisfenol A (DGEBA) interligada com 4,4-diaminodifenilmetano (DDM), utilizando a dispersão mecânica seguida da dispersão por ultra-sons para preparar os compósitos. Com este estudo os autores concluíram que na presença dos GNPs, a reação de cura torna-se menos exotérmica e a T_g dos compósitos é mais baixa. Em termos de propriedades mecânicas, a presença de 1% m/m de GNPs melhorou ligeiramente a rigidez do compósito (maior módulo elástico E') e manteve as propriedades de tração, força e tensão na rutura comparativamente à resina pura. Por outro lado, com o aumento da % de GNPs, as propriedades anteriormente referidas sofrem um decréscimo que esta relacionado com a formação de aglomerados. [35]

Exemplo de um estudo que utiliza como método de dispersão o moinho de três rolos é o desenvolvido pelo Shivakumar et al.[36] , onde foram usados GNPs para reforçar compósitos de epóxida e compósitos reforçados com fibra de carbono. Os teores usados variaram entre 0.5-2 %m/m e foram analisadas as propriedades físicas e mecânicas. Em termos de microestrutura, foi possível observar que com a adição de GNPs, passou-se de uma estrutura totalmente frágil (sem GNPs) para uma estrutura moderadamente flexível (0.5-2% m/m). Neste estudo, os autores concluíram que a percentagem ótima de reforço corresponde a 1%, obtendo-se os valores máximos de resistência à flexão e tração. [36]

Tang et al [37] utilizou GO, obtido pelo método de oxidação pressurizada, para adicionar à resina epóxida e estudou as propriedades mecânicas de compósitos com teores entre 0.1-1% m/m. Os resultados obtidos neste estudo mostraram que houve uma melhoria significativa na dureza dos compósitos e que o maior valor de resistência ao impacto foi obtido para o teor de 0.5% m/m.[37]

Estes são exemplos de alguns dos muitos trabalhos existentes que estudam a influência da adição de grafeno à matriz de resina epóxida. Generalizando, é possível reter que independentemente da forma de grafeno utilizada, as propriedades dos compósitos reforçados com o mesmo são sempre superiores às do polímero de epóxida pura. Obviamente que, e os resultados de alguns trabalhos mostram isso, existem diferenças nas propriedades dos compósitos consoante o tipo de interação entre reforço e matriz conseguido.

Nesta dissertação o conteúdo de GNPs a utilizar será de 0.5,1 e 3% m/m e serão estudadas as propriedades mecânicas e termo-mecânicas dos compósitos.

Tabela 2.2 – Resumo de alguns estudos desenvolvidos para a dispersão do grafeno na matriz epóxida

Tipo de reforço	Dimensões partículas	Concentração de partículas (%m/m)	Resina	Método de dispersão	Tipo de testes mecânicos e termomecânicos	Resistência à tração (MPa) / aumento % relativamente à EP pura	Resistência à flexão (MPa) / aumento % relativamente à EP pura	E (GPa) / aumento % relativamente à EP pura	Ref.
GNPs	Espessura 8-10 nm Diâmetro 5,25 µm	0.5 1	Epóxida (Araldite LY556)	Mecânica	Tração Compressão Impacto SEM/TEM	20%			[34]
MWCNT	Comprimento ±2 µm Di=±6,5 nm De=±40 nm	2 3				19%			
GnPs	Espessura 6 nm Tamanho médio 25 µm	1 5	Epóxida (DGEBA, Araldite F)	Mecânica + ultra-sons	DSC/DMT A Tração/SE M	71 42		2,74 3,20	[35]

GnPs	Espessura 6-10 nm	0,5	Epóxida (Epon 828)	Mecânica + Moinho de 3 rolos	Tensão	68	99	[36]
		1			Flexão	72	105	
		1,5			Impacto	69	94	
		2			SEM	68	93	
GO		0,1	Epóxida	Ultra-sons	Impacto		106	[37]
		0,2			Flexão		101	
		0,5			DMA		113	
		1			SEM		60	
GNPs	Espessura 6 nm Tamanho médio 25 µm	1,5	Epóxida (DGEBA, Araldite LY556)	Ultra-sons + moinho de 3 rolos	SEM/TEM	2.7–2.9 GPa	[38]	
		2						
		3			DMTA			
		5			Flexão			
		8						

3. Metodologia

3.1 Plano de Ensaios

O objetivo principal desta dissertação é perceber qual a influência que a adição do grafeno pode ter no compósito final. Na Figura 3.1 estão esquematizados os ensaios realizados durante o desenvolvimento desta dissertação.

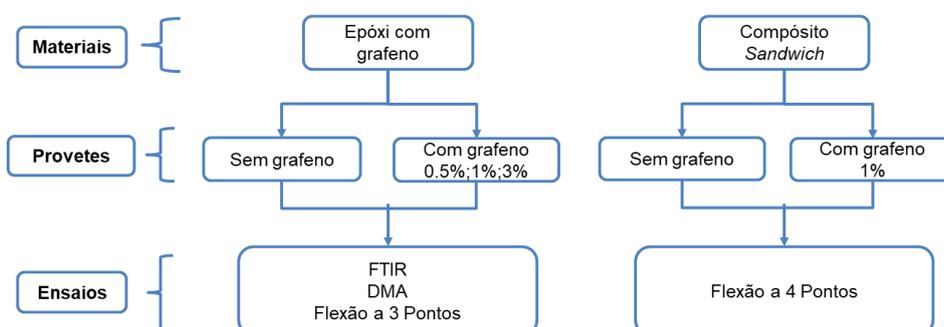


Figura 3.1 – Ensaios realizados

Para tal, dividiu-se o plano de trabalhos em três partes: primeiro fez-se uma caracterização à resina epóxida isolada, seguiu-se um estudo da adição do grafeno em diferentes quantidades à resina e para terminar estudaram-se as propriedades mecânicas do compósito final, como é esquematizado na Figura 3.2.

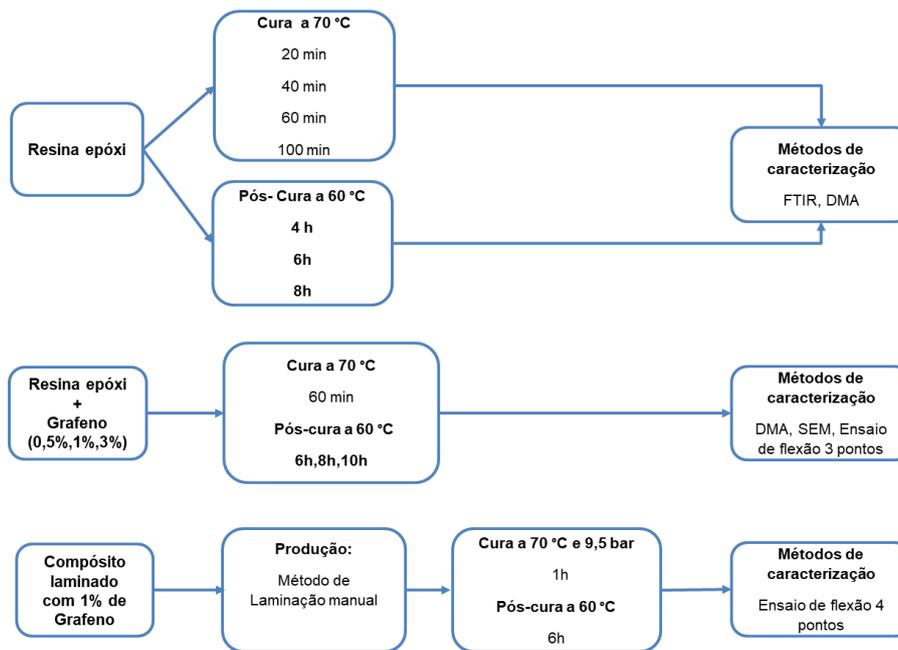


Figura 3.2 - Esquema de plano de ensaios e respectivos parâmetros de cura e pós-cura

3.2 Produção de Provetes

3.2.1 Provetes de Resina

A resina utilizada foi a *EPOLIT RS 7720* e de acordo com a ficha técnica fornecida apresenta as propriedades e condições de trabalho constantes na Tabela 3.1 e Tabela 3.2 respetivamente. Não nos foi cedida informação detalhada relativamente aos componentes de cada parte da resina, apenas se sabe que a parte A é constituída por uma mistura à base de pré-polímero epoxídico, nomeadamente o produto da reação entre bisfenol-A e epiclorigidrina (resina epoxídica) ($M_w < 700$) e a parte B, sendo o endurecedor, é constituída por aminas, nomeadamente 3-aminometil-3,5,5-trimetilciclo-hexilamina, 2,2'-iminodietilamina e 3,6-diazaoctanoetilenodiamina. As respetivas fichas técnicas e fichas de segurança encontram-se nos anexos A.1 e A.2.

Tabela 3.1 - Propriedades dos componentes da resina

Propriedades Físicas		
	Componente A	Componente B
Viscosidade a 25 °C (cP)	400-500	100-150
Densidade (g/cm ³)	1,1	1,02
Aparência	Transparente	Transparente
Razão de mistura (g)	100	25

Tabela 3.2 - Propriedades da resina epóxida *EPOLIT RS 7720*

Condições de trabalho		
Tempo de gel (t _g)	Temperatura de transição vítrea (T _g)	Razão A:B
35-65 min	80°C	4:1

Para produzir os provetes de resina começou-se por pesar primeiro a quantidade de A e seguidamente a quantidade de B e misturaram-se de seguida as duas partes com o auxílio de um agitador mecânico durante cerca de 1 minuto a uma velocidade de 3000 rpm. Depois de obter uma mistura homogénea, fez-se uma desgaseificação num sistema sob vácuo durante 3 minutos para eliminar as bolhas presentes na mistura. As pesagens das quantidades de resina foram sempre realizadas na mesma balança digital (*Mettler Toledo*, modelo PB3002). Estes provetes foram produzidos em moldes de silicone com as seguintes dimensões: 75 x 15 x 3 mm. Na Figura 3.3 é visível um provete de resina epóxida (EP).



Figura 3.3 - Exemplo de provete de resina EP

- **Estudo da cura e pós-cura**

A determinação do ciclo de cura é um dos fatores mais importantes para uma melhor caracterização e optimização da resina, uma vez que as suas propriedades dependem fortemente do grau de cura, isto é, reticulação da rede polimérica. Um processo de cura incorreto

poderá levar a uma cura incompleta da resina ou provocar a sua degradação e, como tal, a um pior desempenho em serviço. Foram criados vários grupos de provetes de resina para estudar diferentes ciclos de cura, estando estes resumidos na Tabela 3.3. Os ciclos de cura e pós-cura da resina foram sempre realizados na mesma estufa da marca *Nahita* e modelo 631 Plus.

Tabela 3.3 - Tabela resumo de provetes de resina produzidas

Provetes						
Grupo A			Grupo B			
Cura		Pós-cura	Cura		Pós-cura	
t (min)	T (°C)		t (min)	T (°C)	t (h)	T (°C)
20	70	-----	40	70	4	60
40					6	
60					8	
100						

3.2.2 Provetes de Resina com Grafeno

O grafeno utilizado foi fornecido pela empresa portuguesa *GRAPHENEST*. As dimensões das nanoplacas do grafeno utilizado estão presentes na Tabela 3.4. Para produzir estes provetes também foram criados vários grupos, sendo o procedimento igual para todos variando apenas a quantidade de grafeno. O procedimento para a produção destes provetes foi idêntico ao da produção dos provetes de resina, destacando-se a etapa de dispersão do grafeno que foi realizada no componente B antes de se juntar ao componente A. A mistura dos três foi feita com o agitador mecânico durante 1 minuto. Para o processo de dispersão do grafeno testaram-se quatro métodos diferentes, que foram os seguintes: dispersão manual, dispersão mecânica com agitador mecânico *VOS 60* da *VWR* (3000 rpm durante 1 min), dispersão com homogeneizador *Ultraturrax T18* da *IKA* (3000 rpm durante 10 min) e dispersão por ultra-sons da *VWR* (durante 40 min). A Figura 3.4 mostra o exemplo de um provete de grafeno

Tabela 3.4 - Dimensões das nanoplacas de grafeno (GNPs)[39]

Nº de camadas	Distribuição de tamanho de partículas				Espessura das nanoplacas
	< 3 µm	3-7 µm	7-15 µm	> 15 µm	
2-30	< 3 µm	3-7 µm	7-15 µm	> 15 µm	10 nm



Figura 3.4 - Exemplo de provete de resina EP com grafeno

- **Estudo da cura e pós-cura**

Uma vez que se está a adicionar um componente novo à resina epóxida, começou por se fazer um estudo do ciclo de cura e pós-cura. Para este estudo, os métodos de dispersão e teores de grafeno foram sendo escolhidos à medida que se foram obtendo resultados. A Tabela 3.5 mostra os grupos preparados e respetivos ciclos de cura.

Tabela 3.5 - Tabela resumo dos provetes de resina com grafeno

Provetes	% (m/m) de Grafeno	Método de dispersão	Cura		Pós cura	
			t (min)	T (°C)	t (h)	T (°C)
Grupo F	3	Manual Mecânica <i>Ultraturrax</i> Ultra-sons	60	70	6	60
Grupo G	3	Manual	80 100	70	6	60
Grupo H	3	Manual	60	70	8 10	60
Grupo I	0.5 1	Manual	60	70	6	60
Grupo J	0 0.5	Manual	60	70	10	60

3.2.3 Provetes do compósito *sandwich*

Foram produzidos dois compósitos *sandwich* de configuração convencional, sendo constituídos por duas faces de resina epóxida reforçada com fibra de vidro, separadas por um núcleo de aglomerado de cortiça NL20, de 10 mm de espessura. Foi estudada a presença de grafeno na resina epóxida. Como tal, atribui-se ao compósito sem grafeno a designação de (C0)

e para o compósito com grafeno a designação de (C1). A sua produção seguiu o método de laminação manual descrito pelas seguintes etapas:

(1) Preparação dos componentes: onde é feito o corte das placas de aglomerado de cortiça e do tecido de fibra com as dimensões pretendidas. Consoante as dimensões fizeram-se os cálculos e pesagem dos componentes da resina e do grafeno pretendidos e por fim misturaram-se para iniciar a reação de cura.

(2) Laminação: Colocou-se metade da mistura de resina produzida com ou sem grafeno sobre a placa de aglomerado da cortiça e espalhou-se com a ajuda de uma espátula de forma a ficar bem distribuída. Seguiu-se a aplicação do tecido de fibra sobre o aglomerado, certificando-se de que esta fica bem esticada. Para finalizar esta etapa, verteu-se o restante da mistura de resina e espalhou-se uniformemente sobre o tecido de fibra. Repetiu-se o processo para a parte inferior da placa.

(3) Pressão e temperatura: após processo de laminação, colocou-se a placa numa prensa à temperatura de 70 °C e aplicou-se uma pressão de 9,5 bar durante 1h (tempo definido para cura).

(4) Arrefecimento: Após tempo de cura na prensa, retirou-se a placa e deixou-se arrefecer à temperatura ambiente

(5) Corte: posteriormente ao arrefecimento, cortou-se a placa em provetes com as dimensões pretendidas

(6) Pós-cura: Com os provetes cortados, procedeu-se à pós-cura dos mesmos, colocando-os numa estufa a 60 °C durante 6h.



Figura 3.5 - Produção dos compósitos: (a) placa de cortiça cortada com as dimensões pretendidas, (b) aplicação de parte da dispersão EP/GNPs na cortiça, (c) aplicação da restante dispersão no tecido de fibra e (d) compósito preparado com resina sem GNPs

3.3 Métodos de Caracterização

Este capítulo descreve os métodos utilizados para analisar o comportamento químico, térmico e mecânico dos materiais em estudo.

3.3.1 Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

Este método foi utilizado para caracterizar os provetes de resina EP, com o objetivo de se perceber como evoluía a reação de cura ao longo do tempo. No caso dos provetes de resina com grafeno, o objetivo foi perceber que tipo de interações existiam entre o polímero EP e o grafeno, e se a presença deste influenciava ou não a reação de cura.

- **Princípios**

São várias as técnicas utilizadas para o estudo das condições de cura das resinas epóxida. A Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) foi uma das técnicas escolhidas uma vez que permite detetar como varia a presença dos grupos funcionais para períodos de tempo diferentes.[40] Este método detecta as frequências associadas às vibrações dos átomos e moléculas, quando uma amostra é exposta à radiação no infravermelho e os seus espectros permitem identificar grupos funcionais presentes na estrutura química do material em questão. [41]

- **Metodologia**

Todos os espectros foram obtidos com o equipamento Perkin-Elmer Spectrum Two com o acessório de ATR Miracle da Pike, utilizando 8 varrimentos (scans) de acumulação e 8 cm^{-1} de resolução. O intervalo de números de onda escolhido foi de 4000-400 cm^{-1} . Este método foi utilizado para os provetes de resina e para os provetes de resina com grafeno. No caso dos últimos, devido à sua coloração escura, foi necessário cortar pequenas lâminas de espessura muito fina para se conseguir obter resultados.

3.3.1 Análise Dinâmico-Mecânica (DMA)

Este método foi utilizado com o objetivo de compreender o ciclo de cura da resina epóxida e posteriormente analisar a influência do grafeno no mesmo.

- **Princípios**

Uma das técnicas utilizadas para caracterizar o comportamento viscoelástico de um dado material em função da temperatura, tempo, frequência ou tensão é a Análise Mecânica Dinâmica, normalmente designada por DMA (*Dynamic Mechanical Analysis*).

Esta técnica aplica ao material uma tensão sinusoidal. Consoante o tipo de material, a resposta do mesmo à tensão aplicada pode não ser imediata, sendo o seu desfasamento medido pelo ângulo de fase δ . Podemos classificar os materiais como elásticos ($\delta=0^\circ$), viscosos ($\delta=90^\circ$) e viscoelásticos ($0^\circ < \delta < 90^\circ$).[42], [43]

O DMA permite calcular algumas propriedades, tais como o módulo de armazenamento (E') que corresponde à capacidade do material de armazenar energia (comportamento elástico) e que está relacionado com a sua rigidez, o módulo de perda (E'') que evidencia a tendência do material para dissipar a energia mecânica através da movimentação molecular (comportamento viscoso) e ainda o fator de amortecimento ou $\tan \delta$ que é a razão entre a componente viscosa e a componente elástica do material. [43]

$$E' = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cos \delta \quad (3.1)$$

$$E'' = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \sin \delta \quad (3.2)$$

$$\tan \delta = \frac{E''}{E'} \quad (3.3)$$

Outro parâmetro que esta técnica permite determinar é a temperatura de transição vítrea (T_g), sendo esta a informação principal que se pretende retirar da aplicação desta técnica e que se caracteriza pela diminuição brusca na curva do módulo E' ou pelo pico máximo da curva $\tan \delta$, ambas em função da temperatura.[44]

- **Metodologia**

Os ensaios foram realizados no equipamento de DMA de modelo Q800 da Thermal Analysis Instruments (TA analysis) que utiliza o programa TA Advantage™ para controlar os parâmetros. O tipo de grampos utilizado foi o *dual cantilever* e os ensaios foram realizados em

modo multifrequências (com deformação controlada), sendo escolhido o modo rampa de temperaturas. Os ensaios foram realizados entre a gama de temperaturas de 26-120°C, a uma velocidade de 3°C/min e com amplitude e frequência de 15 µm e 1 Hz respetivamente. Para este método, os provetes de resina e de grafeno foram cortados manualmente com o auxílio de um serrate de forma a terem as dimensões definidas pela norma ASTM D4065 (60 x 14 x 3 mm).



Figura 3.6 - Equipamento de DMA modelo Q800 (esquerda) e suporte *dual cantilever* (direita)

3.3.2 Microscopia Eletrónica de Varrimento (SEM)

Este método foi utilizado para estudar a morfologia das superfícies fraturadas dos provetes de forma a perceber como estava o grafeno distribuído. Também foi o método utilizado para determinar o melhor método de dispersão do grafeno na resina

- **Princípios**

A microscopia eletrónica de varrimento (*Scanning Electron Microscopy* - SEM) é uma técnica que utiliza um feixe de eletrões com determinada energia para bombardear a superfície do material a analisar, permitindo obter imagens com elevadas ampliações. É de notar que, no caso de se querer obter informações sobre o interior do material basta cortar ou fraturar o mesmo. A interação entre esse feixe e os materiais à superfície permite obter informações sobre algumas características dos materiais sólidos, tais como morfologia, microestrutura e topografia da superfície.[45]

- **Metodologia**

O equipamento utilizado foi um FEG-SEM (*Field Emission Gun Scanning Electron Microscope*) JEOL JSM 7001F. Os provetes analisados, foram quebrados de forma a analisar a

superfície transversal e foram cobertos com um revestimento condutor de ouro e paládio. Para uma melhor análise, os provetes fraturados foram colocados na vertical no porta-amstras.

3.3.3 Ensaio de Flexão em 3 pontos

Este foi o método escolhido para determinar as propriedades mecânicas dos provetes poliméricos com e sem grafeno e perceber como estas variam com o aumento do seu teor.

- **Princípios**

Este método é válido para materiais termoendurecíveis, e a tensão de flexão é obtida de acordo com a ISO 178. A Figura 3.7 representa a configuração utilizada, onde L é a distância entre apoios, F é a carga aplicada, h é a espessura do provete e l é o comprimento do provete.

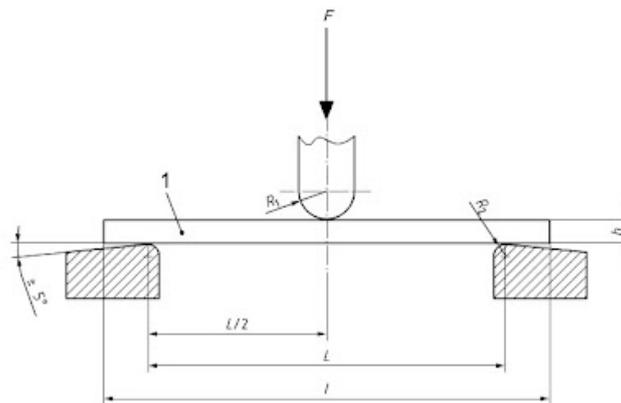


Figura 3.7 – Configuração de Carga a três pontos de acordo com ISO 178[46]

A tensão de flexão (σ_f) é calculada de acordo com a equação (3.4), onde b corresponde à largura do provete.

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (3.4)$$

Já a deformação à flexão (ε_f), pode ser calculada segundo as equações (3.5) ou (3.6), onde s corresponde à deflexão (mm).

$$\varepsilon_f = \frac{6sh}{L^2} \quad (3.5)$$

$$\varepsilon_f = \frac{600sh}{L^2} \% \quad (3.6)$$

Posteriormente é possível obter a curva tensão-deformação, que pode ser caracterizada em três tipos (Figura 3.8): curva a) que corresponde a um material que parte antes de ceder, ou seja, antes de atingir a tensão de cedência, ou sofrer deformação plástica, curva b) que representa um material que primeiramente cede, mas não atinge o limite de deformação específica (s_c) e por fim a curva c) que diz respeito a um material que não cede nem sofre fratura no limite referido anteriormente.

