

## Producto: Valorización de las características ambientales de las resinas naturales europeas: balance de carbono.

### Actividad: Estudio del balance de carbono de los productos derivados de las resinas naturales europeas.

#### Entregables:

- Estudio del balance de carbono de los productos derivados de las resinas naturales europeas.



[www.sust-forest.eu](http://www.sust-forest.eu)

SOCIOS | PATERNAIRES | PARCEIROS | PARTNERS





# CÁLCULO DA PEGADA DE CARBONO DA RESINA NATURAL EUROPEIA

## Relatório Final

25 de março, 2021



## ÍNDICE

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivo .....</b>	<b>1</b>
<b>3. Metodologia .....</b>	<b>2</b>
<b>3.1. Âmbito do Estudo .....</b>	<b>3</b>
<b>3.2. Fronteiras do Sistema .....</b>	<b>4</b>
<b>3.3. Unidade Funcional .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Dados Utilizados .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1. Dados Primários .....</b>	<b>8</b>
<b>4.2. Dados Secundários - Fatores de Emissão e de Conversão .....</b>	<b>10</b>
<b>5. Resultados .....</b>	<b>12</b>
<b>5.1. Pegada de carbono dos Produtos de Primeira Transformação .....</b>	<b>12</b>
<b>5.2. Indicadores de Emissões por Fase do Ciclo de Vida .....</b>	<b>13</b>
<b>5.3. Indicadores de Emissões por Tipo de Atividade .....</b>	<b>17</b>
<b>5.4. Outros Indicadores .....</b>	<b>18</b>
<b>6. Análise de Resultados .....</b>	<b>19</b>
<b>6.1. Comparação com CTO (Crude Tall Oil) .....</b>	<b>19</b>
<b>6.2. Análises de Sensibilidade .....</b>	<b>19</b>
<b>7. Conclusões .....</b>	<b>32</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1. MAPA DE PROCESSOS CONSIDERADO NO ESTUDO .....</b>	<b>5</b>
<b>FIGURA 2. PEGADA DE CARBONO DOS PRODUTOS DE PRIMEIRA TRANSFORMAÇÃO DE RESINA IBÉRICA. ....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 3. PEGADA DE CARBONO DA EXPLORAÇÃO DE RESINA NATURAL EM PORTUGAL E ESPANHA.....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 4. PEGADA DE CARBONO DA EXPLORAÇÃO DE RESINA POR OPERAÇÃO, EM PORTUGAL E ESPANHA.....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA 5. PEGADA DE CARBONO DA EXPLORAÇÃO DE RESINA POR TIPO DE ATIVIDADE, EM PORTUGAL E ESPANHA.....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA 6. PEGADA DE CARBONO DOS PRODUTOS DE PRIMEIRA TRANSFORMAÇÃO DE RESINA IBÉRICA. ....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 7. RESULTADOS DA AS1 – CONSUMO DE ELETRICIDADE RENOVÁVEL NAS INDÚSTRIAS.....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 8. RESULTADOS DA AS2A – DECRÉSCIMO EM 10% NA DISTÂNCIA PERCORRIDA DENTRO DA MATA E NO PERCURSO MATA-FÁBRICA.....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 9. RESULTADOS DA AS2B – ACRÉSCIMO EM 10% NA DISTÂNCIA PERCORRIDA DENTRO DA MATA E NO PERCURSO MATA-FÁBRICA.....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 10. RESULTADOS DA AS3 – ACRÉSCIMO EM 10% NA PRODUTIVIDADE UNITÁRIA (KG/BICA). ....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 11. RESULTADOS DA AS4 – ACRÉSCIMO EM 10% NA PRODUTIVIDADE (BICAS/HECTARE). 27</b>	
<b>FIGURA 12. RESULTADOS DA AS5 – CONVERSÃO DE POVOAMENTOS PARA REGENERAÇÃO NATURAL. ....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 13. RESULTADOS DA AS6 – VARIAÇÃO NO VALOR DA RESINA.....</b>	<b>30</b>



## ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1. Dados primários .....</b>	<b>9</b>
<b>Quadro 2. Dados secundários .....</b>	<b>10</b>
<b>Quadro 3. Repartição de emissões por fase.....</b>	<b>13</b>
<b>Quadro 4. Indicadores de emissão por tipo de atividade .....</b>	<b>17</b>
<b>Quadro 5. Indicadores de desempenho .....</b>	<b>18</b>
<b>Quadro 6. Repartição por fontes de energia.....</b>	<b>18</b>
<b>Quadro 7. Resultados da AS1 – Consumo de eletricidade renovável nas indústrias.....</b>	<b>19</b>
<b>Quadro 8. Resultados da AS2a – Decréscimo em 10% na distância percorrida dentro da mata e no percurso mata-fábrica.....</b>	<b>21</b>
<b>Quadro 9. Resultados da AS2b – Acréscimo em 10% na distância percorrida dentro da mata e no percurso mata-fábrica.....</b>	<b>23</b>
<b>Quadro 10. Resultados da AS3 – acréscimo de 10% na produtividade (kg/bica).....</b>	<b>24</b>
<b>Quadro 11. Resultados da AS4 – acréscimo de 10% na produtividade (bicas/hectare).....</b>	<b>26</b>
<b>Quadro 12. Resultados da AS5 – conversão de povoamentos para regeneração natural. ....</b>	<b>28</b>
<b>Quadro 13. Resultados da AS6 – variação no valor da resina.....</b>	<b>29</b>





## FICHA TÉCNICA

O presente trabalho foi elaborado pela AGRO.GES – Sociedade de Estudos e Projetos, durante o ano de 2020.

### Coordenação:

Francisco Avillez (coordenação científica)

Francisco Gomes da Silva

### Equipa Técnica:

Maria João Gaspar (coordenação técnica)

Nélia Aires

Ana Filipa Filipe

Dinis Marques

A Geoterra colaborou na recolha e tratamento prévio dos dados da fase de produção florestal e na recolha de dados nas unidades industriais.



## 1. Introdução

O presente estudo está integrado no âmbito da execução do projeto transnacional SustForest Plus - “Estratégia e redes de colaboração para a multifuncionalidade, a conservação e o emprego no território do sul da Europa através da extração da resina”, uma iniciativa cofinanciada pelo Programa Interreg Sudoe (Programa de Cooperação Inter-regional Sudoe da União Europeia) através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER). O principal desafio deste projeto é o estabelecimento de estratégias de longo prazo com vista à criação de redes estáveis de colaboração conjunta que cumpram os seguintes objetivos:

- Mobilizar o recurso resineiro europeu para abastecer de forma estável a indústria local;
- Melhorar a qualidade laboral dos trabalhadores resineiros, gerando assim emprego estável e de qualidade em zonas rurais do sudoeste europeu;
- Ampliar os mercados de produtos derivados mediante a valorização comercial e tecnológica da resina natural produzida nas florestas do sudoeste europeu como recurso sustentável social, económica e ambientalmente, no seio da nova bioeconomia impulsionada pela União Europeia.

Deste modo, como meio de cumprimento do terceiro objetivo descrito, foi estabelecido um plano para a promoção da resina natural europeia como produto tecnológico e sustentável, no qual uma das tarefas corresponde à determinação da pegada de carbono da resina natural europeia.

O presente documento constitui o relatório final da tarefa de determinação da pegada de carbono da resina europeia, dele constando a descrição da metodologia utilizada e os principais resultados obtidos pela sua aplicação.