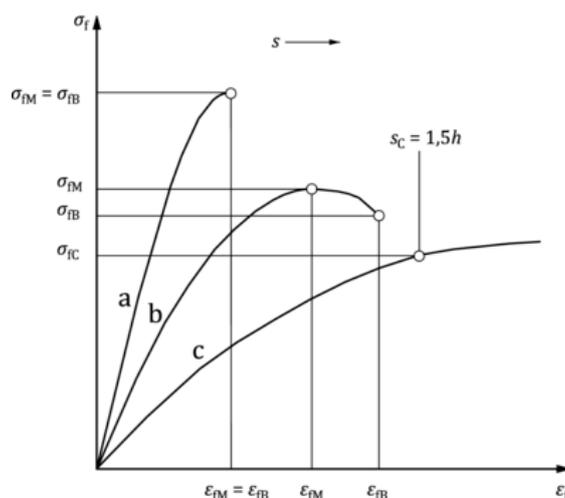


Figura 3.8 - Curvas típicas de tensão (σ_f) vs deformação específica (ϵ_f) e deflexão (s)

Para finalizar, o módulo de elasticidade à flexão é obtido pela equação (3.6), onde σ_{f1} é a tensão medida para $\epsilon_1=0,0005$ e σ_{f2} é a tensão medida para $\epsilon_2=0,0025$.

$$E_f = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \quad (3.6)$$

- **Metodologia**

Os ensaios de flexão em três pontos foram realizados no equipamento da marca Instron e modelo 5566, com uma célula de carga de 500 N. As dimensões dos provetes foram definidas de acordo com a ISO 178 ($l = 80,0 \pm 2,0$ mm; $b = 10,0 \pm 0,2$ mm; $h = 4,0 \pm 0,2$ mm). Para cada um dos provetes estudados, fizeram-se medições médias da espessura (h) para posteriormente ajustar o comprimento do vão de carregamento de acordo com a equação (3.7) e definiu-se 2 mm/min para a velocidade como referido na ISO 178. [46]

$$L = (16 \pm 1) \bar{h} \quad (3.7)$$

3.3.4 Ensaio de flexão a 4 pontos

Este método foi o escolhido para caracterizar o compósito final de estrutura *sandwich* para as duas configurações produzidas.

- **Princípios**

O cálculo da rigidez à flexão e ao corte de vigas foi baseado em estudos anteriores.[14] Cada provete é testado com a mesma configuração de carregamento (L), mas incrementando o comprimento do vão de suporte (S=100 mm, S=150 mm, S=200 mm e S=250 mm). O teste é feito com 40% da carga máxima, parando antes de acontecer qualquer deformação ou dano permanente nas faces ou núcleo da estrutura *sandwich*.

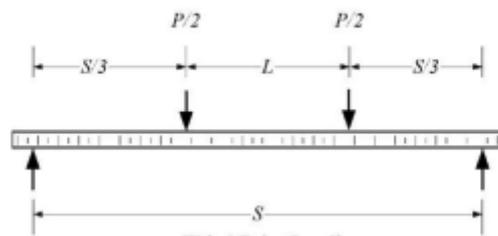


Figura 3.9 - Configuração de carga a quatro pontos de acordo com ASTM C- 393[47]

Deduzindo a equação de deflexão a meio vão e substituindo $L=S/3$, tendo em conta a configuração da Figura 3.9, é possível obter a deflexão a meio vão (Δ) em função da carga aplicada (P), a rigidez à flexão (D) e a rigidez ao corte (U), que pode ser transformada numa equação do tipo $y=mx+q$ (equação 3.8).

$$\frac{\Delta}{SP} = \frac{1.7}{96D} S^2 + \frac{1}{6U} \quad (3.8)$$

Traçando o gráfico da equação (3.8) em função do comprimento do vão de suporte (S^2), pode ser delineada uma regressão linear que permite calcular D e U respetivamente através das equações (3.9 e 3.10), onde m e q são respetivamente o declive e interceção da regressão linear.

$$D = \frac{1.7}{96m} \quad (3.9)$$

$$U = \frac{1}{6q} \quad (3.10)$$

- **Metodologia**

Para começar, produziram-se sete provetes para as configurações com e sem grafeno, seguindo o procedimento descrito na secção 3.2.3 e com as dimensões de 300 x 50 mm definidas pela norma ASTM C393. Utilizaram-se dois provetes para determinar a carga máxima e os restantes cinco para o cálculo da rigidez à flexão.

Os ensaios para determinar a carga máxima foram realizados para um vão de suporte de $S= 250$ mm, dado a carga equivalente para os vãos mais curtos ser superior. As relações entre a carga máxima e os comprimentos de vão encontram-se na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Carga máxima para os distintos valores de suporte de vão

S (mm)	Carga máxima
100	$5/2 P_{\text{máx}}$
150	$5/3 P_{\text{máx}}$
200	$5/4 P_{\text{máx}}$
250	1

Para os restantes provetes, aplicou-se 40% da carga máxima obtida para $S=250$ mm e ensaiaram-se os quatro comprimentos de suporte de vão. Entre cada ensaio, respeitou-se o tempo de restituição da cortiça. [14]

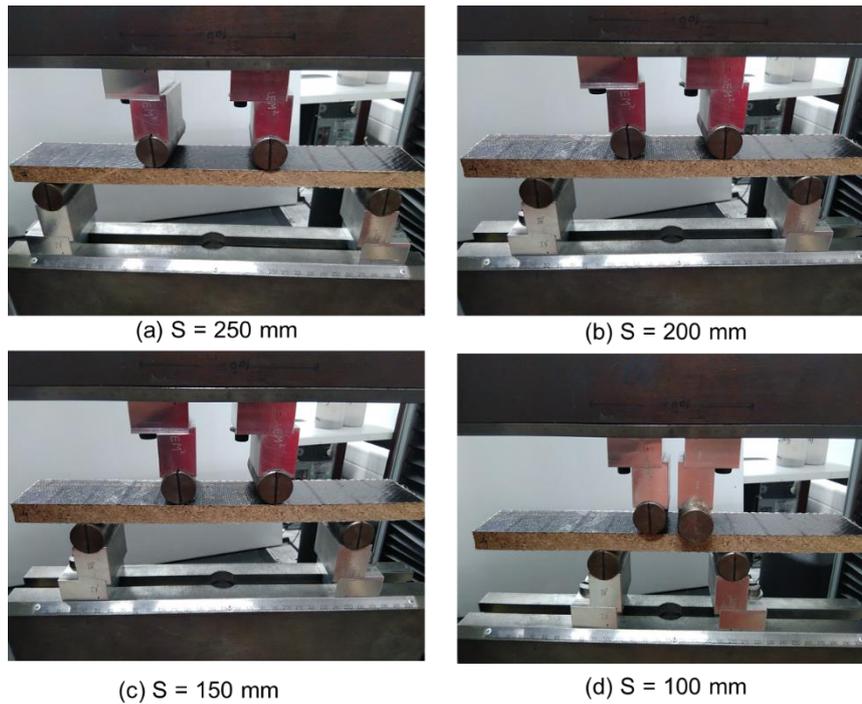


Figura 3.10 - Configurações de carregamento para os diferentes comprimentos de vão de suporte

3.3.5 Ensaio de dureza Shore D

- Princípios

A dureza Shore é um ensaio que avalia a dureza superficial de polímeros ou elastômeros. Esta é determinada recorrendo ao uso de durómetros que podem ser ou não portáteis. O durómetro mede a resistência à penetração através de um indentador ao qual é aplicada uma força perpendicularmente à superfície de um material. O deslocamento vertical do penetrador é convertido num valor de dureza Shore adequada ao material em uso numa escala entre 0 e 100 Shore.

- Metodologia

Os ensaios de dureza Shore foram realizados utilizando um durómetro de Shore D manual da marca X.F. e para cada ensaio mediram-se valores em três pontos diferentes.

4. Resultados e discussão

4.1 Resina Epóxida

4.1.1 Estudo da cura

Para o estudo do ciclo de cura da resina, um dos métodos utilizados foi o FTIR (explicado no tópico 3.3.1) e cujos provetes foram produzidos de acordo com o descrito no tópico 3.2.1. Antes de implementar a técnica de FTIR para determinar o progresso da reação de cura da resina epóxida, é importante perceber os espectros referentes aos componentes A e B da resina.

No espectro referente ao componente A (constituído por uma mistura à base de pré-polímeros epóxidos provenientes da reação do bisfenol A com epicloridrina), é possível observar as bandas seguintes: a 3500 cm^{-1} (de extensão O-H), a $2965\text{-}2870\text{ cm}^{-1}$ (de extensão C-H do CH_2 e CH aromático e alifático), a 1508 cm^{-1} (de extensão C-C do aromático), a 1034 cm^{-1} (a de extensão C-O-C dos éteres) e a 915 e 830 cm^{-1} (correspondentes às de extensão de C-O e C-O-C do grupo oxirano respetivamente). Já no espectro do componente B (constituído por aminas), é visível uma banda entre $3500\text{-}3100\text{ cm}^{-1}$ correspondente à extensão N-H que difere quanto ao tipo de amina (enquanto para aminas primárias a banda dobra-se em dois correspondendo aos modos de extensão simétrico e assimétrico, para as secundárias é apenas uma banda). Os espectros são visíveis na Figura 4.1.

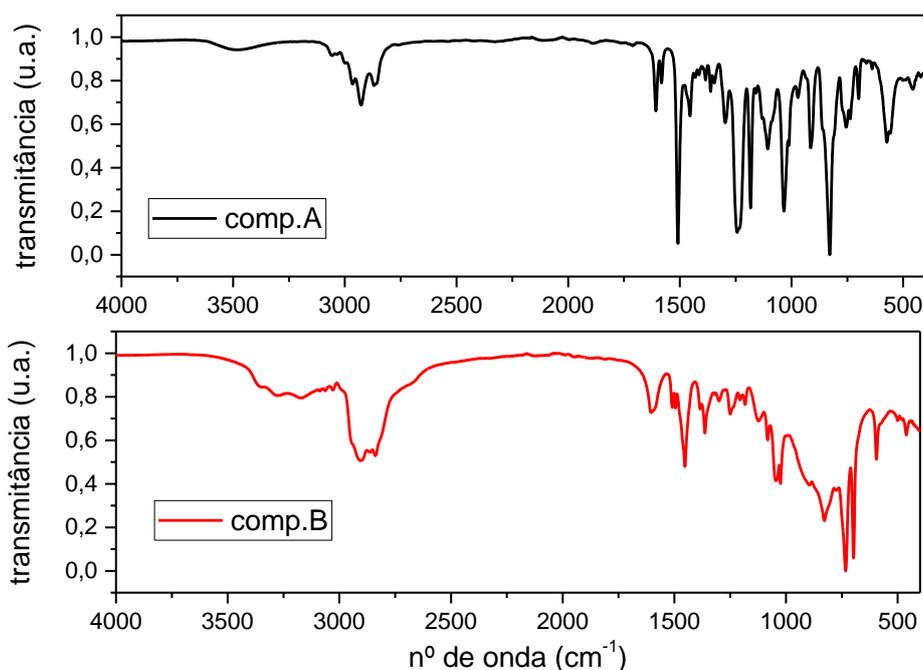


Figura 4.1 - Espectros referentes aos componentes A e B da resina epóxida

A Figura 4.2 mostra os espectros correspondentes à resina epóxida (logo após mistura dos componentes e antes da cura) e aos diferentes tempos de cura estudados.

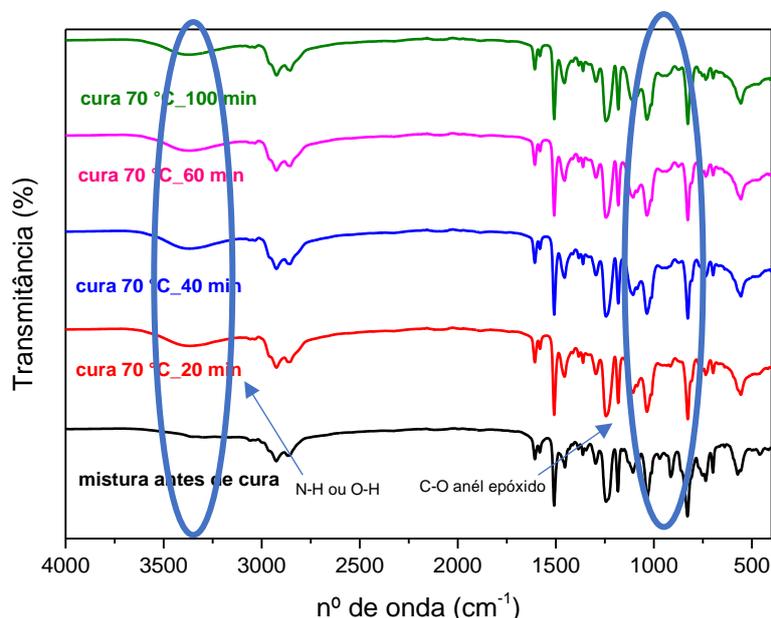


Figura 4.2 - Espectros de FTIR para diferentes tempos de cura da resina epóxida a 70 °C

O processo de cura da resina epóxida com as aminas pode ser descrito em dois passos: primeiro, um grupo epóxido reage com uma amina primária, produzindo uma amina secundária, que num segundo passo reage com outro grupo epóxido formando uma amina terciária. Assim, é possível monitorizar o processo de cura, uma vez que as reações envolvidas resultam numa diminuição dos grupos funcionais epóxido e aminas, refletindo-se numa diminuição das intensidades das suas bandas características.

Assim, para avaliar qual o melhor tempo de cura da resina epóxida, monitorizou-se a evolução da banda visível a 915 cm⁻¹ correspondente à deformação da ligação C-O do anel epóxido. Segundo a Figura 4.3 verifica-se que a intensidade desta banda diminui com o aumento do tempo de cura, sendo que para tempos superiores o mesmo praticamente deixou de ser visível. Com a reação de cura a decorrer, verificou-se a formação de novas ligações que se refletiram nos espectros com o aparecimento de absorções na zona dos 3500-3400 cm⁻¹ (Figura 4.4.). As bandas que surgem nesta gama de absorção são difíceis de quantificar/analisar uma vez que podem corresponder a ligações O-H resultantes da abertura do anel, à presença de humidade na amostra, ou a ligações N-H de aminas secundárias que possam ter sido formadas durante reação de cura.

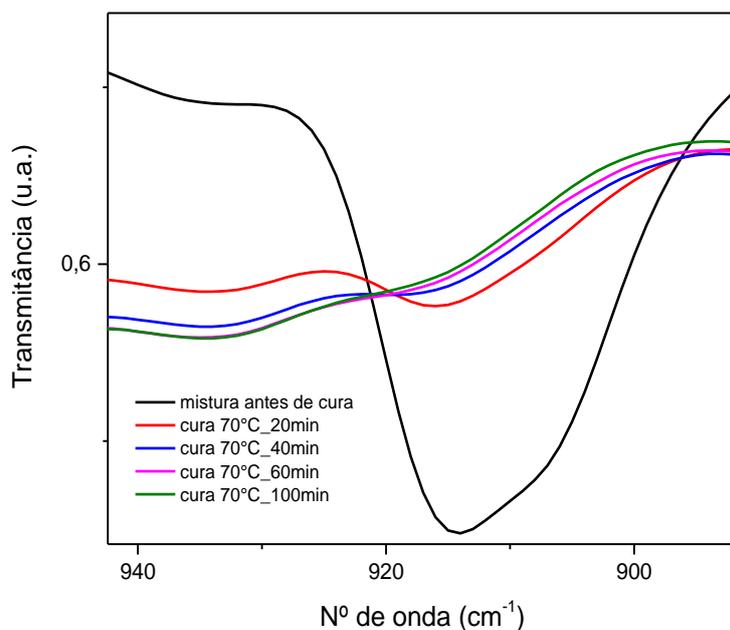


Figura 4.3 – Evolução da banda de absorção da ligação C-O do anel epóxico

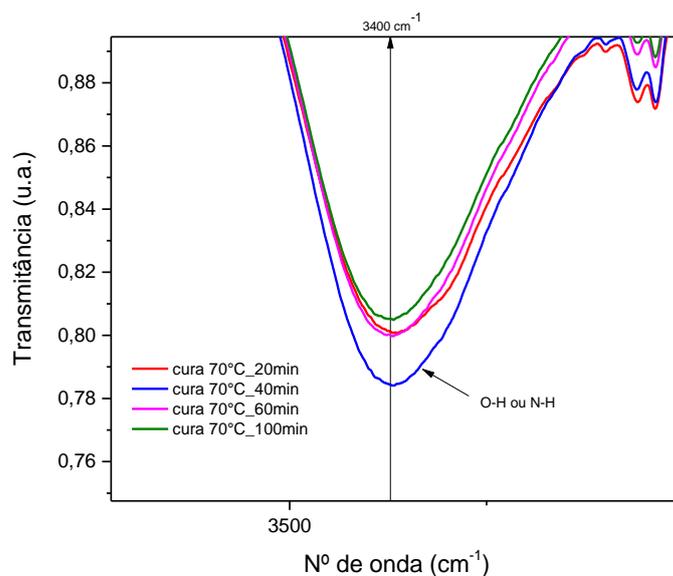


Figura 4.4 - Evolução da banda de absorção das ligações O-H ou N-H

Assim, com este método conclui-se que a partir dos 60 min de cura já não existiam mais anéis epóxicos por reagir devido à intensidade da banda característica dos mesmos ser praticamente nula.

Outro método utilizado para o estudo do ciclo de cura da resina foi o DMA cujo procedimento foi explicado na secção 3.3.1. A aplicação desta técnica teve como principal objetivo medir qual o melhor valor de T_g , uma vez que este parâmetro traduz o grau de cura, i.e. reticulação, do polímero. Para os provetes em estudo, foi possível observar através das curvas de $\tan \delta$ (Figura 4.5) que estes não se encontravam completamente curados, dado que as curvas

mostram a existência de dois picos. Estes picos sugerem que o material apresenta zonas com graus de reticulação diferentes, ou seja, existem zonas em que as cadeias ainda se conseguem movimentar (primeiro pico - menor Tg) e outras zonas com reticulação máxima (segundo pico - maior Tg).

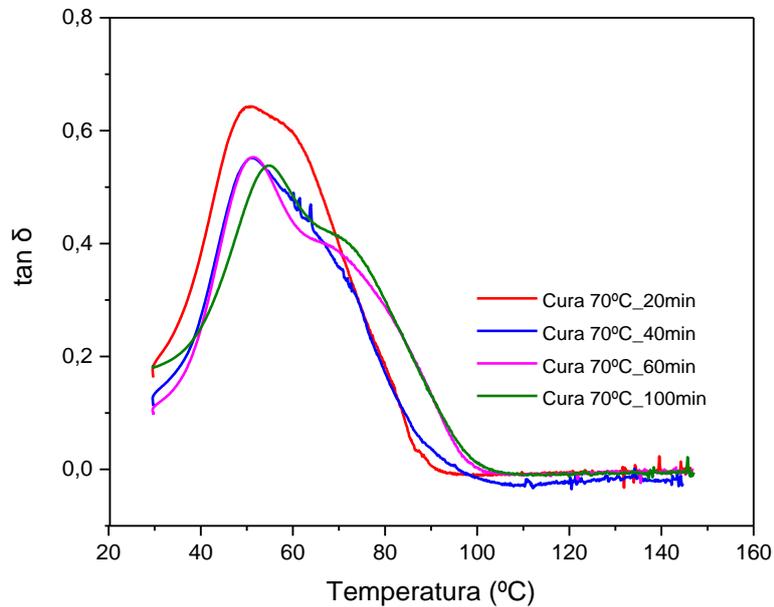


Figura 4.5 - Curvas $\tan \delta$ para resina epóxida com diferentes tempos de cura a 70 °C

A deformação dos provetes após DMA, como mostra a Figura 4.6, foi outra forma de concluir de que a resina não se encontrava totalmente curada. É importante referir que o provete b) não apresenta uma deformação tão visível dado ter uma espessura superior aos restantes.

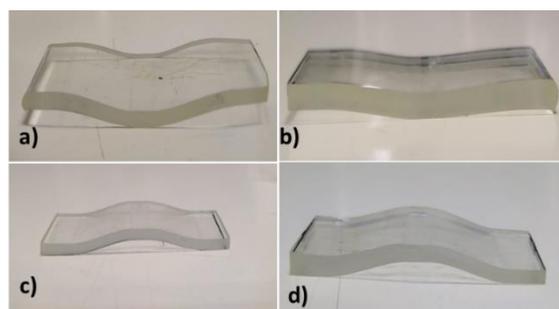


Figura 4.6 - Provetes de resina após DMA: a) 20 min, b) 40 min, c) 60 min e d) 100 min

4.1.2 Estudo da pós-cura

A Figura 4.7 mostra os resultados obtidos para os provetes de resina epóxida (EP) que sofreram tratamento de cura (C) e pós-cura (PC). Como é possível observar, e contrariamente à Figura 4.5, o segundo pico na curva $\tan \delta$ desapareceu e deu origem a um pico mais bem definido associado a uma T_g superior, indicando assim que a matriz epóxida atingiu a sua cura na totalidade.

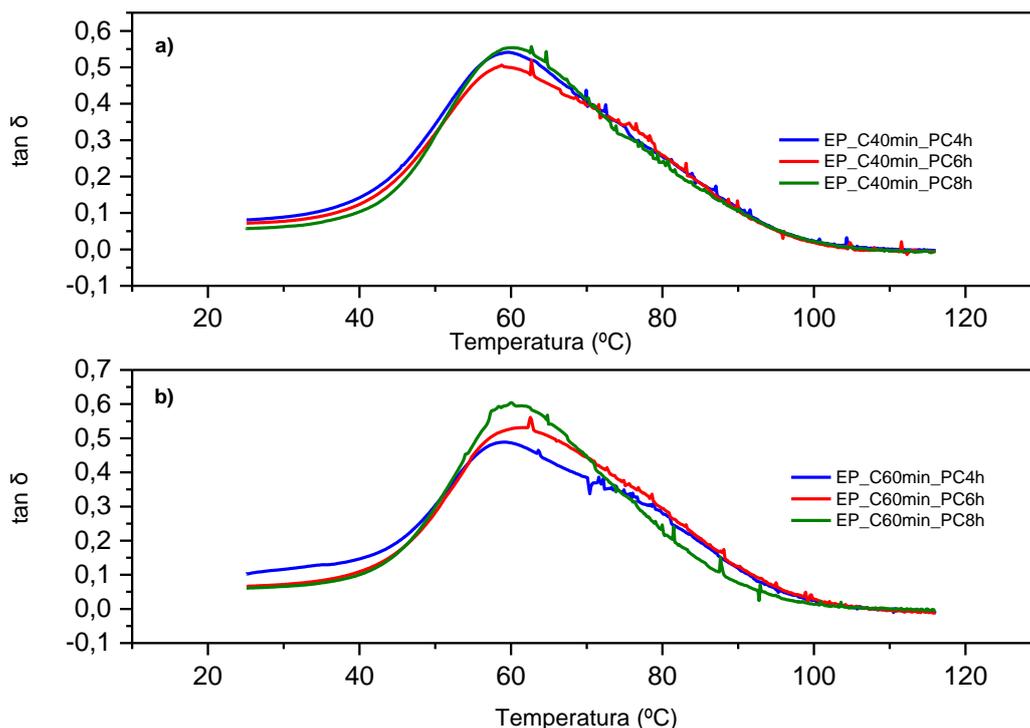


Figura 4.7 - Curvas $\tan \delta$ com pós-cura de 4,6,8 h a 60 °C: a) cura 40 min e b) cura 60 min

Com base nas curvas anteriores, determinaram-se os valores de T_g obtidos para cada provete estando estes resumidos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - T_g obtida para os diferentes ciclos de cura

Provetes	T_{cura} (°C)	$T_{pós-cura}$ (°C)	T_g (°C)
EP_C40min_PC4h	70	60	59,69
EP_C40min_PC6h			62,88
EP_C40min_PC8h			62,71
EP_C60min_PC4h	70	60	59,04
EP_C60min_PC6h			62,80

EP_C60min_PC8h			60,01
----------------	--	--	-------

Relativamente ao tempo de pós-cura, não existem dúvidas que as 6h são a melhor escolha uma vez que corresponde ao maior valor de T_g . No entanto, olhando para os resultados a nível de cura a dúvida poderia estar entre os 40 e 60 minutos. Contudo, dada a diferença entre T_g obtidas ser mínima, optou-se pela escolha dos 60 min uma vez que o polímero ao fim dos 40 min de cura apresentava ainda um carácter maleável ao contrário do que se verificava ao fim dos 60 min. Assim, o ciclo de cura escolhido para a resina EP foi 60 minutos a 70 °C seguido de uma pós-cura de 6h a 60 °C. Para se perceber se o tempo de cura tinha ou não influência, fizeram-se ainda ensaios com tempos de cura superiores (80 e 100 min) para as 6h de PC, mas conclui-se que não existiram alterações (anexo A.1). É de notar que o valor de T_g para o ciclo de cura escolhido é inferior ao referido na ficha técnica da resina (Tabela 3.2). Dado que não temos informações sobre como a T_g de referência (da ficha técnica) foi obtida, uma possível explicação para esta diferença de valores reside em possíveis diferenças nas condições de cura (tempo e temperatura) ou também no método utilizado para determinar a T_g .

4.2 Resina Epóxida com grafeno

Como foi referido no tópico 3.2.2, foram adicionados diferentes teores de grafeno à resina epóxida. Para o estudo destes compósitos e de forma a comparar o seu comportamento com os compósitos de resina epóxida puros, foram estudadas propriedades morfológicas, térmicas e mecânicas.

4.2.1 Estudo dos métodos de dispersão do grafeno

Uma vez que o grafeno é conhecido por ser difícil de dispersar e ter tendência a formar aglomerados, optou-se pela percentagem mais elevada em estudo (3%G) com a expectativa de se notarem diferenças entre os métodos de dispersão utilizados. No entanto, e como é possível observar na Figura 4.8, a análise pela técnica SEM foi inconclusiva, dado não existem diferenças significativas entre métodos. Como tal, e dado que em termos de procedimentos é sempre preferível um método mais rápido e menos dispendioso, escolheu-se para os restantes ensaios a dispersão manual, uma vez que entre todas é que leva menos tempo e não tem gastos energéticos associados.

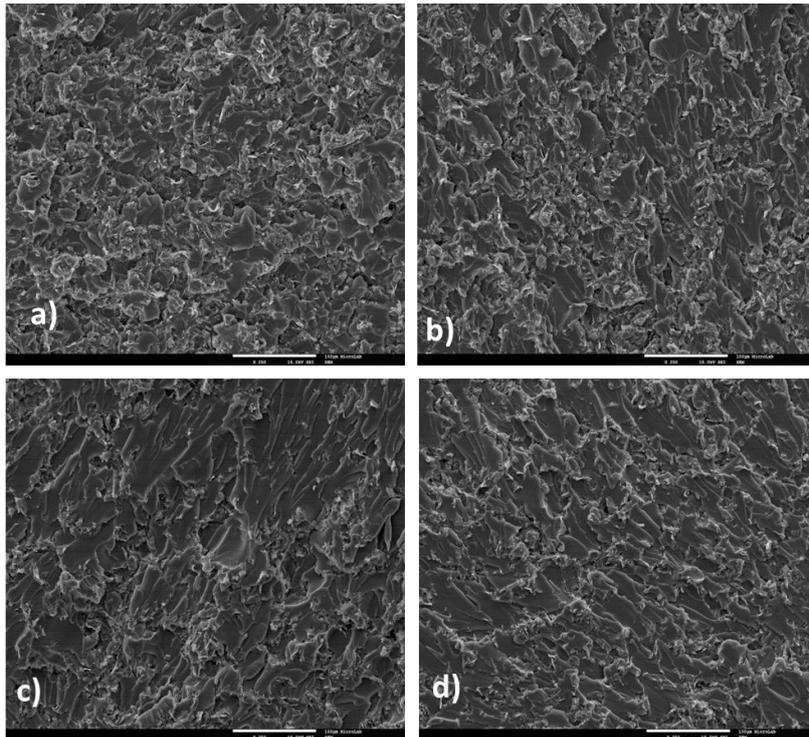


Figura 4.8 - Imagens SEM das superfícies fraturadas do compósito 3%G/EP para os diferentes métodos de dispersão: a) manual, b) mecânica, c) ultra-sons e d) *Ultraturrax*

4.2.2 Escolha do melhor teor de grafeno

Para escolher qual o melhor teor de GNPs a adicionar à matriz epóxida (EP) e posteriormente ao compósito final em estudo, foi necessário estudar que influência que este poderia ter no ciclo de cura da resina (propriedades térmicas) e nas suas propriedades mecânicas.

A Figura 4.9 mostra os espectros FTIR para os diferentes teores de GNPs utilizando o ciclo de cura definido para a resina EP isolada. Como se pode observar, não houve alterações nos espectros o que significa que não existiram ligações químicas entre a matriz e o grafeno. Também se verifica que para qualquer um dos teores a banda correspondente à ligação C-O do anel epóxido (a 915 cm^{-1}) não está presente, mostrando que a reação de cura ocorreu na totalidade.

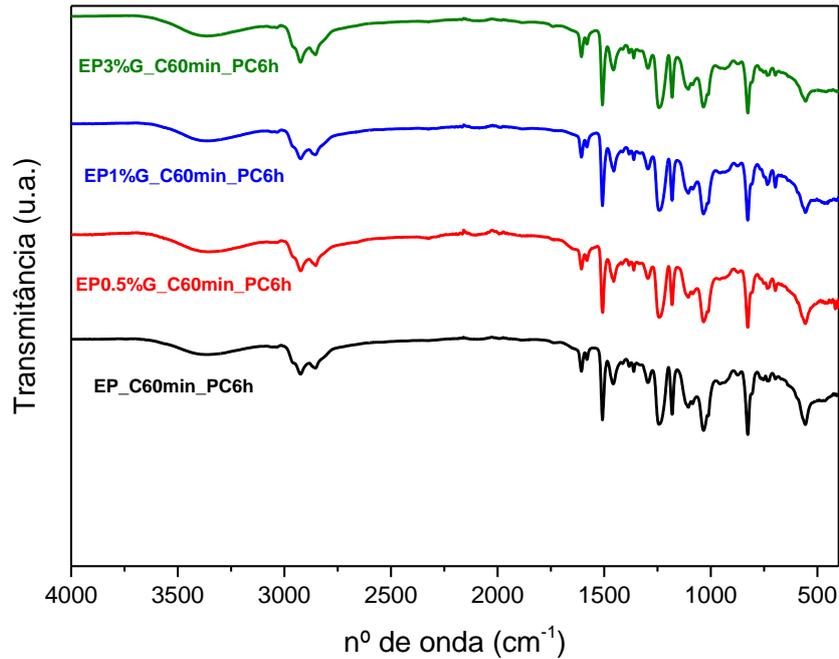


Figura 4.9 - Espectros de FTIR obtidos para os diferentes teores de grafeno adicionados

Para uma melhor compreensão do tipo de interação existente entre o grafeno e a matriz EP e de que forma poderá o mesmo interferir no comportamento dinâmico-mecânico realizou-se uma nova análise de DMA. Primeiramente, escolheu-se o ciclo de cura da resina (C60min_70°C + PC6h_60°C). Na Figura 4.10 observa-se que independentemente do teor de grafeno, todos apresentaram valores de E' superiores aos apresentados pela EP pura e que acima dos 80 °C as curvas tendem todas para o mesmo valor. Este aumento no valor de E' está relacionado com o aumento da rigidez da matriz polimérica, o que mostra uma boa interação entre os GNPs e a matriz. Observa-se que para o compósito EP1%G o valor de E' é mais baixo comparativamente aos compósitos EP0.5%G e EP3%G. Este fenómeno pode estar relacionado com algum problema associado à produção do mesmo, como por exemplo, uma má dispersão ou alguma falha na desgaseificação que possa ter dado origem a formação de bolhas e consequentemente causado uma má interação entre matriz e GNPs.

A variação da $\text{Tan } \delta$ em função da temperatura para todos os compósitos estudados está representado na Figura 4.11. É visível nas curvas de $\text{Tan } \delta$ para todos os compósitos com grafeno, o aparecimento de um segundo pico (elevação mais abaixo do pico principal) a uma T_g mais elevada. Este fenómeno deve-se ao facto da presença de GNPs, atuar como pontos de ancoragem, devido à adesão entre o reforço e a matriz, restringindo o movimento dos segmentos das cadeias poliméricas e contribuindo para uma maior rigidez do material. Por outro lado, sugere-se que existem regiões em que a interface entre GNPs e matriz foi fraca promovendo rearranjos moleculares. Tal comportamento justifica o primeiro pico a T_g mais baixo.

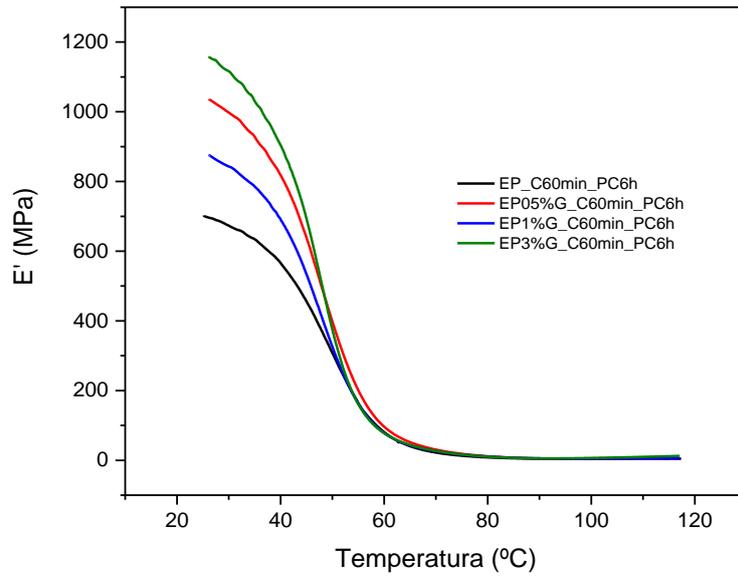


Figura 4.10 - Variação da E' para os diferentes teores de grafeno

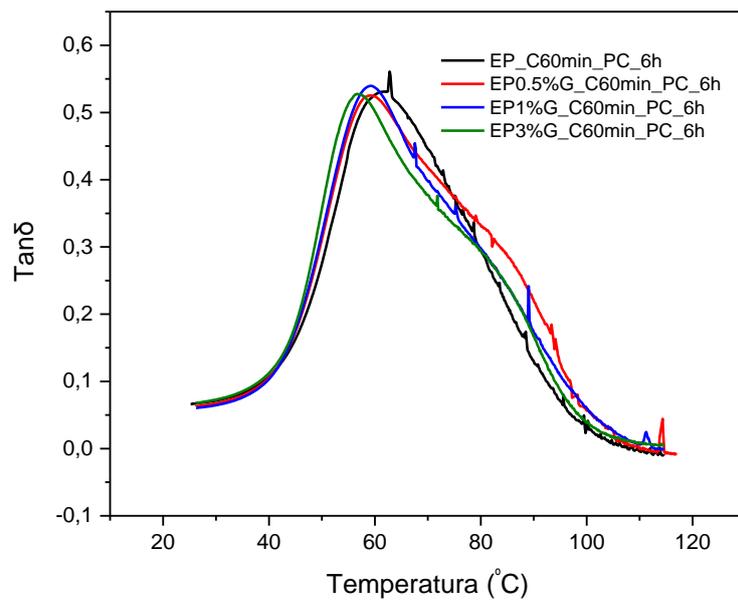


Figura 4.11 - Variação das curvas de $\text{Tan } \delta$ para os diferentes teores de grafeno

A Tabela 4.2, resume os valores do módulo de armazenamento (E'), e valores de T_g para os picos da curva da $\text{Tan } \delta$ para os polímeros com e sem reforço de GNPs.

Tabela 4.2 - Resumo dos parâmetros obtidos na análise DMA

Provete	E' (MPa)	T _g pelo 1º pico Tan δ (°C)	T _g pelo 2º pico Tan δ (°C)
EP	700	62,8	-
EP0.5%G	1042	59-60	80,5
EP1%G	880		
EP3%G	1158		

Esta análise de DMA, não permitiu clarificar qual o teor de grafeno a escolher para o compósito final, mas permitiu concluir que a presença de grafeno resultou num efeito global de reforço e aumento de T_g.

Para o estudo das propriedades mecânicas dos polímeros reforçados, começou-se por medir a dureza para as condições de cura anteriores. Uma vez que para teor de grafeno estudaram-se vários provetes, os resultados obtidos são visíveis na Figura 4.12, sendo as barras de erros correspondentes aos valores de desvios padrões. Na Tabela 4.3. encontram-se resumidos os valores, correspondendo o maior valor de dureza ao polímero reforçado com 1% de GNPs, verificando-se um aumento de 31% relativamente ao valor médio quando comparado ao valor de dureza para o polímero de EP pura.

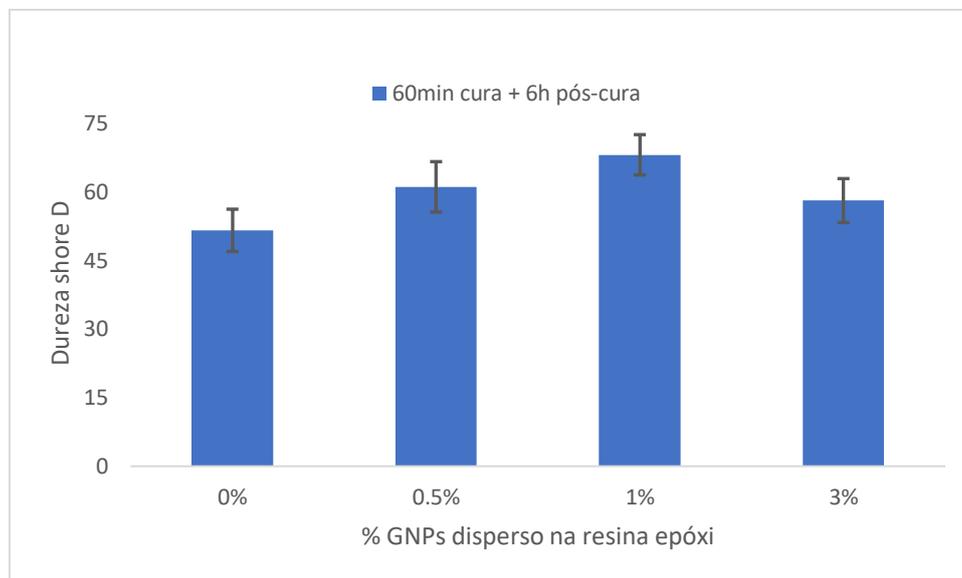


Figura 4.12 - Variação da dureza Shore D com adição de GNPs

Tabela 4.3 - Valores de dureza shore D obtidos os polímeros (C60min + PC6h)

	EP	EP0.5%G	EP1%G	EP3%G
Dureza (Shore D)	52,0 ± 4,6	61,0 ± 5,5	68,0 ± 4,4	58,0 ± 4,8

Posteriormente à medição da dureza e de forma a compreender melhor o comportamento dos polímeros reforçados estudaram-se dois tempos de PC. A Figura 4.13 mostra o esquema de montagem dos ensaios de flexão de 3 pontos.

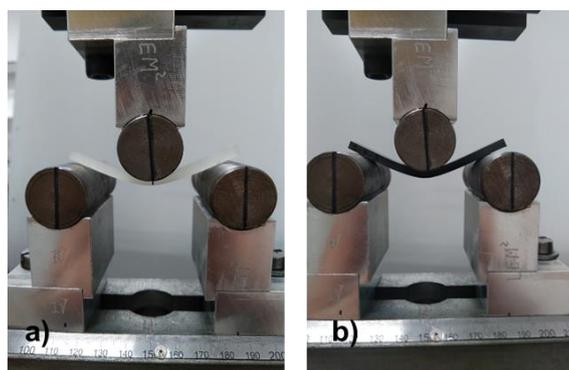


Figura 4.13 - Teste de flexão de 3 pontos: polímero EP (a) e polímero EP+GNPs (b)

A Tabela 4.4 mostra os valores de tensão de flexão (σ_{fmax}) e o módulo de elasticidade de flexão (E_f) obtidos para os polímeros de EP puro e com reforço de GNPs.

Tabela 4.4 - Propriedades mecânicas dos polímeros EP/GNPs

	60min_6h		60min_10h	
	σ_{fmax} (MPa)	E_f (MPa)	σ_{fmax} (MPa)	E_f (MPa)
EP	51,6 ± 4,1	1615,2 ± 124,2	53,4 ± 4,8	1662,1 ± 305,9
EP0.5%G	47,7 ± 5,3	1510,8 ± 174,7	43,2 ± 2,6	1466,4 ± 145,4
EP1%G	57,1 ± 1,9	2269,4 ± 175,5	55,5 ± 2,5	1729,8 ± 150,4
EP3%G	43,2 ± 3,8	1416,4 ± 169,6	54,5 ± 6,8	1960,2 ± 311,9

Como é possível observar na Figura 4.14, tanto para as 6h como para as 10h, a resistência à flexão para os polímeros reforçados com 0.5% e 3% de GNPs teve tendência a diminuir, enquanto para o polímero reforçado com 1% de GNPs teve tendência para aumentar comparativamente ao polímero de EP puro.

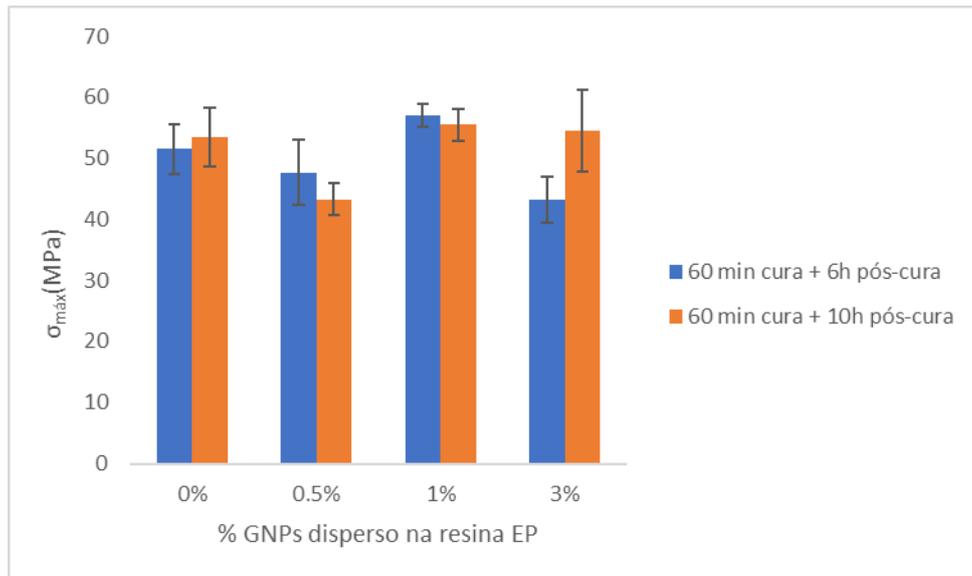


Figura 4.14 - Tensão máxima de flexão para polímeros estudados para tempos de PC de 6h e 10h

Com base nos valores médios obtidos para a tensão máxima de flexão, obteve-se um aumento de 11% e 4% para 6h e 10h respetivamente, nas amostras com 1% GNPs. No caso do polímero com 0.5%GNPs o valor inferior ao EP puro pode dever-se a fatores associados à sua produção tais como: a bomba utilizada no sistema sob vácuo não estar a funcionar em condições, podendo resultar na presença de bolhas no polímero, ou ainda devido às condições ambientais do laboratório, mais humidade ou temperatura ambiente também poderão ter prejudicado o processo de produção.

O polímero com mais reforço (3% de GNPs) resultou no valor mais baixo de resistência à flexão, podendo tal fenómeno estar associado à presença de aglomerados que se tornam obstáculos à mobilidade das cadeias, dando origem à formação de vazios entre a matriz e GNPs.

Os gráficos tensão-deformação (presentes no anexo A.3) para os polímeros com maior quantidade de reforço mostraram um comportamento diferente comparativamente aos restantes, uma vez que quebraram durante os ensaios. Mais uma vez, o facto de quebrarem poderá estar associado à existência dos vazios criados pelos aglomerados provocando zonas de maior fragilidade. A Figura 4.15 e a Figura 4.16 mostram como ficaram os provetes após o ensaio, sendo que os correspondentes à EP apenas deformaram ligeiramente, mas não quebraram.



Figura 4.15 - Provetes de EP após teste de flexão



Figura 4.16 - Provetes com 3% GNPs após teste de flexão

Outro parâmetro importante a avaliar é o módulo de elasticidade de flexão (E_f), que como é possível observar na Figura 4.17, para as 10h apresenta uma tendência de aumento com o aumento progressivo do teor de GNPs. Este fenómeno é resultado do efeito de endurecimento causado pelo elevado módulo de armazenamento (E') das amostras com 3% de GNP, resultando num aumento de 18% no seu valor quando comparado ao polímero epóxico puro. Para as 6h, o valor mais elevado de E_f foi obtido para o reforço de 1% GNPs, correspondendo a um aumento de 41% em comparação ao obtido para o polímero epóxico puro. Este aumento pode estar associado ao facto de terem sido utilizadas condições ótimas de material, método de dispersão e condições de cura e pós-cura.

Assim, os ensaios de flexão mostraram melhores resultados para o reforço com 1% de GNPs e para uma pós-cura de 6h.

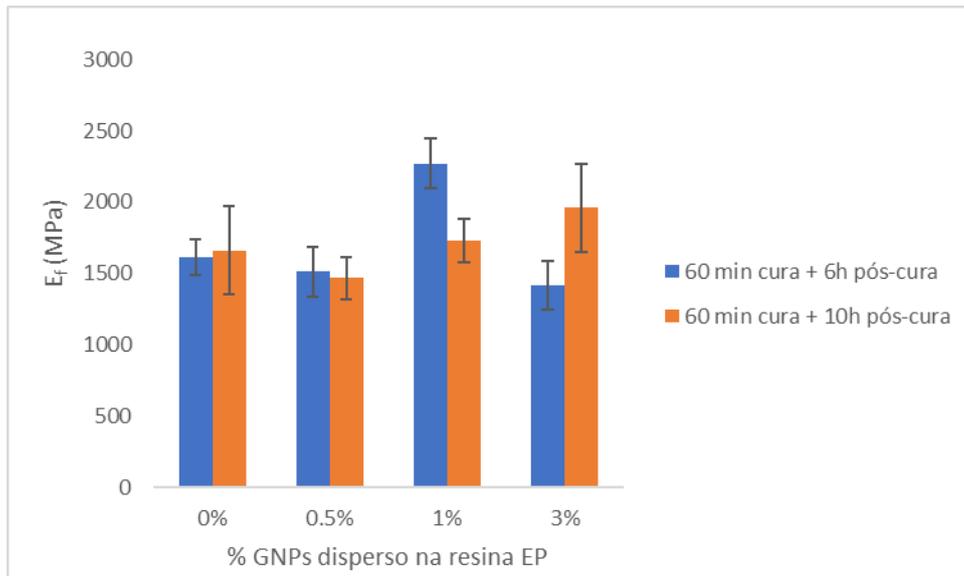


Figura 4.17 - Módulo de elasticidade flexão para polímeros estudados para tempos de PC de 6h e 10h

Para o estudo da morfologia e microestrutura dos polímeros produzidos, e também para perceber a dispersão dos GNPs na matriz utilizou-se a análise por SEM. A Figura 4.18 (a) corresponde ao polímero de EP pura e revela uma superfície fraturada lisa e espelhada mostrando que fissuras se espalham de forma livre e aleatória. Já Figura 4.18(b) mostra a microestrutura de lâminas dos GNPs.