## 2. Objetivo

O estudo teve como objetivo calcular a pegada de carbono (i.e. as emissões de gases com efeito de estufa – GEE – que ocorrem ao longo do respetivo ciclo de vida) associada à resina natural europeia, com a finalidade de destacar o seu valor ambiental em relação a produtos alternativos, em particular os derivados de Crude Tall-Oil (CTO) e do petróleo. O conhecimento fundamentado da pegada de carbono da resina natural europeia pelo cliente final, que é cada vez mais exigente em matéria de desempenho ambiental dos produtos que adquire, contribuirá para uma maior valorização do produto nos seus mercados de destino, o que se refletirá num aumento da rentabilidade da resinagem com a conseguinte expansão territorial.

A análise efetuada consistiu, em particular, no cálculo da pegada de carbono da resina natural europeia, utilizando uma abordagem de Análise de Ciclo de Vida (ACV), com vista ao estabelecimento de uma comparação com a pegada de carbono dos produtos de 1ª transformação de Crude Tall-Oil (CTO).

Para contextualizar a importância deste trabalho refira-se que no caso do Crude Tall-Oil (CTO), o cálculo da pegada de carbono permitiu fundamentar o seu melhor desempenho ambiental, quando comparado com produtos de origem fóssil, tendo este resultado sido utilizado para fundamentar estratégias de promoção do produto. Por outro lado, a inexistência de um valor de referência credível para a pegada do carbono dos produtos resultantes da primeira transformação das resinas naturais está a fragilizar a sua afirmação comercial na vertente ambiental, sendo que à partida



estes produtos terão um desempenho ambiental mais favorável do que o Crude Tall-Oil (CTO), uma vez que se trata de um produto obtido por tratamentos químicos integrados nos processos industriais da celulose de resinosas.

Este estudo pretende assim colmatar uma falha de informação relevante, que está a limitar a valorização das resinas naturais em termos ambientais, sendo um elemento essencial na Estratégia Europeia das Resinas Naturais.

### 3. Metodologia

O cálculo da pegada de carbono da resina natural Europeia utilizou como referencial metodológico a norma PAS 2050:2011 - Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services, que constitui uma metodologia de referência internacional para a determinação das emissões de carbono do ciclo de vida de produtos. Os requisitos deste referencial são compatíveis com os de outras metodologias também utilizadas para este tipo de análise, em particular The Greenhouse Gas Protocol Product Standard (2011) e a norma ISO 14067:2018 - Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification.

A análise utilizou uma perspetiva cradle-to-gate (também designada B2B - business to business), que engloba todas as atividades inerentes à extração/produção de matérias-primas e sua transformação, até à obtenção de um produto pronto para utilização, à saída da unidade transformadora. Esta abordagem é compatível com a utilizada na análise de ciclo de vida de produtos químicos destinados a posterior incorporação noutros produtos.

No caso da resina natural, foram contabilizadas as emissões de todos os GEE relevantes - expressas em dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), com base em valores de Potencial de Aquecimento Global (PAG) a 100 anos - associadas à:

- fase de exploração florestal (incluindo todos os consumos de energia em máquinas e equipamentos, utilização de consumíveis e transporte até à unidade de transformação);
- fase de primeira transformação, com vista à obtenção de dois produtos: colofónia e essência de terebentina (incluindo todos os consumos de energia e materiais, outputs não produtivos e co-produtos).

Uma vez que se pretende a obtenção de resultados representativos da resina natural Europeia, a metodologia implicou:

- para o processo de exploração florestal com vista à extração de resina natural - a parametrização de vários sistemas de produção florestal típicos dos países produtores de resina (Portugal e Espanha), sendo caracterizados para cada sistema as principais atividades de gestão e de exploração florestal e determinadas as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) associadas;
- para a primeira transformação da resina natural - a parametrização de duas unidades industriais representativas do processo de primeira transformação de resina (uma em Portugal e outra em Espanha), sendo identificadas as várias atividades e processos industriais com potencial de emissão de GEE.



O desenvolvimento dos trabalhos envolveu, para cada uma das fases do ciclo de vida atrás identificadas:

- o mapeamento de atividades, com a identificação dos inputs e outputs (energéticos e materiais) relevantes em termos de emissões;
- a tipificação de processos e o estabelecimento de pressupostos de cálculo;
- a identificação de fontes de informação para dados primários e secundários e a recolha e tratamento de dados;
- o cálculo de emissões de GEE.