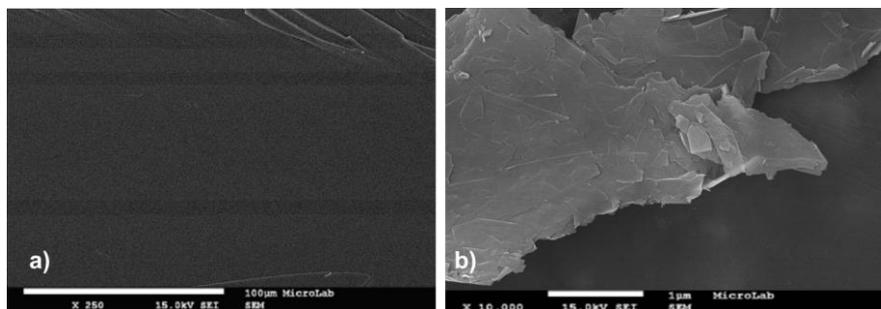


Figura 4.18 - Imagens SEM das superfícies fraturadas do EP puro (a) e GNPs (b)

Ao contrário da superfície da EP pura, as superfícies dos compósitos são rugosas devido à presença das GNPs. Como se sabe, as resinas EP são frágeis, mas com as regiões ricas em GNPs promovem o desvio das fissuras gerando linhas irregulares por toda a superfície (zonas brancas visíveis na Figura 4.19 (a-d)). Na Figura 4.19 (e-f) surgem regiões com aglomerados tornando a superfície mais rugosa. Isto implica que a presença de reforço gera descontinuidades e altera o modo de fractura do material.

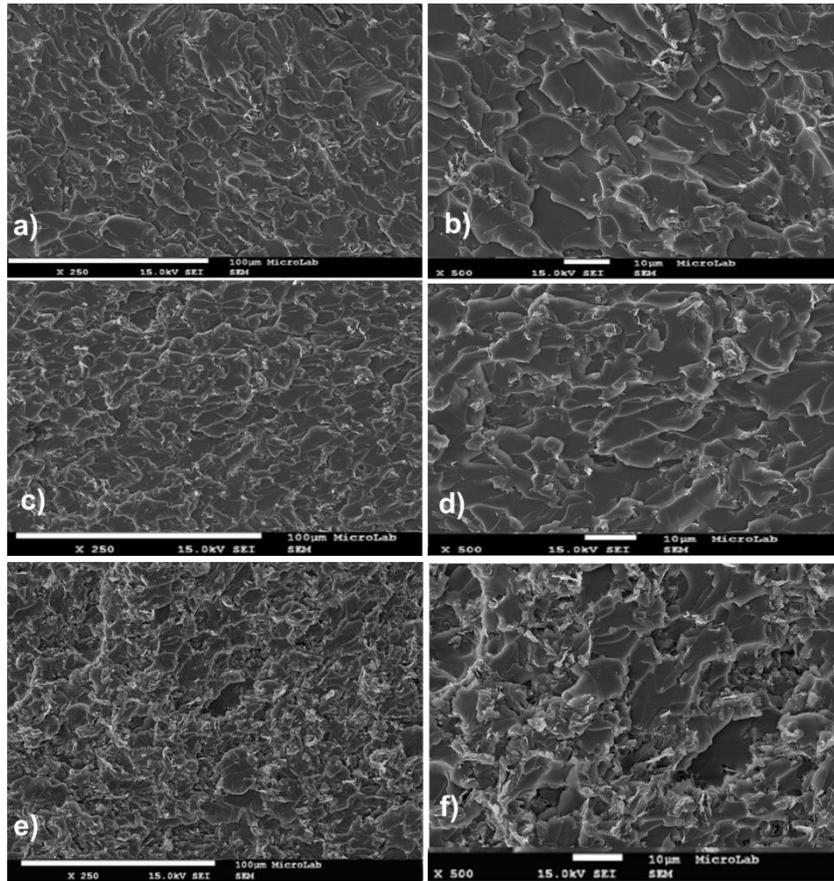


Figura 4.19 - Imagens SEM das superfícies fraturadas dos compósitos GNPs/EP para ampliações x250 (esquerda) e x500 (direita) : 0.5% m/m (a,b); 1% m/m (c,d) e 3% m/m (e,f);

Após a análise dos resultados dos ensaios mecânicos e da análise das imagens SEM conclui-se que a partir de 1% de GNPs, o conteúdo de reforço torna-se excessivo, afetando negativamente as propriedades analisadas dos compósitos. Como tal, prosseguiu-se para a produção do compósito laminado final escolhendo o teor de 1% para dispersar na matriz e o ciclo de cura de 60 min a 70 °C e 6h a 60°C.

4.3 Compósito Laminado

4.3.1 Estudo das propriedades mecânicas

De acordo com o procedimento descrito em 3.3.4, determinou-se o valor de carga máxima para dois provetes de cada configuração para o vão de suporte $S=250$ mm (valores apresentados na Tabela 4.5). A configuração C1 (compósito de estrutura *sandwich* com grafeno) foi que a apresentou uma menor carga máxima. É de notar que o valor de carga máxima depende fortemente da forma e espessura dos provetes.

Tabela 4.5 - Valores médios das cargas máximas para as duas configurações estudadas

	C0	C1
Carga Máxima (N)	279 ± 9	232 ± 14

Assim, uma vez que foram estudados vários provetes não se deve comparar as configurações com base na carga máxima aguentada, mas sim converter essas unidades em rigidez. Essa conversão para rigidez resultou nos resultados que estão visíveis na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Rigidez à flexão para as duas configurações

	C0	C1
Rigidez à flexão (MPa)	38 ± 10	43 ± 20

Os valores de rigidez, mostram que a configuração C1 (compósito *sandwich* com grafeno) apresentou uma maior rigidez à flexão. A presença de vazios na placa de aglomerado de cortiça, poderá ter resultado numa maior absorção da resina no caso dos provetes com grafeno, refletindo-se nas propriedades dos mesmos.

Apresenta-se na Figura 4.20 o gráfico obtido pelo método de regressão linear para um dos provetes de configuração C1. É visível que se obteve uma correlação aceitável obtendo-se um $R^2 > 0,9$.

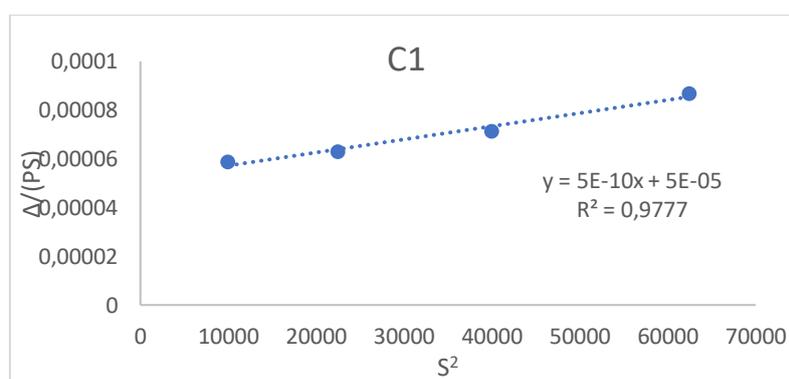


Figura 4.20 - Regressão linear para um dos provetes de configuração C1

Após a realização destes ensaios, verificou-se que o modo de falha identificado para ambas as configurações foi o mesmo, sendo este a falha das faces de baixo de um dos roletes. Para ambas as configurações a falha ocorreu do mesmo lado como mostra a Figura 4.21. Na análise de falhas a presença de grafeno em nada alterou os resultados obtidos.



Figura 4.21 - Falhas ocorridas nas configurações C0 e C1

4.3.2 Análise de custo

O custo constitui um aspeto importante na escolha do material. Para esta análise é preciso saber o custo dos materiais constituintes utilizados na conceção do compósito (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 - Custo dos materiais constituintes

Materiais	Custo (€)
Aglomerado de cortiça NL20 (espessura 10 mm)	20,40 €/m ²
Fibras de vidro (275 g/m ²)	3,14 €/m ²
Grafeno (GNPs)	300 €/kg
Resina EPOLIT RS 7720	8,20 €/kg A e 8,20 €/kg B

Tendo em conta a quantidade necessária de cada material para a construção de ambas as configurações e conhecendo os custos associados aos materiais, foi possível calcular o custo correspondente a 1 m² para cada configuração. Os valores obtidos para os custos encontram-se na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Custos para cada configuração

	C0	C1
Custo (€/m²)	41,50	45,82

Desta análise conclui-se que o custo superior associado à configuração C1 é resultante da adição do grafeno à mesma. A adição deste componente resultou num aumento de cerca de 10% no valor do custo relativamente à configuração sem grafeno (C0).

5. Conclusões

O principal objetivo deste trabalho foi compreender a influência da adição de nanoplaças de grafeno (GNPs) nas faces de matriz polimérica nas propriedades finais do compósito. Os teores de grafeno estudados foram três (0.5, 1 e 3 % m/m), sendo que se começou por estudar primeiro a influência na matriz epoxídica, e só depois, e para um teor escolhido, prosseguiu-se para os ensaios no compósito.

Começou-se por estudar o ciclo de cura da resina epóxida (EP) através dos métodos de Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e Análise Dinâmico-Mecânica (DMA). Pela análise de FTIR, o desaparecimento da banda correspondente à ligação C-O do grupo oxirano (915 cm^{-1}) permitiu concluir que a resina EP já tinha sofrido o processo de cura na totalidade aos 60 min. Por outro lado, através da análise de DMA observou-se que era necessário submeter a resina a um processo de pós-cura, concluindo-se que para se obter o maior valor de T_g ($62,8^\circ$) foram necessárias 6h, definindo-se assim o ciclo de cura da resina EP (cura de 60 min a 70°C + pós-cura de 6h a 60°C).

Relativamente à influência dos métodos de dispersão utilizados, conclui-se que não existiam diferenças visíveis e prosseguiu-se o trabalho com o mais simples, que requer menos tempo e menos gastos, o método de dispersão manual.

Realizaram-se novos ensaios de DMA e FTIR para perceber a influência que o grafeno poderia ter no ciclo de cura e, uma vez que o grafeno e a resina não formam qualquer tipo de ligações químicas e apenas interagem por forças mais fracas do tipo Van der Waals, comprovou-se que a reação de cura não foi afetada e por isso não existiriam alterações nos espectros obtidos por FTIR. Já a análise de DMA mostrou que a presença de grafeno resultou num aumento da T_g , uma vez que este restringe a mobilidade molecular das cadeias da resina.

Para o estudo das propriedades mecânicas dos polímeros com e sem reforço, realizaram-se testes de flexão a 3 pontos. Para o teor de 0.5% de GNPs, verificou-se uma diminuição no valor de tensão máxima (σ_{fmax}) relativamente ao polímero de EP puro, podendo ser justificado por falhas na produção. Para o teor mais elevado de grafeno, quando sujeito a uma tensão máxima, os provetes quebraram. Este fenómeno pode ser explicado pela tendência de formação de aglomerados do grafeno, que resulta em zonas de maior fragilidade, onde não há uma boa interação do grafeno com a matriz. Assim, esta análise permitiu concluir que para teores muito elevados de GNPs, a interação entre a matriz e o reforço não é a mais adequada e pode levar a resultados indesejados. Como tal, o teor de 1% de GNPs foi o mais adequado, resultando num aumento de 11% no valor de σ_{fmax} comparativamente ao polímero de EP puro. Para terminar, foi feita uma análise à morfologia das superfícies de fratura das amostras por Microscopia Eletrónica de Varrimento (SEM), que mostrou, no caso dos polímeros com 3% GNPs o aparecimento dos aglomerados.

A escolha de 1% de GNPs como conteúdo ótimo, vai de encontro aos resultados obtidos na literatura, pois segundo Shivakumar et al [36], os melhores valores de propriedades mecânicas correspondem ao mesmo teor de GNPs definido. É de notar que os valores da literatura referentes a σ_{max} são superiores comparativamente aos obtidos nesta dissertação. Esta diferença pode estar relacionada com a variação existente no método de dispersão do grafeno e no método de produção dos polímeros.

Após a caracterização dos polímeros de EP com GNPs, escolheu-se o teor de 1% de GNPs para o compósito final e usou-se como método de caracterização a flexão a 4 pontos. Relativamente às configurações de compósitos estudadas, conclui-se que a configuração com grafeno (C1) apresentou uma maior rigidez à flexão comparativamente à configuração convencional (C0). Assim, as formulações testadas resultaram num aumento de 12% no valor da rigidez e consequentemente num aumento de mais de 10% no custo.

5.1 Propostas de trabalhos futuros

Como propostas de trabalhos futuros, seria interessante realizar medições de condutividade elétrica. Uma vez que o grafeno é um bom condutor eléctrico e térmico, seria de elevado interesse não só perceber o que acontece à condutividade dos provetes de resina com grafeno incorporado, mas também o que acontece à mesma propriedade quando tais provetes são aplicados no compósito, para perceber o efeito da presença de um isolante (cortiça) e condutor (grafeno) no mesmo material.

Sendo o grafeno de difícil dispersão, seria interessante aprofundar melhor outros métodos de dispersão ou conjugar vários (mecânica com ultra-sons), e estudar a influência destes nas propriedades mecânicas.

Bibliografia

- [1] R. F. Gibson, *Principles of Composite Material Mechanics*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2016.
- [2] J. N. Reddy, *Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2003, pp-1-3.
- [3] W. D. Callister, D.G Rethwisch, *Materials science and engineering: An introduction*. New York, USA: Wiley, 1991.
- [4] J. Arbaoui, H. Moustabchir, C. I. Pruncu, and Y. Schmitt, "Modeling and experimental analysis of polypropylene honeycomb multi-layer sandwich composites under four-point bending," *J. Sandw. Struct. Mater.*, vol. 20, no. 4, 2018, doi: 10.1177/1099636216659779.
- [5] H. G. Allen, *Analysis and Design of Structural Sandwich Panels*. Oxford, London: Pergamon Press, 1969, pp.1-7
- [6] H. T. C. Mata, "Estudo de Estruturas Sandwich Hidroformadas Constituídas por Núcleo de Espumas Metálicas", Tese de Doutoramento, FEUP, U.Porto, Portugal, 2014.
- [7] H. G. Allen and Z. Feng, "Classification of structural sandwich panel behaviour", *Mec. of Sandwich Structures*, pp.1-12, 1998, doi:10.1007/978-94-015-9091-4_1.
- [8] J. M. Davies, "*Lighweight sandwich construction*". Oxford, London: Blackwell Science, 2001.
- [9] A. B. Strong, "*Fundamentals of Composites Manufacturing: Materials, Methods and Applications*", vol. 2, no. 2. Dearborn, Michigan: SME, 2007, pp.1-113.
- [10] J. O. G. R. de Sousa, "Sensores Embebidos em Materiais Compósitos Sanduiche com Núcleo de Aglomerado de Cortiça", Tese de Mestrado, IST, UL, Lisboa, Portugal, 2019.
- [11] I. E. G. da Costa, "Estudo do Comportamento de Estruturas Sandwich com Núcleos de Cortiça para Pás de Turbinas Eólicas", Tese de Mestrado, FEUP, UP, Porto, Portugal 2009.
- [12] F. T. Wallenberger, J. C. Watson, and H. Li, "Glass Fibers", *ASM Handbook*, vol. 21, pp. 3–60, 1985 doi: 10.31399/asm.hb.v21.a0003353.
- [13] P. K. Mallick, "*Fiber-reinforced composites: Materials, manufacturing, and design*", 3rd ed. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2007.
- [14] M. I. T. Ramos, "Produção e Caracterização de Materiais Compósitos à base de Aglomerado de Cortiça", Tese de Mestrado, IST, UL, Lisboa, Portugal, 2018.
- [15] L. A. V. Carneiro, A. M. A. J. Teixeira, "Propriedades e características dos materiais compósitos poliméricos aplicados na Engenharia de Construção," *Rev. Mil. Ciência e Tecnol.*, pp. 54–66, 3º Quadrimestre 2008,

- [16] B. Ellis, "*Chemistry and thecnology of epoxy resins*". UK: Springer Science, 1993.
- [17] H. Dodiuk, S.H. Goodman, "*Handbook of thermoset plastics*". Chads Ford, USA: pdl, 2014, pp.191-216.
- [18] D. Dias, "Comportamento ao Impacto a baixa velocidade de laminados de epóxido / fibra de vidro, com camadas de cortiça," Tese de Mestrado, FEUP, UP, Porto, Portugal 2009.
- [19] K. V. Akademien, "Graphene: Scientific background on the Nobel Prize in Physics," T. R. Swedish Academy of Sciences pp. 1–10, 2010.
- [20] 1 A. A. Firsov 2 K. S. Novoselov, 1 A. K. Geim, 1* S. V. Morozov, 2 D. Jiang, 1 Y. Zhang, 1 S. V. Dubonos, 2 I. V. Grigorieva, "Electric field effect atomically thin carbon films," vol. 306, no. 2, pp. 666–669, 2017, doi: 10.1126/science.1102896.
- [21] S. Mikhailov, "*Physics and applications of graphene-experiments*". Rijeka, Croatia: Intech, 2011, pp.277-303.
- [22] B. Campbell and J. Manning, *The rise of victimhood culture: Microaggressions, safe spaces, and the new culture wars*, vol. 6. Palgrave Macmillan, 2018.
- [23] E. P. Randviir, D. A. C. Brownson, and C. E. Banks, "A decade of graphene research: Production, applications and outlook," *Mater. Today*, vol. 17, pp. 426–432, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mattod.2014.06.001>.
- [24] E. P. F. Cunha, "Funcionalização Química de Nanotubos de Carbono e Formação de Grafeno", Tese de Mestrado, E. Engenharia, U. do Minho, 2011.
- [25] Y. Zhu *et al.*, "Graphene and graphene oxide: Synthesis, properties, and applications," *Adv. Mater.*, vol. 22, pp. 3906–3924, 2010, doi: 10.1002/adma.201001068.
- [26] C. Soldano, A. Mahmood, and E. Dujardin, "Production, properties and potential of graphene," *Carbon N. Y.*, vol. 48, pp. 2127–2150, 2010, doi: 10.1016/j.carbon.2010.01.058.
- [27] F. Ebrahimi and E. Heidari, "A Review on Modeling, Synthesis, and Properties of Graphene," *Graphene - New Trends Dev.*, pp. 1–38, 2015, doi: 10.5772/61564.
- [28] C. Lee, X. Wei, J. W. Kysar, and J. Hone, "Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene," *Science (80-.)*, vol. 321, pp. 385–388, 2008, doi: 10.1126/science.1157996.
- [29] C. N. R. Rao, U. Maitra, and H. S. S. R. Matte, "Synthesis, Characterization, and Selected Properties of Graphene", *Graphene: Synth., Prop. and Phenomena*, 1st ed, pp.1-40, 2012.
- [30] A. C. Ferrari *et al.*, "Science and technology roadmap for graphene, related two-dimensional crystals, and hybrid systems," *Nanoscale*, vol. 7, no. 11, pp. 4598–4810, 2015, doi: 10.1039/c4nr01600a.

- [31] R. Bhoria, "Enhancing Liquid Phase Exfoliation of Graphene in Organic Solvents with Additives," *Enhancing Liq. Phase Exfoliation Graphene Org. Solvents with Addit.*, pp. 1–15, 2019, doi: 10.5772/intechopen.81462.
- [32] N. Kumar *et al.*, "Top-down synthesis of graphene: A comprehensive review," *FlatChem*, vol. 27, pp. 2452–2627, 2021, doi: 10.1016/j.flatc.2021.100224.
- [33] Graphenest. "Graphenest Advanced Technology", "Graphene". <https://graphenest.com/graphene/> (accessed Jun. 19, 2021).
- [34] S. Singh, V. K. Srivastava, and R. Prakash, "Influences of carbon nanofillers on mechanical performance of epoxy resin polymer," *Appl. Nanosci.*, vol. 5, no. 3, pp. 305–313, 2015, doi: 10.1007/s13204-014-0319-0.
- [35] M. G. Prolongo, C. Salom, C. Arribas, M. Sánchez-Cabezudo, R. M. Masegosa, and S. G. Prolongo, "Influence of graphene nanoplatelets on curing and mechanical properties of graphene/epoxy nanocomposites," *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 125, no. 2, pp. 629–636, 2016, doi: 10.1007/s10973-015-5162-3.
- [36] H. Shivakumar, N. M. Renukappa, K. N. Shivakumar, and B. Suresha, "The Reinforcing Effect of Graphene on the Mechanical Properties of Carbon-Epoxy Composites," *Open J. Compos. Mater.*, vol. 10, no. 02, pp. 27–44, 2020, doi: 10.4236/ojcm.2020.102003.
- [37] Z. Ren, S. Hao, Y. Xing, C. Yang, and S. Dai, "Properties of graphene oxide modified epoxy resin and its composites," *Hangkong Cailiao Xuebao/Journal Aeronaut. Mater.*, vol. 39, no. 2, pp. 25–32, 2019, doi: 10.11868/j.issn.1005-5053.2018.000142.
- [38] S. G. Prolongo, R. Moriche, A. Jiménez-Suárez, M. Sánchez, and A. Ureña, "Advantages and disadvantages of the addition of graphene nanoplatelets to epoxy resins," *Eur. Polym. J.*, vol. 61, pp. 206–214, 2014, doi: 10.1016/j.eurpolymj.2014.09.022.
- [39] Graphenest, "Graphene Nanoplatelets Technical Product Datasheet". Paradelas do Vouga, Portugal: 2020.
- [40] F. Fraga, S. Burgo, and E. Rodríguez Nez, "Curing kinetic of the epoxy system BADGE n = 0/1,2 DCH by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 82, no. 13, pp. 3366–3372, 2001, doi: 10.1002/app.2195.
- [41] A. E. Ferreira Oliveira, A. C. Pereira, G. B. Bettio, and C. R. Teixeira Tarley, "Synthesis, studies and structural characterization of thermal and hydrazine reduction of graphene oxide by raman spectroscopy and infrared spectroscopy," *Rev. Virtual Quim.*, vol. 11, no. 3, pp. 866–877, 2019, doi: 10.21577/1984-6835.20190060.
- [42] T. Instruments, "Thermal Analysis". TA Instruments, New Castle, DE, 2014.
- [43] J. F. Mano and J. P. Cahon, "A simple method for calibrating the temperature in dynamic mechanical analysers and thermal mechanical analysers," *Polym. Test.*, vol. 23, no. 4, pp.

423–430, 2004, doi: 10.1016/j.polymertesting.2003.09.011.

- [44] S. C. Neto, “DMA – O que é preciso saber antes de sua utilização (parte II),” *Brazilian J. Therm. Anal.*, vol.2, 2013.
- [45] IPN, "Microscopia Eletrónica de varrimento com sistema EDS e WDS (análise química por raio x),"LED & MAT Services". <https://www.ipn.pt/laboratorio/LEDMAT/ensaio/15> (accessed Jul. 24, 2021).
- [46] “BS EN ISO Plastics- Determination of flexural properties,” ISO 178:2003,European Standard,2003.
- [47] “Standard Test Method for Core Shear Properties of Sandwich Constructions by Beam”, *Astm C393-06*, American Society for Testing and Materials, 2006

Anexos

A.1 Ficha técnica da resina EPOLIT RS 7720

EPOLIT RS 7720

Epoxy System for Natural Stone



EPOLIT RS 7720 100:25 DIAMOND Epoxy System for Natural Stone

Description

Typology: Epoxy Resin and hardener.

Characteristics

This EPOXY resin system offers a viscosity and surface tension specially designed for the treatment of natural stone on industrial lines, indicated for reparation of fissures, pin-holes and micro-cracks found in natural stone.

Owed to its progressive and constant drying process, with incremental hardness ratio, it is optimal for usage on microwave units and accumulator ovens, achieving reduced curing cycles.

Transparency and exothermic properties of EPOLIT RS 7720 DIAMOND are optimal. Gloss and limpidity are achieved even for big clusters of resin in larger holes and cavities. This resin system provides perfect impregnation of the surfaces, producing great adhesion to the stone.

Based on aliphatic and cycloaliphatic amines, the curing of the mixture provides high hardness and extra low Yellowing effect under daily sun exposure (ASTM G-151).

Application

This epoxy system is applied by manual or automatic dosifier, directly on the stone surface. The ideal application requires keeping the stone at a constant temperature through the whole process, preheating the stone to reduce humidity and boost reaction.

The best range of temperatures is between 35 °C and 45 °C, this being adaptable to specific working requirements.

Regardless of the application method, the ratio resin/hardener has to be exact and homogeneous, so the mixing needs to be thorough.



EPOLIT RS 7720

Epoxy System for Natural Stone



PHYSICAL PROPERTIES			
	Part A	Part B	Mixture
Viscosity at 25°C (cPs; ISO 2555)	400 - 500	100 - 150	-----
Density	1,1 gr/cm3	1,02 gr/cm3	-----
Appearance	Transparent	Transparent	Transparent
Mixture ratio (by weight)	100	25	4:1

WORKING PROPERTIES	
Gel time (25°C, 100gr. - DIN 10945)	35 - 85 Min
Catalysis time (45°C)	85 - 90 Min
Yellowing index (ASTM G151)	ΔE <4 (after 100 h UV conditioning)
Glass-transition temperature (Tg)	80°C

Storage

Keep away from the light between 15 °C and 25 °C. Avoid the contact between hardener and metal packages or other metallic items. Under these conditions, the maximum storage time is 12 months.

Packaging

The product is available in 1000 Kg tanks, 200Kg Barrels and 20Kg Tins. Under request it can be supplied in 10 to 20 tones containers.

Safety

There are Safety Data Sheets of Part A and Part B available for customers. We highly advice to follow handling, use, security and ecological instructions.



A.2 Fichas de segurança de componentes da resina EPOLIT RS 7720

Ficha de segurança referente à parte A


 Ficha de dados de segurança
 conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/EU
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND


SECÇÃO 1: IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA/MISTURA E DA SOCIEDADE/EMPRESA

1.1 Identificador do produto: EPOLIT RS 7720 A DIAMOND
Outros meios de identificação:
 Não relevante

1.2 Utilizações identificadas relevantes de substância ou mistura e utilizações desaconselhadas:
 Usos pertinentes: Baseira para a formulação de colas. Para uso utilizador profissional/utilizador industrial.
 Usos desaconselhados: Todos aqueles usos não especificados nesta epígrafe ou na subsecção 7.3

1.3 Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança:
 TECNOLOGÍA DE POLÍMEROS QMC, S.L.U.
 CAUSIAS MARÇH PARCELA 13 A POL. IND. LA POBLA-LA ELIANA
 06185 LA POBLA DE VALLBOYA - VALENCIA - ESPAÑA
 Tel.: +34 962725676 - Fax: +34 962740906
 info@qmc.es
 www.qmc.es

1.4 Número de telefone de emergência: +34 962725676

SECÇÃO 2: IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

2.1 Classificação da substância ou mistura:
Regulamento n.º1272/2008 (CLP):
 A classificação deste produto foi efectuada em conformidade com o Regulamento n.º1272/2008 (CLP).
 Aquatic Chronic 2: Perigoso para o ambiente aquático, Categoria 2, H411
 Eye Irrit. 2: Lesões oculares graves/irritação ocular, categoria 2, H319
 Skin Irrit. 2: Corusão/irritação cutânea, categoria 2, H315
 Skin Sens. 1: Sensibilização cutânea, Categoria 1, H317

2.2 Elementos do rótulo:
Regulamento n.º1272/2008 (CLP):
 Atenção



Advertências de perigo:
 Aquatic Chronic 2: H411 - Tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.
 Eye Irrit. 2: H319 - Provoca irritação ocular grave.
 Skin Irrit. 2: H315 - Provoca irritação cutânea.
 Skin Sens. 1: H317 - Pode provocar uma reacção alérgica cutânea.

Recomendações de prudência:
 P261: Evitar respirar as poeiras/fumos/gases/nevoas/vapores/aerosóis.
 P264: Lavar as mãos cuidadosamente após manuseamento.
 P273: Evitar a libertação para o ambiente.
 P280: Usar luvas de protecção/vestimento de protecção/protecção ocular/protecção facial.
 P302+P352: SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE: lavar abundantemente com água.
 P305+P351+P338: SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: Enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, removê-las, se tal lhe for possível. Continuar a enxaguar.
 P391: Recolher o produto derramado.
 P501: Eliminar o conteúdo/recipiente de acordo com a norma sobre resíduos perigosos ou embalagens e resíduos de embalagens, respectivamente.

Informação suplementar:
 EUH205: Contém componentes epoxidicos. Pode provocar uma reacção alérgica.

Substâncias que contribuem para a classificação
 produto da reacção bisfenol-A-epicloridrina (resina epoxidica) (MW < 700) ; 1,4-tin(2,3-epoxipropil)hexano; formaldeído, produtos de reacção oligoméricos com 1-cloro-2,3-epoxipropeno e fenol

2.3 Outros perigos:
 O produto não atende aos critérios PBT/mPBT

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -

Emissão: 11/12/2020 Revisão: 16/04/2021 Versão: 2 (substitui 1) **Página 1/12**


 Ficha de dados de segurança
 conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/EU
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND


SECÇÃO 3: COMPOSIÇÃO/INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES

3.1 Substâncias:
 Não aplicável

3.2 Misturas:
Descrição química: Mistura à base de aditivos e polímeros epóxi
Componentes:
 De acordo com o Anexo II do Regulamento (EC) n.º1907/2006 (parte 3), o produto contém:

Identificação	Nome químico/classificação	Concentração
CAS: 25068-38-6 EC: 508-033-5 Nome: 1,4-tin(2,3-epoxipropil)hexano REACH: 01-111964301-05-0009	produto da reacção bisfenol-A-epicloridrina (resina epoxidica) (MW < 700) ¹⁾ A17 CLP08 Regulamento 1272/2008 Aquatic Chronic 2: H411; Eye Irrit. 2: H319; Skin Irrit. 2: H315; Skin Sens. 1: H317 - Marçã	80 - <100 %
CAS: 30090-91-4 EC: 240-260-4 Nome: 1,4-tin(2,3-epoxipropil)hexano REACH: 01-111964301-05-0009	Auto-classificadas Regulamento 1272/2008 Aquatic Chronic 2: H411; Eye Irrit. 2: H319; Skin Irrit. 2: H315; Skin Sens. 1: H317 - Marçã	16 - <25 %
CAS: 9003-92-9 EC: 308-006-0 Nome: 1,4-tin(2,3-epoxipropil)hexano REACH: 01-111964301-05-0009	formaldeído, produtos de reacção oligoméricos com 1-cloro-2,3-epoxipropeno e fenol Auto-classificadas Regulamento 1272/2008 Aquatic Chronic 2: H411; Skin Irrit. 2: H315; Skin Sens. 1: H317 - Marçã	2,5 - <10 %

1) Substância que apresenta um risco para a saúde ou para o meio ambiente e que atende aos critérios estabelecidos pelo Regulamento (UE) n.º 2015/830

Para mais informações sobre a perigosidade da substância, consultar as secções 11, 12 e 16.

Outras informações:

Identificação	Limite de concentração específico
produto da reacção bisfenol-A-epicloridrina (resina epoxidica) (MW < 700) CAS: 25068-38-6 EC: 508-033-5	N (pH) >=5: Skin Irrit. 2 - H315 N (pH) >=5: Skin Irrit. 2 - H315

SECÇÃO 4: MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

4.1 Descrição das medidas de primeiros socorros:
 Os sintomas como consequência de uma intoxicação podem apresentar-se posteriormente à exposição, pelo que, em caso de dúvida, exposição directa ao produto químico ou persistência do sintoma, solicitar cuidados médicos, mostrando a FDS deste produto.

Por inalação:
 Tratar-se de um produto que não contém substâncias classificadas como perigosas por inalação, no entanto, no caso de sintomas de intoxicação é recomendado retirar o afectado do local de exposição e proporcionar ar fresco. Solicitar cuidados médicos se os sintomas agravarem ou persistirem

Por contacto com a pele:
 Tirar a roupa e os sapatos contaminados, limpar a pele ou lavar a zona afectada com água fria abundante e sabão neutro. Em caso de afecção grave consultar um médico. Se o produto causar queimaduras ou congelamento, não se deve tirar a roupa pois poderá agravar a lesão se esta estiver colada à pele. Caso se ferverem bolhas na pele, estas não se devem rebentar pois aumentaria o risco de infecção.

Por contacto com os olhos:
 Enxaguar os olhos com água em abundância à temperatura ambiente pelo menos durante 15 minutos. Evitar que o afectado esfregue ou feche os olhos. No caso, do afectado usar lentes de contacto, estas devem ser retiradas sempre que não estejam coladas aos olhos, pois, de outro modo, podem produzir-se um dano adicional. Em todos os casos, depois de lavagem, deve consultar um médico o mais rapidamente possível com a FDS do produto.

Por ingestão/aspiração:
 Não induzir o vômito, caso isto aconteça, manter a cabeça inclinada para a frente para evitar a aspiração. Manter o afectado em posição. Enxaguar a boca e a garganta, porque existe a possibilidade de que tenham sido afectadas na ingestão.

4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados:
 Os efeitos agudos e retardados são os indicados nos parcos 2 e 11.

4.3 Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários:
 Não relevante

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -

Emissão: 11/12/2020 Revisão: 16/04/2021 Versão: 2 (substitui 1) **Página 2/12**



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/EU
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND



SECÇÃO 5: MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIOS

5.1 Meios de extinção:

Meios de extinção adequados:

Produto não inflamável em condições normais de armazenamento, manipulação e uso. No caso de inflamação como consequência da manipulação, armazenamento ou uso indevido, utilizar preferencialmente extintores de pó polivalente (pó ABC), de acordo com o Regulamento de instalações de proteção contra incêndios.

Meios de extinção inadequados:

Não relevante

5.2 Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura:

Como consequência da combustão ou decomposição térmica são gerados subprodutos de reação que podem ser altamente tóxicos e, consequentemente, podem apresentar um risco elevado para a saúde.

5.3 Recomendações para o pessoal de combate a incêndios:

Em função da magnitude do incêndio, poderá ser necessário o uso de roupa protectora completa e equipamento de respiração autónoma. Dispor de um mínimo de instalações de emergência ou elementos de acção (mantas ignífugas, fumaça portátil, etc.) conforme a Directiva 89/654/EC.

Disposições adicionais:

Actuar conforme o Plano de Emergência Interno e as Fichas Informativas sobre a acção perante acidentes e outras emergências. Suprimir qualquer fonte de ignição. Em caso de incêndio, refrigerar os recipientes e tanques de armazenamento de produtos susceptíveis de inflamação, explosão ou "BLEVE" como consequência de elevadas temperaturas. Evitar o derrame dos produtos utilizados na extinção do incêndio no meio aquático.

SECÇÃO 6: MEDIDAS A TOMAR EM CASO DE FUGAS ACIDENTAIS

6.1 Precauções individuais, equipamento de protecção e procedimentos de emergência:

Isolar as fugas sempre que não representar um risco adicional para as pessoas que desempenhem esta função. Perante a exposição potencial com o produto derramado, é obrigatório o uso de elementos de protecção pessoal (ver epígrafe 8). Evacuar a zona e manter as pessoas sem protecção afastadas.

6.2 Precauções a nível ambiental:

Evitar a todo o custo qualquer tipo de derrame no meio aquático. Contar adequadamente o produto absorvido em recipientes hermeticamente prescritivos. Notificar a autoridade competente no caso de exposição ao público em geral ou ao meio ambiente.

6.3 Métodos e materiais de confinamento e limpeza:

Recomenda-se:

Absorver o derrame através de areia ou absorvente inerte e transferir para um local seguro. Não absorver com serradura ou outros absorventes combustíveis. Para qualquer consideração relativa à eliminação, consultar a epígrafe 13.

6.4 Remissão para outras secções:

Vejá as secções 8 e 13.

SECÇÃO 7: MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM

7.1 Precauções para um manuseamento seguro:

A.- Precauções para a manipulação segura

Cumprir a legislação vigente em matéria de prevenção de riscos laborais. Manter os recipientes hermeticamente fechados. Controlar os derrames e resíduos, eliminando-os com métodos seguros (epígrafe 6). Evitar o derrame livre a partir do recipiente. Manter ordem e limpeza onde sejam manuseados produtos perigosos.

B.- Recomendações técnicas para a prevenção de incêndios e explosões.

Produto não inflamável em condições normais de armazenamento, manipulação e uso. É recomendado que o produto seja manuseado a velocidades lentas para evitar a geração de cargas electrostáticas que possam afectar produtos inflamáveis. Consultar a epígrafe 10 sobre condições e manéias que devem ser evitadas.

C.- Recomendações técnicas para prevenir riscos ergonómicos e toxicológicos.

Não comer nem beber durante o seu manuseamento, lavando as mãos posteriormente com produtos de limpeza adequados.

D.- Recomendações técnicas para prevenir riscos meio ambientais.

Devido ao perigo que este produto representa para o meio ambiente, é recomendado que seja manipulado dentro de uma área que disponha de barreiras de controlo da contaminação em caso de derrame, assim como dispor de material absorvente nas imediações do mesmo

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -

Emissão: 11/12/2020

Revisão: 16/04/2021

Versão: 2 (substitui 1)

Página 3/12



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/EU
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND



SECÇÃO 7: MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM (continuação)

7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades:

A.- Medidas técnicas de armazenagem

Temperatura mínima: 5 °C

Temperatura máxima: 30 °C

Tempo máximo: 12 meses

B.- Condições gerais de armazenagem.

Evitar fontes de calor, radiação, electricidade estática e o contacto com alimentos. Para informação adicional, ver epígrafe 10.5

7.3 Utilização(ões) final(is) específica(s):

Excepto as indicações já especificadas, não é necessário realizar nenhuma recomendação especial quanto às utilizações deste produto.

SECÇÃO 8: CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTECÇÃO INDIVIDUAL

8.1 Parâmetros de controlo:

Substâncias cujos valores limite de exposição ocupacional devem ser controladas no ambiente de trabalho:

Não existem valores limites ambientais para as substâncias que constituem o produto.

DNEL (Trabalhadores):

Identificação		Curta exposição		Larga exposição	
		Sistémica	Local	Sistémica	Local
produto de reação bifenol-A-epicloridrina (resina epoxídica) (MI < 700) CAS: 25068-38-6 EC: 508-033-5	Oral	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Inalação	Não relevante	Não relevante	0,75 mg/kg	Não relevante
	Exposição	Não relevante	Não relevante	4,93 mg/m ³	Não relevante
1,6-hex(2,3-epoxi)propano/Hexano CAS: 16096-33-4 EC: 246-260-4	Oral	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Inalação	Não relevante	Não relevante	8 mg/kg	Não relevante
	Exposição	12,57 mg/m ³	Não relevante	16,57 mg/m ³	0,44 mg/m ³
Inimediato, produtos de reação oligoméricos com 1-oxo-2,3-epoxipropano e fenol CAS: 9003-36-5 EC: 508-056-8	Oral	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Inalação	Não relevante	Não relevante	104,15 mg/kg	Não relevante
	Exposição	Não relevante	Não relevante	25,39 mg/m ³	Não relevante

DNEL (População):

Identificação		Curta exposição		Larga exposição	
		Sistémica	Local	Sistémica	Local
produto de reação bifenol-A-epicloridrina (resina epoxídica) (MI < 700) CAS: 25068-38-6 EC: 508-033-5	Oral	Não relevante	Não relevante	0,5 mg/kg	Não relevante
	Inalação	Não relevante	Não relevante	0,083 mg/kg	Não relevante
	Exposição	Não relevante	Não relevante	0,67 mg/m ³	Não relevante
1,6-hex(2,3-epoxi)propano/Hexano CAS: 16096-33-4 EC: 246-260-4	Oral	1,5 mg/kg	Não relevante	1,5 mg/kg	Não relevante
	Inalação	1,7 mg/kg	Não relevante	1 mg/kg	Não relevante
	Exposição	5,29 mg/m ³	Não relevante	5,29 mg/m ³	0,27 mg/m ³
Inimediato, produtos de reação oligoméricos com 1-oxo-2,3-epoxipropano e fenol CAS: 9003-36-5 EC: 508-056-8	Oral	Não relevante	Não relevante	0,25 mg/kg	Não relevante
	Inalação	Não relevante	Não relevante	62,5 mg/kg	Não relevante
	Exposição	Não relevante	Não relevante	8,7 mg/m ³	Não relevante

PNEC:

Identificação				
produto de reação bifenol-A-epicloridrina (resina epoxídica) (MI < 700) CAS: 25068-38-6 EC: 508-033-5	ETP	10 mg/L	Água doce	0,004 mg/L
	Bio	0,003 mg/kg	Água marinha	0,003 mg/kg
	Inimediato	0,018 mg/L	Sedimentos (Água doce)	0,243 mg/kg
	Oral	0,011 g/kg	Sedimentos (Água marinha)	0,034 mg/kg

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -

Emissão: 11/12/2020

Revisão: 16/04/2021

Versão: 2 (substitui 1)

Página 4/12



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/UE
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND



SECÇÃO 8: CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTECÇÃO INDIVIDUAL (continuação)

Identificação				
1,6-bis(2,3-epoxipropil)benzeno CAS: 16096-33-4 EC: 240-260-4	STP	1 mg/L	Água doce	0,011 mg/L
	Solo	0,237 mg/kg	Água marinha	0,001 mg/L
	Sedimentos	0,113 mg/L	Sedimentos (Água doce)	0,263 mg/kg
	Ar	Não relevante	Sedimentos (Água marinha)	0,028 mg/kg
Formaldeído, produtos de reacção oligoméricos com 1-oxo-2,3-epoxipropeno e fenol CAS: 5003-36-5 EC: 500-056-8	STP	10 mg/L	Água doce	0,053 mg/L
	Solo	0,237 mg/kg	Água marinha	0 mg/L
	Sedimentos	0,225 mg/L	Sedimentos (Água doce)	0,294 mg/kg
	Ar	Não relevante	Sedimentos (Água marinha)	0,028 mg/kg

8.2 Controlo da exposição:

A.- Medidas gerais de segurança e higiene no ambiente de trabalho

Como medida de prevenção recomenda-se a utilização de equipamentos de protecção individuais básicos, com o correspondente marcação CE. Para mais informações sobre os equipamentos de protecção individual (armazenamento, utilização, limpeza, manutenção, classe de protecção,...) consultar o folheto informativo fornecido pelo fabricante do EPI. As indicações contidas neste ponto referem-se ao produto puro. As medidas de protecção para o produto diluído podem variar em função do seu grau de diluição, uso, método de aplicação, etc. Para determinar o cumprimento de instalação de duchas de emergência e/ou lava-olhos nos armazéns deve ter-se em conta a regulamentação referente ao armazenamento de produtos químicos aplicável em cada caso. Para mais informações ver epígrafe 7.1 e 7.2. Toda a informação aqui apresentada é uma recomendação, sendo necessário a sua implementação por parte dos serviços de prevenção de riscos laborais ao desconhecer as medidas de prevenção adicionais que a empresa possa dispor.

B.- Protecção respiratória:

Pictograma	RPE	Marcação	Normas EN	Observações
	Máscara auto-filtrante para gases e vapores		EN 455:2002+A1:2010	Substituir quando detectar odor ou sentir do contaminante no interior de máscara ou adaptador facial. Quando o contaminante não tiver boas propriedades de aviso, recomenda-se a utilização de equipamentos isolantes.

C.- Protecção específica das mãos:

Pictograma	RPE	Marcação	Normas EN	Observações
	Lavras de protecção contra riscos mecânicos			Substituir as lavras perante qualquer indicio de deterioração. Para períodos de exposição prolongados ao produto para utilizadores profissionais/industriais torna-se recomendável a utilização de lavras CE III, de acordo com as normas EN 420:2004+A1:2005 e EN ISO 374-1:2005+A1:2018.

Dado que o produto é uma mistura de diferentes materiais, a resistência do material das lavras não se pode calcular de antemão com total fiabilidade e, portanto, têm de ser controladas antes da sua aplicação.

D.- Protecção ocular e facial

Pictograma	RPE	Marcação	Normas EN	Observações
	Óculos panorâmicos contra respingos/projeções		EN 166:2002 EN ISO 4007:2008	Limpar diariamente e desinfectar periodicamente de acordo com as instruções do fabricante. Recomenda-se a sua utilização, no caso de risco de respingos.

E.- Protecção corporal

Pictograma	RPE	Marcação	Normas EN	Observações
	Roupa de trabalho			Substituir perante qualquer indicio de deterioração. Para períodos de exposição prolongados ao produto por utilizadores profissionais/industriais é recomendável CE III, de acordo com as normas EN ISO 6524:2011, EN ISO 6524:2005, EN ISO 13688:2013, EN 494:1995.
	Calçado de trabalho anti-derrapante		EN ISO 20347:2012	Substituir perante qualquer indicio de deterioração. Para períodos de exposição prolongados ao produto por utilizadores profissionais/industriais é recomendável CE III, de acordo com as normas EN ISO 20345:2012 e EN 13803-1:2007.

F.- Medidas complementares de emergência

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/UE
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND



SECÇÃO 8: CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTECÇÃO INDIVIDUAL (continuação)

Medida de emergência	Normas	Medida de emergência	Normas
	ANSI Z358-1 ISO 3864-1:2011, ISO 3864-4:2011		EN 12 899 ISO 3864-1:2011, ISO 3864-4:2011

Controlos de exposição do meio ambiente:

Em virtude da legislação comunitária de protecção do meio ambiente, é recomendado evitar o derrame tanto do produto como da sua embalagem no meio ambiente. Para informação adicional, ver epígrafe 7.1.D

SECÇÃO 9: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

9.1 Informações sobre propriedades físicas e químicas de base:

Para obter informações completas ver a ficha técnica do produto.