### 3.1. Âmbito do Estudo

#### Abrangência Territorial

O presente estudo teve a seguinte abrangência territorial:

- Sistemas de Produção florestal – foi definido um itinerário tecnológico/conta de cultura representativo para Portugal e outro para Espanha:
  - Portugal – sistemas de produção típicos da zona centro do país;
  - Espanha – sistemas de produção típicos da zona de Segovia (Coca)
- Primeira transformação – foram analisados os processos industriais de uma unidade em Portugal e outra em Espanha:
  - Portugal – Costa & Irmãos – Resinas naturais e derivados;
  - Espanha – Luresa Resinas, S.L.

#### Âmbito Temporal

A análise efetuada teve como referência o ano de 2019.

Para a fase de exploração de resina em Portugal e Espanha foi considerado um modelo de exploração em cada um dos países, sendo que em Portugal o modelo de silvicultura considera um ciclo de exploração de 60 anos, enquanto em Espanha o modelo considera um ciclo de exploração de 100 anos. Assim, na fase de extração de resina, assumiu-se que em 2019 existiu sempre 1 hectare de povoamento florestal em cada um dos anos considerados no ciclo de exploração.

Para a fase de primeira transformação foram recolhidos dados de atividade das duas empresas consideradas, referentes ao ano de 2019.



### 3.2. Fronteiras do Sistema

Para a produção dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural foram identificadas quatro atividades principais, que integram as duas fases do ciclo de vida anteriormente descritas:

- Fase de exploração florestal:
  - Da plantação até à extração de resina e sua entrega nas fábricas de primeira transformação.
- Fase de primeira transformação:
  - Limpeza e extração inicial de impurezas;
  - Purificação adicional por filtragem e decantação;
  - Destilação da resina para obtenção dos produtos de 1ª transformação: colofónia e essência de terebentina (água rás)

Na figura seguinte mostra-se o esquema simplificado dos processos envolvidos.

## Pegada de Carbono de produtos de 1ª Transformação da Resina Natural | Mapas de processo

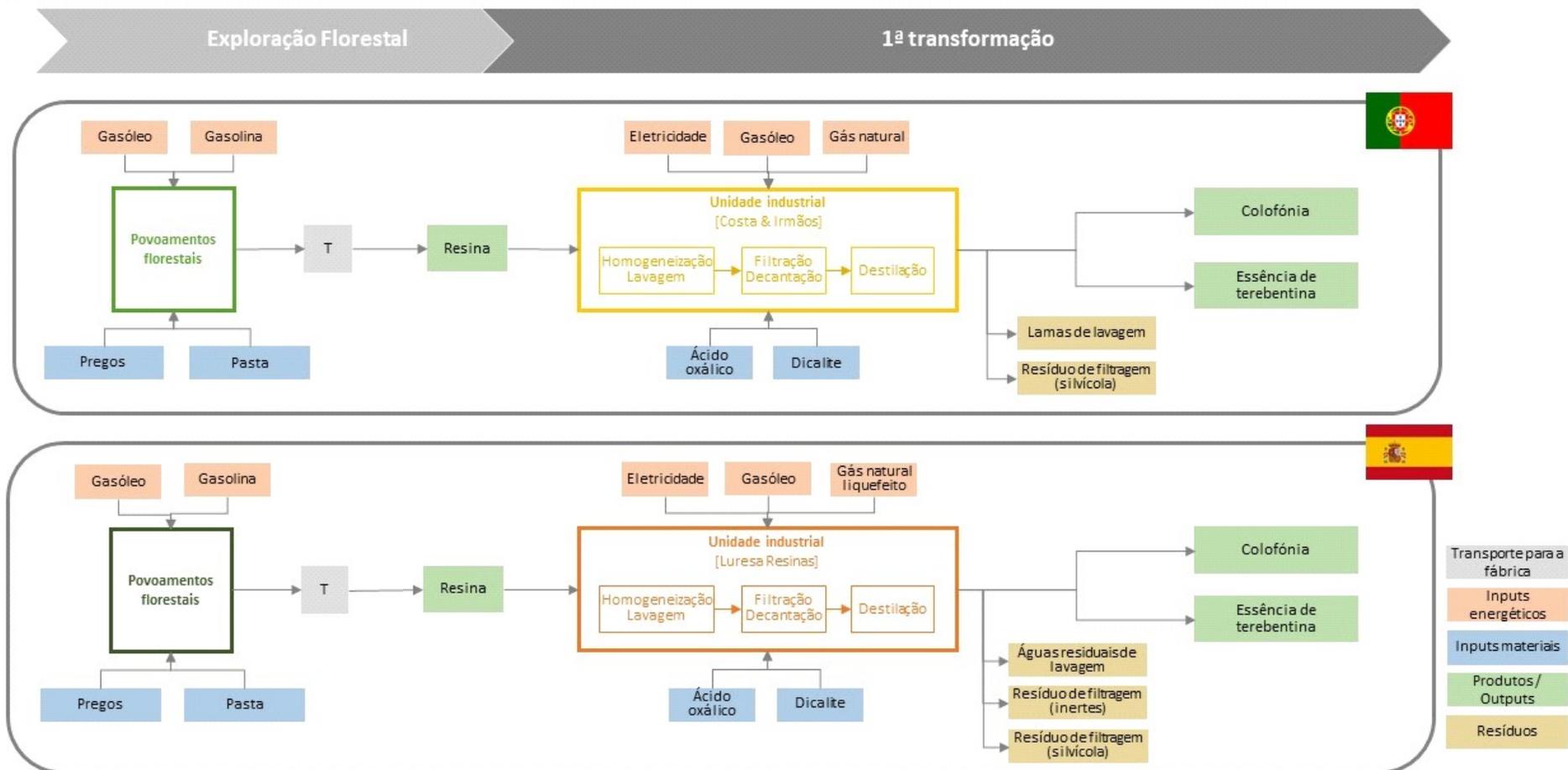


Figura 1. Mapa de processos considerado no estudo



### 3.3. Unidade Funcional

A unidade funcional da análise efetuada foi uma tonelada de produtos de primeira transformação da resina natural (colofónia e essência de terebentina), a granel, à saída da unidade transformadora.

### 3.4. Principais Pressupostos de Cálculo

O cálculo das emissões de carbono associadas ao ciclo de vida dos produtos da primeira transformação da resina natural assumiu os seguintes pressupostos:

#### Fase de Exploração Florestal

- A quantificação de emissões teve por base os dados operacionais associados à exploração de um hectare representativo de cada modelo de silvicultura considerado, em cada um dos anos do respetivo ciclo de exploração (60 anos em Portugal e 100 anos em Espanha);
- O total de emissões da fase de exploração foi obtido por hectare, resultando da soma das emissões associadas a todas as atividades desenvolvidas ao longo do ciclo de vida considerado, dividido pelo período do ciclo de exploração em cada modelo de silvicultura;
- A produção anual de resina por hectare resultou da soma do total de resina produzida em cada ano do ciclo de vida do povoamento, dividido pelo número total de anos considerados no modelo de silvicultura em questão;
- Foram contabilizadas emissões que ocorrem ao longo de todos os anos do ciclo de produção do povoamento florestal, incluindo aqueles em que não há produção de resina.