Aspecto físico:

Estado físico a 20 °C:	Líquido.
Aspecto:	Transparente
Cor:	Incolor
Odor:	Característico
Limiar olfativo:	Não relevante *
Volatilidade:	
Temperatura de ebulição à pressão atmosférica:	Não relevante *
Pressão de vapor a 20 °C:	Não relevante *
Pressão de vapor a 50 °C:	<300000 Pa (300 kPa)
Taxa de evaporação a 20 °C:	Não relevante *

Caracterização do produto:

Densidade a 20 °C:	1120,6 kg/m ³
Densidade relativa a 20 °C:	1,121
Viscosidade dinâmica a 20 °C:	Não relevante *
Viscosidade cinemática a 20 °C:	Não relevante *
Viscosidade cinemática a 40 °C:	Não relevante *
Concentração:	Não relevante *
pH:	Não relevante *
Densidade do vapor a 20 °C:	Não relevante *
Coefficiente de partição n-octanol/água:	Não relevante *
Solubilidade em água a 20 °C:	
Propriedade de solubilidade:	Não relevante *
Temperatura de decomposição:	Não relevante *
Ponto de fusão/ponto de congelação:	Não relevante *
Propriedades explosivas:	Não relevante *
Propriedades comburentes:	Não relevante *
Inflamabilidade:	
Temperatura de inflamação:	Não inflamável (>60 °C)
Calor de combustão:	Não relevante *
Inflamabilidade (sólido, gás):	Não relevante *
Temperatura de auto-ignição:	Não relevante *
Limite de inflamabilidade inferior:	Não relevante *

*Não existem dados disponíveis a data de elaboração deste documento ou porque não é aplicável devido a natureza e perigo do produto

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



Ficha de dados de segurança
conforme 1803/2006/EC (REACH), 2012/609/UE
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND



SECÇÃO 9: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS (continuação)

Limite de inflamabilidade superior: Não relevante *

Explosividade:

Limite inferior de explosividade: Não relevante *

Limite superior de explosividade: Não relevante *

9.2 Outras informações:

Tensão superficial a 20 °C: Não relevante *

Índice de refração: Não relevante *

*Não existem dados disponíveis a data de elaboração deste documento ou porque não é aplicável devido a natureza e perigo do produto.

SECÇÃO 10: ESTABILIDADE E REATIVIDADE

10.1 Reactividade:

Não se esperam reações perigosas se cumprirmos as instruções técnicas de armazenamento de produtos químicos.

10.2 Estabilidade química:

Quimicamente estável nas condições de manuseamento, armazenamento e utilização.

10.3 Possibilidade de reações perigosas:

Sob as condições não são esperadas reações perigosas para produzir uma pressão ou temperaturas excessivas.

10.4 Condições a evitar:

Aplicáveis para manipulação e armazenamento à temperatura ambiente:

Choque e fricção	Contacto com o ar	Aquecimento	Luz solar	Humidade
Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável

10.5 Materiais incompatíveis:

Ácidos	Água	Materiais combustíveis	Materiais oxidantes	Outros
Evitar ácidos fortes	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Evitar ácidos ou bases fortes

10.6 Produtos de decomposição perigosos:

Ver epígrafe 10.3, 10.4 e 10.5 para conhecer os produtos de decomposição especificamente. Dependendo das condições de decomposição, como consequência da mesma podem ser libertadas misturas complexas de substâncias químicas: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono e outros compostos orgânicos.

SECÇÃO 11: INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA

11.1 Informações sobre os efeitos toxicológicos:

Não se dispõem de dados experimentais do produto em si relativamente às propriedades toxicológicas

Efeitos perigosos para a saúde:

Em caso de exposição repetitiva, prolongada ou a concentrações superiores às estabelecidas pelos limites de exposição ocupacional, podem ocorrer efeitos adversos para a saúde em função da via de exposição:

A- Ingestão (efeito agudo):

- Toxicidade aguda: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos e não apresenta substâncias classificadas como perigosas por ingestão. Para mais informação, ver epígrafe 3.
- Corrosividade/Irritação: A ingestão de uma dose considerável pode originar irritação da garganta, dor abdominal, náuseas e vômitos.

B- Inalação (efeito agudo):

- Toxicidade aguda: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos e não apresenta substâncias classificadas como perigosas por inalação. Para mais informação, ver epígrafe 3.
- Corrosividade/Irritação: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

C- Contacto com a pele e os olhos. (efeito agudo):

- Contacto com a pele: Produz inflamação cutânea.
- Contacto com os olhos: Lesões oculares após o contacto

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



Ficha de dados de segurança
conforme 1803/2006/EC (REACH), 2012/609/UE
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND



SECÇÃO 11: INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA (continuação)

D- Efeitos CMR (carcinogenicidade, mutagenicidade e toxicidade para a reprodução):

- Carcinogenicidade: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos e não apresenta substâncias classificadas como perigosas para os efeitos descritos. Para mais informação, ver epígrafe 3.
- IARC: Não relevante
- Mutagenicidade: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.
- Toxicidade pela reprodução: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

E- Efeitos de sensibilização:

- Respiratória: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos e não apresenta substâncias classificadas como perigosas com efeitos sensibilizantes. Para mais informação, ver epígrafe 3.
- Cutânea: O contacto prolongado com a pele pode derivar em episódios de dermatites alérgicas de contacto.

F- Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT), tempo de exposição:

Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

G- Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT), a exposição repetida:

- Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT), a exposição repetida: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.
- Pele: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

H- Perigo de aspiração:

Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

Outras informações:

Não relevante

Informação toxicológica específica das substâncias:

Não disponível

SECÇÃO 12: INFORMAÇÃO ECOLÓGICA

Não se dispõem de dados experimentais do produto em si relativamente às propriedades ecotoxicológicas

12.1 Toxicidade:

Identificação	Toxicidade aquática	Exatice	Género
produto de reação hidróxi-epicloridrina (peso epoxidado) (HSE < 70%) CAS: 25060-28-6 EC: 500-513-5	0.50 >1 - 10 mg/L (96 h)		Peixe
	0.50 >1 - 10 mg/L (48 h)		Crustáceos
	0.50 >1 - 10 mg/L (72 h)		Alga
1,4-bis(2,3-epoxipropil)benzeno CAS: 16096-20-4 EC: 249-263-4	0.50 >1 - 100 mg/L (96 h)		Peixe
	0.50 >1 - 100 mg/L (48 h)		Crustáceos
	0.50 >1 - 100 mg/L (72 h)		Alga
Benzotriazol, produto de reação oligomérica com 1-cloro-2,3-epoxipropeno e fenol CAS: 6033-34-6 EC: 500-605-6	0.50 >1 - 10 mg/L (96 h)		Peixe
	0.50 >1 - 10 mg/L (48 h)		Crustáceos
	0.50 >1 - 10 mg/L (72 h)		Alga

12.2 Persistência e degradabilidade:

Identificação	Degradabilidade		Biodegradabilidade	
	BiocG	Não relevante	Concentração	100 mg/L
produto de reação hidróxi-epicloridrina (peso epoxidado) (HSE < 70%) CAS: 25060-28-6 EC: 500-513-5	BiocG	Não relevante	Resíduo	28 dias
	BiocG, BiocGp	Não relevante	% Biodegradado	2 %

12.3 Potencial de bioacumulação:

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



Ficha de dados de segurança
conforme 1831/2003/EC (REACH), 2015/830/UE
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND



SECÇÃO 12: INFORMAÇÃO ECOLÓGICA (continuação)

Identificação	Potencial de bioacumulação
produto da reação bifenol-A-epicloridrina (resina epoxídica) (MW < 700)	BSP
Sub: 20040-39-4	log K _{ow}
EC: 500-010-5	bioacum

12.4 Mobilidade no solo:

Não disponível

12.5 Resultados da avaliação PBT e mPvB:

O produto não atende aos critérios PBT/mPvB

12.6 Outros efeitos adversos:

Não descritos

SECÇÃO 13: CONSIDERAÇÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO

13.1 Métodos de tratamento de resíduos:

Código	Descrição	Tipo de resíduo (Regulamento (CE) n.º 1257/2014)
20 04 01*	resíduos de cores e vernizes, contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas	Perigosos

Tipo de resíduo (Regulamento (UE) n.º 1357/2014):

HP14 Escorbuto, HP13 Sensibilizante, HP4 Irritante – irritação cutânea e lesões oculares

Gestão do resíduo (eliminação e valorização):

Consultar o gestor de resíduos autorizado para as operações de valorização e eliminação, conforme o Anexo I e Anexo 2 (Directiva 2008/98/CE, Decreto-Lei nº 73/2011). De acordo com os códigos 15 01 (Decisão da Comissão 2014/955/UE), no caso de embalagem ser utilizada em contacto directo com o produto, esta será tratada do mesmo modo como o próprio produto, caso contrário será tratada com resíduo não perigoso. Não se aconselha a descarga através das águas residuais. Ver epígrafe 6.2.

Disposições relacionadas com a gestão de resíduos:

De acordo com o Anexo II do Regulamento (EC) nº1907/2006 (REACH) são apresentadas as disposições comunitárias ou estatais relacionadas com a gestão de resíduos.
Legislação comunitária: Directiva 2008/98/CE, Decisão da Comissão 2014/955/UE, Regulamento (UE) n.º 1357/2014
Legislação nacional: Decreto-Lei nº 73/2011.

SECÇÃO 14: INFORMAÇÕES RELATIVAS AO TRANSPORTE

Transporte terrestre de mercadorias perigosas:

Em aplicação do ADR 2021 e RID 2021:

14.1 Número ONU:	UN3082
14.2 Designação oficial de transporte da ONU:	MATÉRIA PERIGOSA DO PONTO DE VISTA DO AMBIENTE, LÍQUIDA, N.S.A. (produto da reação bifenol-A-epicloridrina (resina epoxídica)) (MW < 700))
14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte:	9
Etiquetas:	9
14.4 Grupo de embalagem:	III
14.5 Perigos para o ambiente:	Sim
14.6 Precauções especiais para o utilizador	
Disposições especiais:	274, 335, 375, 601
Código de Restrição em túnel:	-
Propriedades físico-químicas:	Ver epígrafe 9
Quantidades Limitadas:	5 L
14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC:	Não relevante

Transporte de mercadorias perigosas por mar:

Em aplicação ao IMDG 39-18:

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -

Emissão: 11/12/2020

Revisão: 16/04/2021

Versão: 2 (substitui 1)

Página 9/12



Ficha de dados de segurança
conforme 1831/2003/EC (REACH), 2015/830/UE
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND



SECÇÃO 14: INFORMAÇÕES RELATIVAS AO TRANSPORTE (continuação)



14.1 Número ONU:	UN3082
14.2 Designação oficial de transporte da ONU:	MATÉRIA PERIGOSA DO PONTO DE VISTA DO AMBIENTE, LÍQUIDA, N.S.A. (produto da reação bifenol-A-epicloridrina (resina epoxídica)) (MW < 700))
14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte:	9
Etiquetas:	9
14.4 Grupo de embalagem:	III
14.5 Poluente marinho:	Sim
14.6 Precauções especiais para o utilizador	
Disposições especiais:	335, 605, 274
Códigos EmS:	F-A, S-F
Propriedades físico-químicas:	Ver epígrafe 9
Quantidades Limitadas:	5 L
Grupo de segregação:	Não relevante
14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC:	Não relevante

Transporte de mercadorias perigosas por ar:

Em aplicação ao IATA/ICAO 2021:

14.1 Número ONU:	UN3082
14.2 Designação oficial de transporte da ONU:	MATÉRIA PERIGOSA DO PONTO DE VISTA DO AMBIENTE, LÍQUIDA, N.S.A. (produto da reação bifenol-A-epicloridrina (resina epoxídica)) (MW < 700))
14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte:	9
Etiquetas:	9
14.4 Grupo de embalagem:	III
14.5 Perigos para o ambiente:	Sim
14.6 Precauções especiais para o utilizador	
Propriedades físico-químicas:	Ver epígrafe 9
14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC:	Não relevante

SECÇÃO 15: INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO

15.1 Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente:

Substâncias candidatas a autorização no Regulamento (CE) 1907/2006 (REACH): Não relevante

Substâncias incluídas no Anexo XIV da REACH (lista de autorização) e data de validade: Não relevante

Regulamento (CE) 1005/2009, sobre substâncias que esgotam a camada de ozono: Não relevante

Artigo 95, Regulamento (UE) Nº 528/2012: Não relevante

REGULAMENTO (UE) N.º 648/2012, relativo à exportação e importação de produtos químicos perigosos: Não relevante

DL 150/2015 (SEVESO III):

Sessão	Descrição	Requisito do nível inferior	Requisito do nível superior
6.2	PERIGOS PARA O AMBIENTE	200	500

Limitações à comercialização e ao uso de determinadas substâncias e misturas perigosas (Anexo XVII REACH, etc.-):

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -

Emissão: 11/12/2020

Revisão: 16/04/2021

Versão: 2 (substitui 1)

Página 10/12



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 3016/2014/EU
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND



SECÇÃO 15: INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO (continuação)

Não podem ser utilizadas em:

- objectos decorativos destinados à produção de efeitos de luz ou de cor obtidos por meio de feixes diferentes, por exemplo em candeeiros decorativos e cruzeiros,
- máscaras e partidas,
- jogos para um ou mais participantes ou quaisquer objectos destinados a ser utilizados como tabuleiro, mesmo com aspectos decorativos.

Disposições particulares em matéria de protecção das pessoas ou do meio ambiente:

É recomendado utilizar a informação recolhida nesta ficha de dados de segurança como dados de entrada numa avaliação de riscos das circunstâncias locais com o objectivo de estabelecer as medidas necessárias de prevenção de riscos para o manuseamento, utilização, armazenamento e eliminação deste produto.

Outras legislações:

Decreto-Lei n.º 325/2012, de 10 de outubro, que assegure a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 1272/2008, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro, relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, que altera e revoga as Diretivas n.ºs 67/548/CEE e 1999/45/CE e altera o Regulamento (CE) n.º 1907/2006.

Decreto-Lei n.º 193/2009, de 13 de outubro, que assegure a execução, na ordem jurídica nacional, das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 1907/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de dezembro, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH) e que procede à criação da Agência Europeia dos Produtos Químicos.

Decreto-Lei n.º 33/2015, de 4 de março - Estabelece obrigações relativas à exportação e importação de produtos químicos perigosos, assegurando a execução, na ordem jurídica interna do Regulamento (UE) n.º 649/2012, do Parlamento Europeu e do Conselho.

Decreto-Lei 41-A/2010 de 29 de Abril que regulamenta o transporte rodoviário e ferroviário de mercadorias perigosas.
Decreto-Lei n.º 34/2012 de 6 de Fevereiro, alterado pelo D.L. n.º 98/2015 de 28 de Maio e pelo D.L. n.º 41/2018 de 11 de Junho. Conclui as prescrições mínimas em matéria de protecção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho e transpõe a Directiva n.º 2009/105/UE, do Conselho, de 17 de Dezembro de 2009.

Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho - Procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos, e procede à alteração de diversas regimes jurídicos na área dos resíduos alterado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho - Procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos.

Decisão do Conselho 2014/695/EU - Lista Europeia de Resíduos.

15.2 Avaliação da segurança química:

O fornecedor não realizou avaliação de segurança química.

SECÇÃO 16: OUTRAS INFORMAÇÕES

Legislação aplicável a ficha de dados de segurança:

Esta ficha de dados de segurança foi desenvolvida em conformidade com o ANEXO II - Guia para a elaboração de Fichas de Dados de Segurança do Regulamento (EC) Nº 1907/2006 (Regulamento (UE) Nº 2015/830).

Modificações relativas à ficha de segurança anterior que afectam as medidas de gestão de risco:

Não relevante

Textos das frases contempladas na secção 2:

- H315: Provoca irritação cutânea.
- H317: Pode provocar uma reacção alérgica cutânea.
- H411: Tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.
- H319: Provoca irritação ocular grave.

Textos das frases contempladas na secção 3:

As frases indicadas não se referem ao produto em si, são apenas a título informativo e fazem referência aos componentes

individuais que aparecem na secção 3

Regulamento nº1272/2008 (CLP):

- Aquatic Chronic 2: H411 - Tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.
- Aquatic Chronic 3: H412 - Nocivo para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.
- Eye Irrit. 2: H319 - Provoca irritação ocular grave.
- Skin Irrit. 2: H315 - Provoca irritação cutânea.
- Skin Sens. 1: H317 - Pode provocar uma reacção alérgica cutânea.

Procedimento de classificação:

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -

Emissão: 11/12/2020

Revisão: 16/04/2021

Versão: 2 (substitui 1)

Página 11/12



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 3016/2014/EU
EPOLIT RS 7720 A DIAMOND



SECÇÃO 16: OUTRAS INFORMAÇÕES (continuação)

- Skin Irrit. 2: Método de cálculo
- Skin Sens. 1: Método de cálculo
- Aquatic Chronic 2: Método de cálculo
- Eye Irrit. 2: Método de cálculo

Conselhos relativos à formação:

Recomenda-se formação mínima em matéria de prevenção de riscos laborais ao pessoal que vai a manipular este produto, com a finalidade de facilitar a compreensão e a interpretação desta ficha de dados de segurança, bem como da etiqueta / rótulo do produto.

Principais fontes de literatura:

<http://echa.europa.eu>

<http://eur-lex.europa.eu>

Abreviaturas e acrónimos:

(ADR) Acordo Europeu relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada

(IMDG) Código Marítimo Internacional para o Transporte de Mercadorias Perigosas

(IATA) Associação Internacional de Transportes Aéreos

(ICAO) Organização da Aviação Civil Internacional

(DQ) Demanda Química de crogénio

(DQCS) Demanda biológica de oxigénio aos 5 dias

(OC₁₀) Fator de bioconcentração

(DL50) Dose letal para 50 % de uma população de teste (dose letal mediana)

(CL50) Concentração letal para 50 % de uma população de teste

(EC50) Concentração efetiva para 50 % de uma população de teste

(Log P_{OW}) logaritmo coeficiente partição octano-água

(K_{oc}) coeficiente de partição do carbono orgânico

(CAS) Número CAS (Chemical Abstracts Service)

(CNR) Carcinogénico, mutagénico ou tóxico para a reprodução

(DNEL) Nível diário de exposição sem efeito (Derived No Effect Level)

(CE) Número EINECS e ELINCS (ver também EINECS e ELINCS)

(PBT) Substância Persistente, Bioacumulável e Tóxica

(PNEC) Concentração Previsivelmente Sem Efeitos (Predicted No Effect Concentration)

(PPI) Equipamento de proteção individual

(STOT) Toxicidade para órgãos-álvo específicos

(mPbt) Persistente, bioacumulável e tóxico ou muito persistente e muito bioacumulável

As informações contidas nesta ficha de dados de segurança foram verificadas cuidadosamente até à data de publicação, e são prestadas de boa fé. Devido ao caráter em constante evolução das informações disponíveis, não podemos garantir que esta informação seja totalmente atualizada. Não aceitamos nenhuma responsabilidade por danos ou danos decorrentes de informações não disponíveis, ou outras informações, ou utilização de produtos em conformidade com a legislação e regulamentos aplicáveis ao produto, à segurança, à higiene e à proteção do ambiente ou de outro carácter, e de qualquer natureza, avaliação e teste prático de eficácia. Os utilizadores envolvidos e responsáveis pelo uso de segurança deverão ter acesso às informações contidas nesta ficha de dados de segurança no armazenamento, manuseamento e transporte deste produto.

FIM DA FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA

Emissão: 11/12/2020

Revisão: 16/04/2021

Versão: 2 (substitui 1)

Página 12/12

Ficha de segurança referente à parte B da resina

Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/EU

EPOLIT RS 7720 B 100:25 DIAMOND



SECCÃO 1: IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA/MISTURA E DA SOCIEDADE/EMPRESA

1.1 Identificador do produto: EPOLIT RS 7720 B 100:25 DIAMOND
Outros meios de identificação: Não relevante

1.2 Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas:
Usos pertinentes: Endurecedor para revestimentos. Para uso utilizador profissional/utilizador industrial.
Usos desaconselhados: Todos aqueles usos não especificados nesta epígrafe ou na subsecção 7.3

1.3 Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança:
TECNOLOGIA DE POLÍMEROS QMC, S.L.U.
C/ALFARAS MARICH PARCELA 13 A POL. IND. LA POBLA-LA ELIANA
45185 LA POBLA DE VALLBORJA - VALENCIA - ESPAÑA
Tel.: +34 962725676 - Fax: +34 962740905
info@qmc.es
www.qmc.es

1.4 Número de telefone de emergência: +34 962725676

SECCÃO 2: IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

2.1 Classificação da substância ou mistura:
Regulamento nº1272/2008 (CLP):
A classificação deste produto foi efectuada em conformidade com o Regulamento nº1272/2008 (CLP).
Acute Tox. 4: Toxicidade aguda, Categoria 4, H302+H312+H332
Aquatic Chronic 3: Perigosos para o ambiente aquático, Categoria 3, H412
Eye Dam. 1: Lesões oculares graves/irritação ocular, Categoria 1, H318
Skin Corr. 1B: Corrosão/irritação cutânea, Categoria 1B, H314
Skin Sens. 1: Sensibilização cutânea, Categoria 1, H317

2.2 Elementos do rótulo:
Regulamento nº1272/2008 (CLP):
Perigo


Advertências de perigo:
Acute Tox. 4: H302+H312+H332 - Nocivo por ingestão, contato com a pele ou inalação.
Aquatic Chronic 3: H412 - Nocivo para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.
Skin Corr. 1B: H314 - Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves.
Skin Sens. 1: H317 - Pode provocar uma reação alérgica cutânea.

Recomendações de prudência:
P280: Usar luvas de proteção/vestuário de proteção/proteção ocular/proteção facial.
P301+P330+P331: EM CASO DE INGESTÃO: Enxaguar a boca. NÃO provocar o vômito.
P302+P352: SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE: lavar abundantemente com água.
P303+P361+P353: SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE (ou o cabelo): Retirar imediatamente toda a roupa contaminada.
Enxaguar a pele com água ou tomar um duche.
P304+P340: EM CASO DE INALAÇÃO: retirar a pessoa para uma zona ao ar livre e mantê-la numa posição que não dificulte a respiração.
P305+P351+P338: SE ENTRAR EM CONTACTO COM OS OLHOS: Enxaguar cuidadosamente com água durante vários minutos. Se usar lentes de contacto, retire-as, se tal lhe for possível. Continue a enxaguar.
P310: Contacte imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS/ médico.
P501: Eliminar o conteúdo/resíduo de acordo com a norma sobre resíduos perigosos ou embalagens e resíduos de embalagens, respetivamente.