#### Fase de 1ª Transformação

- A quantificação de emissões teve por base os dados operacionais associados à atividade global, em 2019, das unidades de transformação consideradas representativas (uma em Portugal e uma em Espanha);
- O total de emissões da fase de 1ª transformação foi obtido, para cada uma das unidades, em valor absoluto, sendo posteriormente alocado a cada um dos co-produtos com base na proporção das receitas geradas (alocação económica);
- Sendo a unidade funcional uma tonelada de produto, a granel, assumiu-se que os consumos de energia reportados para a unidade em Portugal não incluem eventuais consumos em linhas de embalagem. No caso da unidade Espanhola, foram incluídos os consumos energéticos associados à fase designada por “Embalamento”, uma vez que esta corresponde, na sua maioria, à movimentação dos produtos a granel para depósitos existentes na unidade, o que se considera ser inerente à sua preparação para utilização posterior.



## Transporte

- O transporte da mão-de-obra necessária às várias operações de resinagem assumiu, para Portugal e Espanha, uma distância média de 50 km por dia (40 km ida-e-volta até à mata e 10 km na mata), percorrida por um veículo ligeiro de passageiros (pickup) transportando quatro pessoas;
- O transporte de resina até à fábrica assumiu uma distância média de 300 km (ida-e-volta) para Portugal e 100 km (ida e volta) para Espanha. Foram consideradas cargas completas de 10 000 kg de resina, em veículos pesados de mercadorias com capacidade adequada a esta carga total, com regresso em vazio.

## Remoções de carbono

- De acordo com os modelos de silvicultura considerados, não se verificam alterações de uso do solo durante o período de exploração florestal que, em ambos os casos, é superior a 20 anos. Assim, em linha com os requisitos da norma PAS 2050:2011, não foram contabilizadas emissões ou remoções de carbono associadas a alterações de uso do solo;
- Da mesma forma, e igualmente em linha com os requisitos PAS 2050: 2011, não foram contabilizadas alterações no stock de carbono no solo ou remoções associadas a acréscimos de biomassa viva nos povoamentos florestais;
- O período de retenção de carbono nos produtos da 1ª transformação da resina natural depende da sua futura utilização e do fim de vida dos produtos em que vierem a ser incorporados. Atendendo a que a fase de utilização e fim de vida está excluída da análise cradle-to gate que constitui o objeto do presente estudo, não foram contabilizadas remoções de carbono associadas à sua retenção nos produtos. Trata-se de uma opção conservadora, uma vez que a contabilização, ainda que parcial, de carbono retido nos produtos, reduziria a pegada de carbono dos mesmos.

## Regras de Alocação

- Na fase de exploração florestal, as emissões associadas às operações de resinagem foram integralmente alocadas à resina e as operações de exploração de madeira integralmente alocadas à madeira. Nas operações comuns aos dois produtos (plantação e condução/desmatação), não sendo possível a desagregação em processos independentes, foi feita uma alocação económica de emissões com base na proporção do valor de receita dos produtos florestais obtidos (madeira e resina) num ciclo de produção de 60 anos (em Portugal) e de 100 anos (em Espanha), atualizados ao ano zero.
- Na fase de 1ª transformação, não sendo possível a desagregação de qualquer das atividades em processos independentes, foi feita uma alocação económica de emissões entre os diferentes co-produtos (colofónia e essência de terebentina), baseada na proporção das receitas geradas. Para a colofónia e essência de terebentina foram considerados preços médios de venda, idênticos para Portugal e Espanha, nos últimos quatro anos, de modo a diluir alguns aspetos de desregulação de mercado verificados recentemente.



## Exclusões

### Fase de exploração florestal

- Operações de corte e desbastes - uma vez que são intervenções exclusivamente associadas à exploração de madeira;
- Produção de materiais com vida útil superior a um ano - de acordo com os requisitos PAS 2050:2011 não devem ser considerados consumíveis (púcaros de plástico - 3 anos e chapas galvanizadas - 5 anos);
- Transporte de consumíveis (pasta de aço sulfúrico e pregos de aço) desde o fornecedor até ao povoamento - considerado imaterial atendendo às reduzidas quantidades envolvidas;
- No caso da pasta, foram contabilizadas apenas as emissões associadas à produção de ácido sulfúrico (40% da composição). Foram excluídas as emissões associadas à extração e tratamento da água (20%), que são consideradas imateriais devido às reduzidas quantidades e ao facto da água não ser obrigatoriamente tratada; e as emissões associadas à produção de serrim (40%) igualmente imateriais devido às quantidades utilizadas e ao facto de poder ser considerado um produto gerado no próprio povoamento.