Substâncias que contribuem para a classificação
3-aminometil-3,5,5-trimetilciclo-hexilamina; 2,2'-iminodietilamina; álcool benzílico; 3,6-diazaoctanoetilendiamina

2.3 Outros perigos:
O produto não atende aos critérios PBT/mPbB

Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/EU

EPOLIT RS 7720 B 100:25 DIAMOND



SECCÃO 3: COMPOSIÇÃO/INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES

3.1 Substâncias: Não aplicável

3.2 Misturas:
Descrição química: Aminas
Componentes:
De acordo com o Anexo II do Regulamento (EC) nº1907/2006 (ponto 3), o produto contém:

Identificação	Nome químico/classificação	Concentração
CBI: 280-13-2 EC: 228-98-9 INRA: 613-987-09-9 RNAC: 01-117071907-02-0000	3-aminometil-3,5,5-trimetilciclo-hexilamina¹⁾ Regulamento: 1272/2008 Acute Tox. 4: H302+H312; Aquatic Chronic 3: H412; Skin Corr. 1B: H314; Skin Sens. 1: H317 - Perigo	ATP-CLP 25 - <40 %
CBI: 111-40-0 EC: 203 INRA: 613-098-09-K RNAC: 01-117071910-21-0000	2,2'-iminodietilamina¹⁾ Regulamento: 1272/2008 Acute Tox. 4: H302+H312; Skin Corr. 1B: H314; Skin Sens. 1: H317 - Perigo	ATP-CLP 25 - <40 %
CBI: 228-81-4 EC: 203-500-9 INRA: 603-993-09-9 RNAC: 01-117095120-08-0000	Álcool benzílico¹⁾ Regulamento: 1272/2008 Acute Tox. 4: H302+H312 - Atenção	ATP-CLP 25 - <40 %
CBI: 112-24-3 EC: 209-500-9 INRA: 612-999-09-9 RNAC: Não aplicável	3,6-diazaoctanoetilendiamina¹⁾ Regulamento: 1272/2008 Acute Tox. 4: H312; Aquatic Chronic 3: H412; Skin Corr. 1B: H314; Skin Sens. 1: H317 - Perigo	ATP-CLP 2,5 - <10 %

¹⁾ Substância que apresenta um risco para a saúde ou para o meio ambiente e que atende aos critérios estabelecidos pelo Regulamento (CE) n.º 1907/2006
Para mais informações sobre a perigosidade da substância, consultar as secções 11, 12 e 16.

SECCÃO 4: MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

4.1 Descrição das medidas de primeiros socorros:
Solicitar assistência médica imediata, mostrando-lhe a FDS deste produto.
Por inalação:
Retirar o afectado do local de exposição, administrar-lhe ar limpo e mantê-lo em repouso. Em casos graves como paragem cardíca/respiratória, aplicar técnicas de respiração artificial (respiração boca-a-boca, massagem cardíaca, administração de colírio, etc.), solicitando assistência médica imediata.
Por contacto com a pele:
Tirar a roupa e os sapatos contaminados, limpar a pele ou lavar a zona afectada com água fria abundante e sabão neutro. Em caso de afeição grave consultar um médico. Se o produto causar queimaduras ou congelação, não se deve tirar a roupa pois poderá agravar a lesão se esta estiver colada à pele. Caso se formem bolhas na pele, estas não se devem rebentar pois aumentaria o risco de infecção.
Por contacto com os olhos:
Enxaguar os olhos com água em abundância à temperatura ambiente pelo menos durante 15 minutos. Evitar que o afectado esfregue ou feche os olhos. No caso, do afectado usar lentes de contacto, estas devem ser retiradas sempre que não estejam coladas aos olhos, pois, de outro modo, poderia produzir-se um dano adicional. Em todos os casos, depois da lavagem, deve consultar um médico o mais rapidamente possível com a FDS do produto.
Por ingestão/aspiração:
Solicitar assistência médica imediata, mostrando a FDS deste produto. Não induzir o vômito, porque a sua expulsão do estômago pode provocar danos na mucosa do tracto digestivo superior e a sua aspiração, ao tracto respiratório. Enxaguar a boca e a garganta, porque existe a possibilidade de que tenham sido afectadas na ingestão. No caso de perda de consciência não administrar nada por via oral até supervisão de um médico. Manter o afectado em repouso.
4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados:
Os efeitos agudos e retardados são os indicados nas partes 2 e 11.
4.3 Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários:
Não relevante



SECÇÃO 5: MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIOS

5.1 Meios de extinção:

Meios de extinção adequados:

Produto não inflamável em condições normais de armazenamento, manipulação e uso. No caso de inflamação como consequência da manipulação, armazenamento ou uso indevido, utilizar preferencialmente extintores de pó polivalente (pó ABC), de acordo com o Regulamento de instalações de protecção contra incêndios.

Meios de extinção inadequados:

Não relevante

5.2 Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura:

Como consequência da combustão ou decomposição térmica são gerados subprodutos de reacção que podem ser altamente tóxicos e, consequentemente, podem apresentar um risco elevado para a saúde.

5.3 Recomendações para o pessoal de combate a incêndios:

Em função da magnitude do incêndio, poderá ser necessário o uso de roupa protectora completa e equipamento de respiração autónoma. Dispor de um mínimo de instalações de emergência ou elementos de actuação (mantas ignífugas, fardos portáteis, etc.) conforme a Directiva 89/654/EC.

Disposições adicionais:

Actuar conforme o Plano de Emergência Interno e as Fichas Informativas sobre a actuação perante acidentes e outras emergências. Suprimir qualquer fonte de ignição. Em caso de incêndio, refrigerar os recipientes e tanques de armazenamento de produtos susceptíveis de inflamação, explosão ou "BLEVE" como consequência de elevadas temperaturas. Evitar o derrame dos produtos utilizados na extinção do incêndio no meio aquático.

SECÇÃO 6: MEDIDAS A TOMAR EM CASO DE FUGAS ACIDENTAIS

6.1 Precauções individuais, equipamento de protecção e procedimentos de emergência:

Isolar as fugas sempre que não representar um risco adicional para as pessoas que desempenham esta função. Pensar a exposição potencial com o produto derramado, é obrigatório o uso de elementos de protecção pessoal (ver epígrafe 8). Evacuar a zona e manter as pessoas sem protecção afastadas.

6.2 Precauções a nível ambiental:

Evitar a todo o custo qualquer tipo de derrame no meio aquático. Contar adequadamente o produto absorvido em recipientes hermeticamente precifáveis. Notificar a autoridade competente no caso de exposição ao público em geral ou ao meio ambiente.

6.3 Métodos e materiais de confinamento e limpeza:

Recomenda-se:

Absorver o derrame através de arvia ou absorvente inerte e transferir para um local seguro. Não absorver com serradura ou outros absorventes combustíveis. Para qualquer consideração relativa à eliminação, consultar a epígrafe 13.

6.4 Remissão para outras secções:

Vejá as secções 8 e 13.

SECÇÃO 7: MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM

7.1 Precauções para um manuseamento seguro:

A- Precauções para a manipulação segura

Cumprir a legislação vigente em matéria de prevenção de riscos laborais. Manter os recipientes hermeticamente fechados. Controlar os derrames e resíduos, eliminando-os com métodos seguros (epígrafe 6). Evitar o derrame livre a partir do recipiente. Manter ordem e limpeza onde sejam manuseados produtos perigosos.

B- Recomendações técnicas para a prevenção de incêndios e explosões.

Produto não inflamável em condições normais de armazenamento, manipulação e uso. É recomendado que o produto seja transportado a velocidades lentas para evitar a geração de cargas electrostáticas que possam afectar produtos inflamáveis. Consultar a epígrafe 19 sobre condições e materiais que devem ser evitados.

C- Recomendações técnicas para prevenir riscos ergonómicos e toxicológicos.

Não comer nem beber durante o seu manuseamento, lavando as mãos posteriormente com produtos de limpeza adequados.

D- Recomendações técnicas para prevenir riscos ao meio ambiente.

Devido ao perigo que este produto representa para o meio ambiente, é recomendado que seja manipulado dentro de uma área que disponha de barreiras de controlo da contaminação em caso de derrame, assim como dispor de material absorvente nas imediações do mesmo.

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



SECÇÃO 7: MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM (continuação)

7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades:

A- Medidas técnicas de armazenagem

Temperatura mínima: 5 °C
Temperatura máxima: 30 °C
Tempo máximo: 12 meses

B- Condições gerais de armazenagem.

Evitar fontes de calor, radiação, electricidade estática e o contacto com alimentos. Para informação adicional, ver epígrafe 10.5

7.3 Utilização(ões) final(is) específica(s):

Exceto as indicações já especificadas, não é necessário realizar nenhuma recomendação especial quanto às utilizações deste produto.

SECÇÃO 8: CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTECÇÃO INDIVIDUAL

8.1 Parâmetros de controlo:

Substâncias cujos valores limite de exposição ocupacional devem ser controladas no ambiente de trabalho:

NP 1796:2014:

Identificação	Valores limite ambientais
1,2 -aminometil-3,5-tetrametil-6-heptamina CAS: 2855-13-2 EC: 220-666-6	0,5 mg/m ³ 1 ppm

DNEL (Trabalhadores):

Identificação	Exposição	Curta exposição		Larga exposição	
		Sistémica	Local	Sistémica	Local
1,2 -aminometil-3,5-tetrametil-6-heptamina CAS: 2855-13-2 EC: 220-666-6	Oral	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Inalada	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Ingestão	Não relevante	Não relevante	Não relevante	0,077 mg/m ³
1,2 -aminometil-3,5-tetrametil-6-heptamina CAS: 111-46-0 EC: 203-665-4	Oral	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Inalada	Não relevante	Não relevante	11,4 mg/m ³	Não relevante
	Ingestão	22,1 mg/m ³	2,6 mg/m ³	15,4 mg/m ³	0,87 mg/m ³
Álcool benzílico CAS: 100-51-6 EC: 203-659-9	Oral	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Inalada	40 mg/m ³	Não relevante	3 mg/m ³	Não relevante
	Ingestão	110 mg/m ³	Não relevante	22 mg/m ³	Não relevante

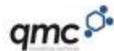
DNEL (População):

Identificação	Exposição	Curta exposição		Larga exposição	
		Sistémica	Local	Sistémica	Local
1,2 -aminometil-3,5-tetrametil-6-heptamina CAS: 2855-13-2 EC: 220-666-6	Oral	Não relevante	Não relevante	3,026 mg/kg	Não relevante
	Inalada	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Ingestão	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
1,2 -aminometil-3,5-tetrametil-6-heptamina CAS: 111-46-0 EC: 203-665-4	Oral	Não relevante	Não relevante	Não relevante	Não relevante
	Inalada	4,88 mg/kg	Não relevante	4,88 mg/kg	Não relevante
	Ingestão	27,5 mg/m ³	Não relevante	4,6 mg/m ³	Não relevante
Álcool benzílico CAS: 100-51-6 EC: 203-659-9	Oral	20 mg/kg	Não relevante	4 mg/kg	Não relevante
	Inalada	20 mg/kg	Não relevante	4 mg/kg	Não relevante
	Ingestão	27 mg/m ³	Não relevante	5,4 mg/m ³	Não relevante

PNEL:

Identificação	Exposição	Valor	Meio	Valor
1,2 -aminometil-3,5-tetrametil-6-heptamina CAS: 2855-13-2 EC: 220-666-6	Oral	1,08 mg/L	Água doce	0,06 mg/L
	Inalada	1,23 mg/m ³	Água marinha	0,306 mg/m ³
	Sedimentação	0,23 mg/L	Sedimentos (Água doce)	5,784 mg/kg
1,2 -aminometil-3,5-tetrametil-6-heptamina CAS: 111-46-0 EC: 203-665-4	Oral	Não relevante	Sedimentos (Água marinha)	6,578 mg/kg

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



SECÇÃO 8: CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTECÇÃO INDIVIDUAL (continuação)

Identificação				
L2 - amiodolamina	STP	6 mg/L	Água doce	0,56 mg/L
CAS: 111-48-0	Sólido	7,87 mg/kg	Água marinha	0,056 mg/L
EC: 203-685-4	Elementar	6,32 mg/L	Sedimentos (água doce)	1,77 mg/kg
	Óxido	Não relevante	Sedimentos (água marinha)	1,073 mg/kg
Alcool benzílico	STP	39 mg/L	Água doce	1 mg/L
CAS: 100-51-6	Sólido	6,456 mg/kg	Água marinha	1,17 mg/L
EC: 203-659-9	Elementar	2,3 mg/L	Sedimentos (água doce)	5,29 mg/kg
	Óxido	Não relevante	Sedimentos (água marinha)	0,327 mg/kg

8.2 Controlo da exposição:

A.- Medidas gerais de segurança e higiene no ambiente de trabalho

Como medida de prevenção recomenda-se a utilização de equipamentos de protecção individuais básicos, com o correspondente marcação CE. Para mais informações sobre os equipamentos de protecção individual (armazenamento, utilização, limpeza, manutenção, classe de protecção...) consultar o folheto informativo fornecido pelo fabricante do EPI. As indicações contidas neste ponto referem-se ao produto puro. As medidas de protecção para o produto diluído podem variar em função do seu grau de diluição, uso, método de aplicação, etc. Para determinar o cumprimento de instalação de duchas de emergência e/ou lava-olhos nos armazéns deve ter-se em conta a regulamentação referente ao armazenamento de produtos químicos aplicável em cada caso. Para mais informações ver epígrafe 7.1 e 7.2. Toda a informação aqui apresentada é uma recomendação, sendo necessário a sua implementação por parte dos serviços de prevenção de riscos laborais ao desenvolver as medidas de prevenção adicionais que a empresa possa dispor.

B.- Protecção respiratória:

Ícone	RPE	Marcação	Normas EN	Observações
	Máscara auto-filtrante para gases e vapores	 CAT III	EN 455:2002+A1:2010	Substituir quando detectar odor ou notar do contornante no interior da máscara ou adaptador facial. Quando o contornante não tiver boas propriedades de selo, recomenda-se a utilização de equipamentos isolantes.

C.- Protecção específica das mãos:

Ícone	RPE	Marcação	Normas EN	Observações
	Luvas NÃO descartáveis de protecção química	 CAT III	EN ISO 374-1:2016+A1:2018 EN 1833-1:2021+A1:2018 EN 430:2004+A1:2010	O período de permeação (breakthrough time) indicado pelo fabricante deve ser superior ao tempo de uso do produto. Não utilizar cremes protectores após de contacto do produto com a pele.

Dado que o produto é uma mistura de diferentes materiais, a resistência do material das luvas não se pode calcular de antemão com total fiabilidade e, portanto, têm de ser controladas antes de sua aplicação.

D.- Protecção ocular e facial

Ícone	RPE	Marcação	Normas EN	Observações
	Ecd facial	 CAT II	EN 166:2002 EN 167:2002 EN 168:2002 EN ISO 4057:2008	Limpar diariamente e desinfectar periodicamente de acordo com as instruções do fabricante. Recomenda-se a sua utilização, no caso de risco de salpicos.

E.- Protecção corporal

Ícone	RPE	Marcação	Normas EN	Observações
	Roupa de protecção contra riscos químicos.	 CAT III	EN 13074:2005+A1:2008 EN 166:2002 EN ISO 13962-1:2009/A1:2019 EN ISO 6520:2013 EN ISO 6520:2005 EN 464:1994	Uso exclusivo no trabalho. Limpar diariamente de acordo com as instruções do fabricante.
	Calçado de segurança contra risco químico	 CAT III	EN ISO 20345:2011 EN 13632-1:2019	Substituir as botas perante qualquer indício de deterioração.

F.- Medidas complementares de emergência

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



SECÇÃO 8: CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/PROTECÇÃO INDIVIDUAL (continuação)

Medida de emergência	Normas	Medida de emergência	Normas
	ANSI Z308-1 ISO 3864-1:2011, ISO 3864-4:2011		EN 12 899 ISO 3864-1:2011, ISO 3864-4:2011

Controlos de exposição do meio ambiente:

Em virtude de legislação comunitária de protecção do meio ambiente, é recomendado evitar o derrame tanto do produto como da sua embalagem no meio ambiente. Para informação adicional, ver epígrafe 7.1.D

SECÇÃO 9: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

9.1 Informações sobre propriedades físicas e químicas de base:

Para obter informações completas ver a ficha técnica do produto.

Aspecto físico:

Estado físico a 20 °C:	Líquido.
Aspecto:	Transparente
Cor:	Incolor
Odor:	Característico
Límitar off-ativo:	Não relevante *

Volatilidade:

Temperatura de ebulição à pressão atmosférica:	224 °C
Pressão de vapor a 20 °C:	9 Pa
Pressão de vapor a 50 °C:	85,82 Pa (0,09 kPa)
Taxa de evaporação a 20 °C:	Não relevante *

Caracterização do produto:

Densidade a 20 °C:	968,8 kg/m ³
Densidade relativa a 20 °C:	0,969
Viscosidade dinâmica a 20 °C:	4,41 cP
Viscosidade cinemática a 20 °C:	4,55 cSt
Viscosidade cinemática a 40 °C:	Não relevante *
Concentração:	Não relevante *
pH:	Não relevante *
Densidade do vapor a 20 °C:	Não relevante *
Coefficiente de partição n-octanol/água:	Não relevante *
Solubilidade em água a 20 °C:	Não relevante *
Propriedade de solubilidade:	Não relevante *
Temperatura de decomposição:	Não relevante *
Ponto de fusão/ponto de congelação:	Não relevante *
Propriedades explosivas:	Não relevante *
Propriedades comburentes:	Não relevante *
Inflamabilidade:	
Temperatura de inflamação:	103 °C
Calor de combustão:	Não relevante *
Inflamabilidade (sólido, gás):	Não relevante *
Temperatura de auto-ignição:	338 °C
Límite de inflamabilidade inferior:	Não relevante *

*Não existem dados disponíveis a data de elaboração deste documento ou porque não é aplicável devido a natureza e perigo do produto

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/UE
EPOLIT RS 7720 B 100:25 DIAMOND



SECÇÃO 9: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS (continuação)

Limite de inflamabilidade superior: Não relevante *

Explosividade:

Limite inferior de explosividade: Não relevante *

Limite superior de explosividade: Não relevante *

9.2 Outras informações:

Tensão superficial a 20 °C: Não relevante *

Índice de refração: Não relevante *

*Não existem dados disponíveis a data da elaboração deste documento ou porque não é aplicável devido a natureza e perigo do produto

SECÇÃO 10: ESTABILIDADE E REATIVIDADE

10.1 Reactividade:
Não se esperam reações perigosas se cumprirem as instruções técnicas de armazenamento de produtos químicos.

10.2 Estabilidade química:
Quimicamente estável nas condições de manuseamento, armazenamento e utilização.

10.3 Possibilidade de reações perigosas:
Sob as condições não são esperadas reações perigosas para produzir uma pressão ou temperaturas excessivas.

10.4 Condições a evitar:

Aplicáveis para manipulação e armazenamento à temperatura ambiente:

Chama e fumaça	Contacto com a água	Agentes oxidantes	Leve Soler	Humidade
Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável

10.5 Materiais incompatíveis:

Ácidos	Alcalis	Reativos combustíveis	Reativos oxidantes	Outros
Entre outros fortes	Não aplicável	Precipitação	Não aplicável	Entre outros no bases fortes

10.6 Produtos de decomposição perigosos:

Ver epígrafe 10.3, 10.4 e 10.5 para conhecer os produtos de decomposição especificamente. Dependendo das condições de decomposição, como consequência da mesma podem ser libertadas misturas complexas de substâncias químicas: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono e outros compostos orgânicos.

SECÇÃO 11: INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA

11.1 Informações sobre os efeitos toxicológicos:

Não se dispõem de dados experimentais do produto em si relativamente às propriedades toxicológicas

Efeitos perigosos para a saúde:

Em caso de exposição repetitiva, prolongada ou a concentrações superiores às estabelecidas pelos limites de exposição ocupacional, podem ocorrer efeitos adversos para a saúde em função da via de exposição:

A- Ingestão (efeito agudo):

- Toxicidade aguda: A ingestão de uma dose considerável pode originar irritação da garganta, dor abdominal, náuseas e vômitos.
- Corrosividade/Irritação: Produto corrosivo - a sua ingestão provoca queimaduras, destruindo os tecidos em toda a sua espessura. Para mais informação sobre efeitos secundários por contacto com a pele, ver epígrafe 2.

B- Inalação (efeito agudo):

- Toxicidade aguda: Uma exposição a altas concentrações pode matar depressão do sistema nervoso central, ocasionando dor de cabeça, tonturas, vertigens, náuseas, vômitos, confusão e, no caso de afecção grave, a perda de consciência.
- Corrosividade/Irritação: Em caso de inalação prolongada o produto é destrutivo para os tecidos das membranas mucosas e das vias respiratórias superiores.

C- Contacto com a pele e os olhos. (efeito agudo):

- Contacto com a pele: Principalmente o contacto com a pele destrói os tecidos em toda a sua espessura, provocando queimaduras. Para mais informação sobre efeitos secundários por contacto com a pele, ver epígrafe 2.
- Contacto com os olhos: Lesões oculares significativas após o contacto

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -

Emissão: 11/12/2020 Versão: 1

Página 7/13



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/UE
EPOLIT RS 7720 B 100:25 DIAMOND



SECÇÃO 11: INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA (continuação)

D- Efeitos CMR (carcinogenicidade, mutagenicidade e toxicidade para a reprodução):

- Carcinogenicidade: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos e não apresenta substâncias classificadas como perigosas para os efeitos descritos. Para mais informação, ver epígrafe 3.
- IARC: Não relevante
- Mutagenicidade: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.
- Toxicidade pela reprodução: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

E- Efeitos de sensibilização:

- Respiratória: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos e não apresenta substâncias classificadas como perigosas com efeitos sensibilizantes. Para mais informação, ver epígrafe 3.
- Cutânea: O contacto prolongado com a pele pode derivar em episódios de dermatites alérgicas de contacto.

F- Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT), tempo de exposição:

Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

G- Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT), a exposição repetida:

- Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT), a exposição repetida: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

- Pele: Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

H- Perigo de aspiração:

Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos, não apresentando substâncias classificadas como perigosas para este artigo. Para mais informações ver epígrafe 3.

Outras informações:

Não relevante

Informação toxicológica específica das substâncias:

Identificação	Toxicidade aguda		Género
	CL50	LD50	
2,2'-aminodifenilamina	10,50 oral	200 mg/kg (ATE)	
CAS: 111-40-0	10,50 cutânea	1200 mg/kg (ATE)	
EC: 203-665-4	10,50 inalação	Não relevante	
1-aminometil-3,5,4-trimetilbenzimidazol	10,50 oral	1000 mg/kg	Ratocano
CAS: 2855-13-2	10,50 cutânea	1000 mg/kg (ATE)	
EC: 220-666-8	10,50 inalação	Não relevante	
ácido benzoico	10,50 oral	200 mg/kg	Ratocano
CAS: 100-10-6	10,50 cutânea	2000 mg/kg	
EC: 203-659-8	10,50 inalação	11 mg/L (4 h) (ATE)	
1,6-diazabenzotetralonamina	10,50 oral	2000 mg/kg	Ratocano
CAS: 112-24-3	10,50 cutânea	1000 mg/kg	Ratocano
EC: 203-659-4	10,50 inalação	Não relevante	

SECÇÃO 12: INFORMAÇÃO ECOLÓGICA

Não se dispõem de dados experimentais do produto em si relativamente às propriedades ecotoxicológicas

12.1 Toxicidade:

Identificação	Toxicidade aguda	Espécie	Género	
				CL50
1-aminometil-3,5,4-trimetilbenzimidazol	CL50	110 mg/L (96 h)	Leuciscia idua	Peixe
CAS: 2855-13-2	EC50	200 mg/L (48 h)	N/A	Crustáceo
EC: 220-666-8	EC50	Não relevante		
ácido benzoico	CL50	946 mg/L (48 h)	Leuciscia idua	Peixe
CAS: 100-10-6	EC50	400 mg/L (24 h)	Daphnia magna	Crustáceo
EC: 203-659-8	EC50	70 mg/L (2 h)	Scenedesmus subspinosus	Alga

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -

Emissão: 11/12/2020 Versão: 1

Página 8/13



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/UE
EPOLIT RS 7720 B 100:25 DIAMOND



SECÇÃO 12: INFORMAÇÃO ECOLÓGICA (continuação)

Identificação	Toxicidade aguda	Espécies	Género
1,6-diacetoxifenilacetamina	LD50 495 mg/L (48 h)	Pezes/peixes, peixes	Pezes
CAS: 112-24-3	EC50 21,1 mg/L (48 h)	Daphnia magna	Crustáceos
EC: 203-699-6	EC50 Não relevante		

12.2 Persistência e degradabilidade:

Identificação	Degradabilidade	Biodegradabilidade
3-aminometil-3,5-tremético-hexiâmina	CMOS	Concentração 7 mg/L
CAS: 2855-13-2	COQ	Período 28 dias
EC: 220-666-6	CMOS/COQ	% Biodegradado 8 %
Alcool benzílico	CMOS	Concentração 100 mg/L
CAS: 100-51-6	COQ	Período 14 dias
EC: 203-699-9	CMOS/COQ	% Biodegradado 94 %

12.3 Potencial de bioacumulação:

Identificação	Potencial de bioacumulação
Alcool benzílico	BCF 1,3
CAS: 100-51-6	Log POW 1,1
EC: 203-699-9	Potencial baixo

12.4 Mobilidade no solo:

Identificação	Absorção/adsorção	Volatilidade
3-aminometil-3,5-tremético-hexiâmina	K _{oc} Não	Henry 4,46E-4 Pa m³/mol
CAS: 2855-13-2	Condição Baixo	Solo seco Não
EC: 220-666-6	Tendência superficial Não relevante	Solo úmido Não
2,2'-imidazolidina	K _{oc} Não relevante	Henry Não relevante
CAS: 111-45-0	Condição Não relevante	Solo seco Não relevante
EC: 203-665-4	Tendência superficial 4,14E-2 N/m² (25 °C)	Solo úmido Não relevante
Alcool benzílico	K _{oc} Não relevante	Henry Não relevante
CAS: 100-51-6	Condição Não relevante	Solo seco Não relevante
EC: 203-699-9	Tendência superficial 1,67E-2 N/m² (25 °C)	Solo úmido Não relevante
1,6-diacetoxifenilacetamina	K _{oc} Não relevante	Henry Não relevante
CAS: 112-24-3	Condição Não relevante	Solo seco Não relevante
EC: 203-699-6	Tendência superficial 4,20E-2 N/m² (25 °C)	Solo úmido Não relevante

12.5 Resultados da avaliação PBT e mPmB:

O produto não atende aos critérios PBT/mPmB

12.6 Outros efeitos adversos:

Não descritos

SECÇÃO 13: CONSIDERAÇÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO

13.1 Métodos de tratamento de resíduos:

Código	Descrição	Tipo de resíduo (Regulamento (UE) n.º 1201/2014)
08 05 11*	resíduos de tintas e vernizes, contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas	Perigoso

Tipo de resíduo (Regulamento (UE) n.º 1357/2014):

HP14 Ecotóxico, HP6 Toxicidade aguda, HP13 Sensibilizante, HP8 Corrosivo

Gestão do resíduo (eliminação e valorização):

Consultar o gestor de resíduos autorizado para as operações de valorização e eliminação, conforme o Anexo 1 e Anexo 2 (Directiva 2008/98/CE, Decreto-Lei nº 73/2011). De acordo com os códigos 15 01 (Decisão da Comissão 2014/955/UE), no caso da embalagem ter estado em contacto directo com o produto, esta será tratada do mesmo modo como o próprio produto, caso contrário será tratada com resíduos não perigosos. Não se aconselha a descarga através das águas residuais. Ver epígrafe 5.2.

Disposições relacionadas com a gestão de resíduos:

De acordo com o Anexo II do Regulamento (EC) nº1907/2006 (REACH) são apresentadas as disposições comunitárias ou estatais relacionadas com a gestão de resíduos.

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/EC (REACH), 2015/830/UE
EPOLIT RS 7720 B 100:25 DIAMOND



SECÇÃO 13: CONSIDERAÇÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO (continuação)

Legislação comunitária: Directiva 2008/98/CE, Decisão da Comissão 2014/955/UE, Regulamento (UE) n.º 1357/2014
Legislação nacional: Decreto-Lei nº 73/2011

SECÇÃO 14: INFORMAÇÕES RELATIVAS AO TRANSPORTE

Transporte terrestre de mercadorias perigosas:

Em aplicação do ADR 2021 e RID 2021:

- 14.1 Número ONU: UN2735
- 14.2 Designação oficial de transporte da ONU: AMINAS LÍQUIDAS CORROSIVAS, N.S.A. (3-aminometil-3,5,5-tremético-hexiâmina)
- 14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte: 8
- Etiquetas: 8
- 14.4 Grupo de embalagem: II
- 14.5 Perigos para o ambiente: Não
- 14.6 Precauções especiais para o utilizador
- Disposições especiais: 274
- Código de Restrição em túneis: E
- Propriedades físico-químicas: Ver epígrafe 9
- Quantidades Limitadas: 1 L
- 14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC: Não relevante



Transporte de mercadorias perigosas por mar:

Em aplicação ao IMDG 39-18:

- 14.1 Número ONU: UN2735
- 14.2 Designação oficial de transporte da ONU: AMINAS LÍQUIDAS CORROSIVAS, N.S.A. (3-aminometil-3,5,5-tremético-hexiâmina)
- 14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte: 8
- Etiquetas: 8
- 14.4 Grupo de embalagem: II
- 14.5 Poluente marinho: Não
- 14.6 Precauções especiais para o utilizador
- Disposições especiais: 274
- Códigos EmS: F+, S-B
- Propriedades físico-químicas: Ver epígrafe 9
- Quantidades Limitadas: 1 L
- Grupo de segregação: SGG18
- 14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC: Não relevante



Transporte de mercadorias perigosas por ar:

Em aplicação ao IATA/ICAO 2021:

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/CE (REACH), 301/2011/UE
EPOLIT RS 7720 B 100:25 DIAMOND



SECÇÃO 14: INFORMAÇÕES RELATIVAS AO TRANSPORTE (continuação)



14.1 Número ONU:	UN2735
14.2 Designação oficial de transporte da ONU:	AMINAS LÍQUIDAS CORROSIVAS, N.S.A. (3-aminometil-3,5,5-trimetilciclo-hexilamina)
14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte:	8
Etiquetas:	8
14.4 Grupo de embalagem:	II
14.5 Perigos para o ambiente:	Não
14.6 Precauções especiais para o utilizador	
Propriedades físico-químicas:	Ver epígrafe 9
14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC:	Não relevante

SECÇÃO 15: INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO

15.1 Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente:

Regulamento (CE) nº 528/2012: contém um conservante para proteger as propriedades iniciais do artigo tratado. Contém álcool benzílico.

Substâncias candidatas a autorização no Regulamento (CE) 1907/2006 (REACH): Não relevante

Substâncias incluídas no Anexo XV do REACH (lista de autorização) e data de validade: Não relevante

Regulamento (CE) 1005/2009, sobre substâncias que esgotam a camada de ozono: Não relevante

Artigo 95, Regulamento (UE) Nº 528/2012: Álcool benzílico (Tipo de produtos 6)

REGULAMENTO (UE) Nº 649/2012, relativo à exportação e importação de produtos químicos perigosos: Não relevante

DL 150/2015 (SEVESO III):

Não relevante

Limitações à comercialização e ao uso de determinadas substâncias e misturas perigosas (Anexo XVII REACH, etc...):

Não podem ser utilizadas em:

- objectos decorativos destinados à produção de efeitos de luz ou de cor obtidos por meio de fases diferentes, por exemplo em cartões decorativos e cinesmas,
- máscaras e partidas,
- jogos para um ou mais participantes ou quaisquer objectos destinados a ser utilizados como tais, mesmo com aspectos decorativos.

Disposições particulares em matéria de protecção das pessoas ou do meio ambiente:

É recomendado utilizar a informação reconstituída nesta ficha de dados de segurança como dados de entrada numa avaliação de risco das circunstâncias locais com o objectivo de estabelecer as medidas necessárias de prevenção de riscos para a manutenção, utilização, armazenamento e eliminação deste produto.

Outras legislações:

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -

Emissão: 11/12/2020 Versão: 1

Página 11/13



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/CE (REACH), 301/2011/UE
EPOLIT RS 7720 B 100:25 DIAMOND



SECÇÃO 15: INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO (continuação)

Decreto-Lei n.º 220/2012, de 10 de outubro, que assegura a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 1272/2008, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro, relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, que altera e revoga as Directivas n.os 67/541/CEE e 1999/45/CE e altera o Regulamento (CE) n.º 1907/2006.

Decreto-Lei n.º 203/2009, de 13 de Outubro, que assegura a execução, na ordem jurídica nacional, das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 1907/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de Dezembro, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH) e que procede à criação da Agência Europeia dos Produtos Químicos. Decreto-Lei n.º 33/2015, de 4 de março - Estabelece obrigações relativas à exportação e importação de produtos químicos perigosos, assegurando a execução, na ordem jurídica interna do Regulamento (UE) n.º 649/2012, do Parlamento Europeu e do Conselho.

Decreto-Lei 41-4/2010 de 29 de Abril que regulamenta o transporte rodoviário e ferroviário de mercadorias perigosas. Decreto-Lei n.º 24/2012 de 5 de Fevereiro, alterado pelo D.L. n.º 88/2015 de 28 de Maio e pelo D.L. n.º 41/2018 de 11 de Junho. Consida as prescrições mínimas em matéria de protecção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho e transpõe a Directiva n.º 2009/161/UE, da Comissão, de 17 de Dezembro de 2009.

Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho - Procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos, e procede à alteração da directiva relativa aos resíduos em matéria de resíduos alterado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho - Procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos.

Decisão da Comissão 2014/955/EU - Lista Europeia de Resíduos.

Decreto-Lei n.º 127/2013 de 30 de Agosto, que transpõe e limita a emissão de compostos orgânicos voláteis resultantes da utilização de solventes orgânicos em certas atividades e instalações, constante do Decreto-Lei n.º 242/2001, de 31 de Agosto, alterado pelos Decretos-Leis n.ºs 181/2006, de 6 de setembro, e 98/2010, de 11 de agosto, que transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 1999/13/CE, do Conselho, de 11 de março de 1999.

15.2 Avaliação da segurança química:

O fornecedor não realizou avaliação de segurança química.

SECÇÃO 16: OUTRAS INFORMAÇÕES

Legislação aplicável a ficha de dados de segurança:

Esta ficha de dados de segurança foi desenvolvida em conformidade com o ANEXO II - Guia para a elaboração de Fichas de Dados de Segurança do Regulamento (EC) Nº 1907/2006 (Regulamento (UE) Nº 2015/830)

Modificações relativas à ficha de segurança anterior que afectam as medidas de gestão de risco:

Não relevante

Textos das frases contempladas na secção 2:

H314: Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves.

H315: Provoca irritação cutânea.

H317: Pode provocar uma reacção alérgica cutânea.

H412: Nocivo para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.

H302+H312+H332: Nocivo por ingestão, contacto com a pele ou inalação.

Textos das frases contempladas na secção 3:

As frases indicadas não se referem ao produto em si, são apenas a título informativo e fazem referência aos componentes individuais que aparecem na secção 3

Regulamento nº1272/2008 (CLP):

Acute Tox. 4: H302+H312 - Nocivo por ingestão ou contacto com a pele.

Acute Tox. 4: H302+H312 - Nocivo por ingestão ou inalação.

Acute Tox. 4: H312 - Nocivo em contacto com a pele.

Aquatic Chronic 3: H412 - Nocivo para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.

Skin Corr. 1B: H314 - Provoca queimaduras na pele e lesões oculares graves.

Skin Sens. 1: H317 - Pode provocar uma reacção alérgica cutânea.

Procedimento de classificação:

Skin Corr. 1B: Método de cálculo

Eye Dam. 1: Método de cálculo

Skin Sens. 1: Método de cálculo

Aquatic Chronic 3: Método de cálculo

Acute Tox. 4: Método de cálculo

Conselhos relativos à formação:

Recomenda-se formação mínima em matéria de prevenção de riscos laborais ao pessoal que vai a manipular este produto, com a finalidade de facilitar a compreensão e a interpretação desta ficha de dados de segurança, bem como de etiqueta / rótulo do produto.

- CONTINUA NA PÁGINA SEGUINTE -

Emissão: 11/12/2020 Versão: 1

Página 12/13



Ficha de dados de segurança
conforme 1907/2006/CE (REACH), 2015/830/AE
EPOLIT RS 7720 B 100:25 DIAMOND



SECÇÃO 16: OUTRAS INFORMAÇÕES (continuação)

Principais fontes de literatura:

<http://echa.europa.eu>
<http://eur-lex.europa.eu>

Abreviaturas e acrónimos:

(ADR) Acordo Europeu relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada
(IMDG) Código Marítimo Internacional para o Transporte de Mercadorias Perigosas
(IATA) Associação Internacional de Transporte Aéreo
(ICAO) Organização de Aviação Civil Internacional
(DQC) Demanda Química de oxigénio
(DBO5) Demanda biológica de oxigénio aos 5 dias
(BCF) Fator de bioconcentração
(DL50) Dose letal para 50 % de uma população de teste (dose letal mediana)
(CL50) Concentração letal para 50 % de uma população de teste
(EC50) Concentração efetiva para 50 % de uma população de teste
(Log POW) logaritmo coeficiente partição octanol-água
(Koc) coeficiente de partição do carbono orgânico
(CAS) Número CAS (Chemical Abstracts Service)
(CMR) Carcinogénico, mutagénico ou tóxico para a reprodução
(DNEL) Nível derivado de exposição sem efeito (Derived No Effect Level)
(CE) Número EINECS e ELINCS (ver também EINECS e ELINCS)
(PBT) Substância Persistente, Bioacumulável e Tóxica
(PNEC) Concentração Previsivelmente Sem Efeitos (Predicted No Effect Concentration)
(EPI) Equipamento de proteção individual
(STOT) Toxicidade para órgãos-alvo específicos
(PvPvB) Persistente, bioacumulável e tóxico ou muito persistente e muito bioacumulável

As informações contidas nesta ficha são baseadas nos dados disponíveis no momento da publicação, e são prestadas de boa fé. Devido ao estado de evolução constante das informações científicas, não se pode garantir a atualidade e a exatidão das informações aqui apresentadas. A empresa não se responsabiliza por danos ou danos materiais decorrentes do uso das informações aqui apresentadas, em qualquer circunstância. O utilizador do produto deve sempre a seguir as instruções e equipamentos aplicáveis ao produto, à segurança, à higiene e à proteção do meio ambiente e do risco associado, e de efetuar suficiente ventilação e teste pessoal de eficácia. Os trabalhadores envolvidos e responsáveis pela área de segurança deverão ter acesso às informações contidas nesta ficha de forma a garantir a segurança no armazenamento, manuseamento e transporte deste produto.

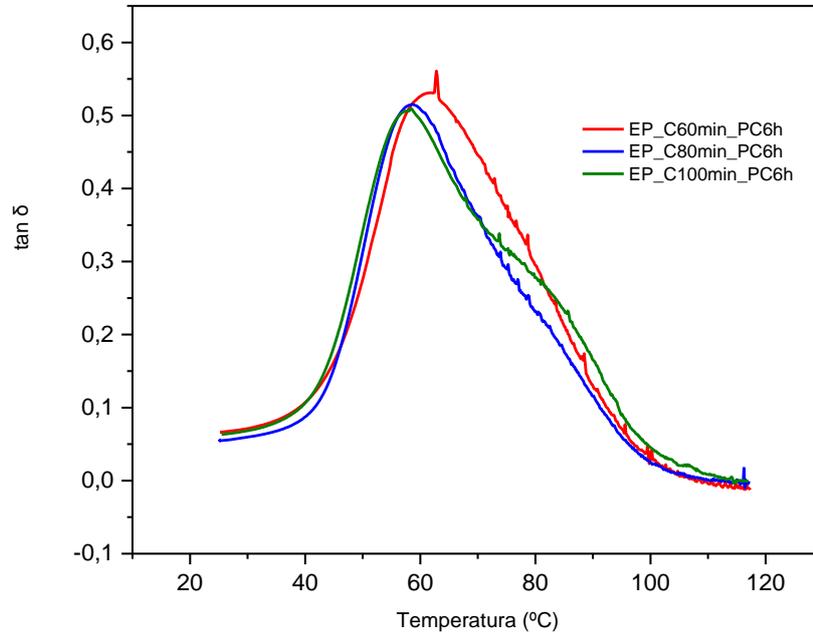
FIM DA FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA

Emissão: 11/12/2020 Versão: 1

Página 13/13

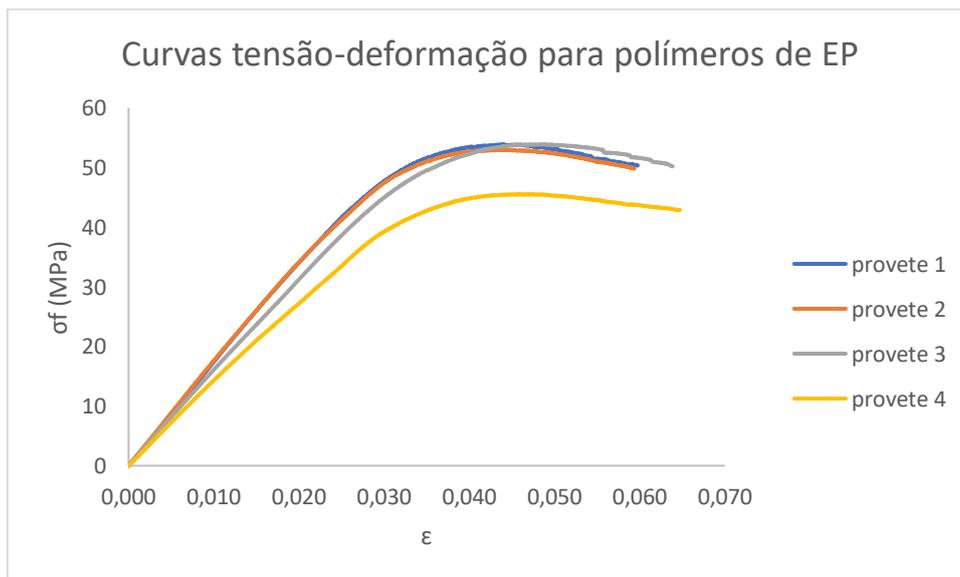
A.3 Cura e Pós-cura de Resina Epóxida

Ensaio de DMA realizado à resina epóxida para tempos de cura maiores (80min e 100 min) e para pós-cura de 6h.

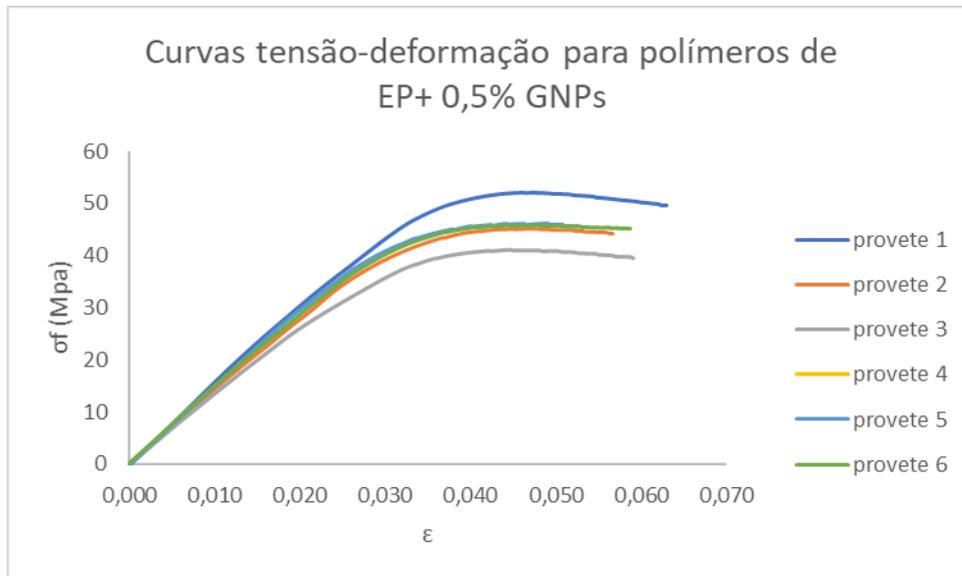


A.4 Curvas de tensão-deformação

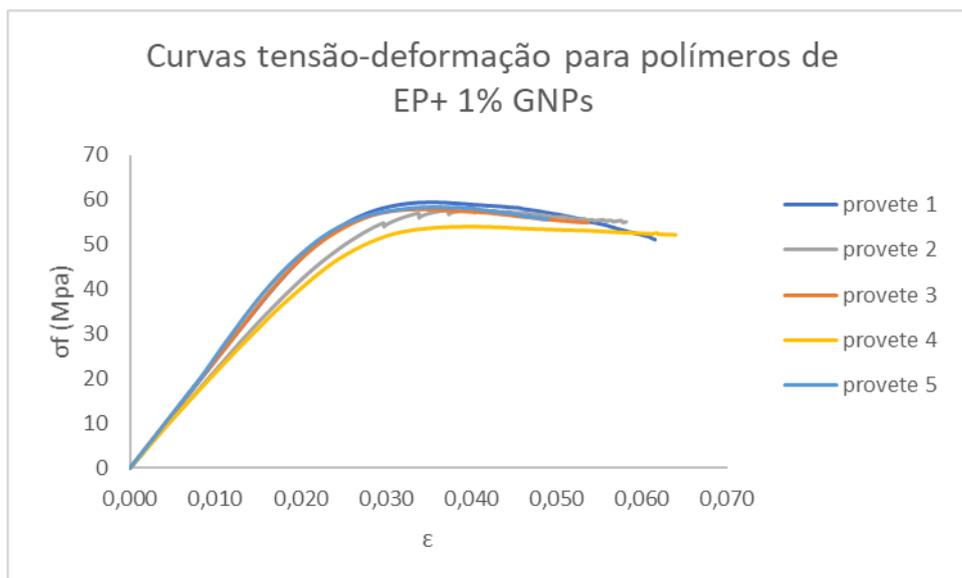
Curvas tensão deformação obtidas para provetes de resina EP resultantes dos ensaios de flexão a 3 pontos.



Curvas tensão deformação obtidas para provetes de resina EP com 0.5%GNPs resultantes dos ensaios de flexão a 3 pontos.



Curvas tensão deformação obtidas para provetes de resina EP com 1%GNPs resultantes dos ensaios de flexão a 3 pontos.



Curvas tensão deformação obtidas para provetes de resina EP com 3%GNPs resultantes dos ensaios de flexão a 3 pontos.