### Fase de 1ª transformação

- Captação e tratamento de água utilizada nas lavagens - considerado imaterial atendendo a que a água não é necessariamente tratada e não é incorporada no produto. O tratamento das águas residuais e lamas de lavagem resultantes do processo está incluído;
- Transporte de consumíveis (ácido oxálico e dicalite) desde o fornecedor até à fábrica - considerado imaterial atendendo às reduzidas quantidades envolvidas;
- Transporte de resíduos até às unidades de tratamento/deposição - considerado imaterial.

## 4. Dados Utilizados

### 4.1. Dados Primários

Para a fase de exploração florestal, foram estabelecidos dois itinerários tecnológicos/contas de cultura, parametrizados e representativos dos principais sistemas de produção florestal mais característicos de Portugal e de Espanha. Cada itinerário tecnológico considerado pretendeu identificar com o máximo detalhe o conjunto de operações de gestão florestal frequentemente aplicáveis nos povoamentos de pinheiro bravo em Portugal e Espanha, com vista à exploração de resina natural.

Uma vez identificadas as contas de cultura representativas para a gestão de povoamentos de pinheiro bravo em Portugal e Espanha, foram recolhidos dados operacionais com vista à contabilização das emissões resultantes.

Para a fase de 1ª transformação foram recolhidos, para cada unidade industrial considerada como referencial, dados de operacionais relativos ao ano de 2019.



## Quadro 1. Dados primários

	Fonte
<b>Exploração florestal</b>	
<p>Tipificação das máquinas e equipamentos utilizados para as várias operações mecânicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantação – desmatção, ripagem, gradagem e abertura de covas</li> <li>• Manutenção – retanchar, desmatção (mecânica e motomanual), correção de densidades/desramação</li> <li>• Resinagem – transporte na mata, resinagem e transporte para a fábrica</li> </ul>	<p>Portugal e Espanha – GeoTerra. Resultados obtidos por entrevista a resineiros e empresas de exploração florestal, a partir de 2012 no âmbito de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• projetos SustForest e SustForest Plus;</li> <li>• apoio à gestão florestal na ZIF de Seiça Ourém.</li> </ul> <p>Os dados obtidos foram compilados e tratados numa estrutura de conta de cultura criada pela Geoterra em 1995.</p>
Especificações das máquinas e equipamentos considerados, nomeadamente, tipo de combustível utilizado (gasóleo, gasolina, outros)	
Identificação dos materiais utilizados na fase de exploração florestal e sua quantificação	
Quantidade de resina explorada por ano (kg por hectare)	
Tipificação dos camiões utilizados no transporte da matéria-prima até às unidades de primeira transformação (tipo e capacidade de carga do veículo).	
<b>1ª transformação</b>	
Quantidade total de resina processada (kg)	<p>Portugal – Costa &amp; Irmãos – Resinas naturais e derivados;</p> <p>Espanha – Luresa Resinas, S.L.</p>
Quantidade total de cada um dos produtos de primeira transformação (colofónia e essência de terebentina) produzida (kg)	
Quantidade total de sub-produtos com valor económico, com respetiva discriminação (kg e eur).	
Resíduos produzidos, com a discriminação por tipo de resíduo e respetivo destino final (kg)	
Consumo total de eletricidade (kWh) e indicação do respetivo fornecedor	
Consumo total de combustíveis fósseis, desagregado por tipo de combustível (gasóleo, gasolina, gás natural, gás propano) (litros, m3, kg)	
Consumo de produtos necessários à primeira transformação (ácido oxálico e dicalite) (kg)	



## 4.2. Dados Secundários - Fatores de Emissão e de Conversão

Para a fase de exploração florestal foram utilizados valores de consumo médio de combustível, representativos das operações de resinagem na fase de exploração florestal obtidos com base em inquéritos realizados. As distâncias médias de transporte (mão-de-obra na mata e resina para a fábrica) foram igualmente obtidos com base nos resultados de inquéritos efetuados a empresas de exploração e a indústrias de primeira transformação de resina. Estes inquéritos foram realizados no âmbito dos projetos SustForest e SustForest Plus, e no âmbito da implementação de ações de apoio à gestão florestal na ZIF de Seiça Ourém, da qual a empresa GEOTERRA foi beneficiária.

Quer para a fase de exploração florestal, quer para a fase de 1ª transformação, as emissões de GEE foram calculadas por aplicação de fatores de emissão – bem como de outros fatores de conversão, designadamente densidade e conteúdo energético de combustíveis – publicados em fontes de referências identificadas no quadro seguinte.

Quadro 2. Dados secundários

	Fonte
<b>Exploração florestal</b>	
Consumos médios de combustível (L/h e L/km) para máquinas agrícolas e tratores	Geoterra - Resultados obtidos por entrevista a resinheiros e empresas de exploração florestal, e indústrias de 1ª transformação a partir de 2012 no âmbito de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• projetos SustForest e SustForest Plus;</li> <li>• apoio à gestão florestal na ZIF de Seiça Ourém.</li> </ul> Os dados obtidos foram compilados e tratados numa estrutura de conta de cultura utilizada pela Geoterra criada em 1995 no âmbito do apoio técnico a explorações agrícolas e florestais.
Consumos médios de combustível (L/km) para veículos utilizados no transporte de mão-de-obra na mata e no transporte de resina para as fábricas	
Distância média percorrida no transporte de mão-de-obra na mata (km/dia)	
Distância média percorrida no transporte de resina para a fábrica (km)	Informação calculada a partir de dados fornecidos pelas unidades de 1º de transformação.
Densidade e poder calorífico inferior de combustíveis (gasolina e gasóleo)	Direção-Geral de Energia Portuguesa – Balanço Energético. Assumidos valores idênticos para Portugal e Espanha.
Fatores de emissão para combustão de gasolina e gasóleo em tratores, máquinas agrícolas e veículos rodoviários (ligeiros de mercadorias e pesados de mercadorias)	Agência Portuguesa do Ambiente – Inventário Nacional de Emissões. Assumidos valores idênticos para Portugal e Espanha.
Fatores de emissão de ciclo de vida para produção de ácido sulfúrico e aço	Carbon Trust – Carbon Footprint Expert v4.1 Reference Database.
<b>1ª transformação</b>	



	<b>Fonte</b>
Fatores de emissão para combustão fixa de gasóleo e gás natural na indústria	Agência Portuguesa do Ambiente – Inventário Nacional de Emissões. Assumidos valores idênticos para Portugal e Espanha.
Fator de emissão da eletricidade fornecida pela Endesa Portugal à unidade da Costa & Irmãos (Portugal)	Endesa Portugal – Origem da Energia Valores para 2018 (mais recentes disponíveis à data de cálculo)
Fator de emissão da eletricidade fornecida pela EDP à unidade da Luresa (Espanha)	Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia - Mezcla de comercialización año 2019 Valor médio EDP Comercializadora S.A.U. e EDP Energía S.A.U. para 2019.
Fator de emissão de ciclo de vida para produção de ácido oxálico	Raibeck, 2008 - Environmental Analysis of Biologically Inspired Self-Cleaning Surfaces (a partir de Ecoinvent).
Fator de emissão de ciclo de vida para produção de dicalite	Carbon Trust – Carbon Footprint Expert v4.1 Reference Database. Valor para perlite natural (silicato amorfo)
Fator de emissão para deposição em aterro de lamas de lavagem	Defra - GHG Conversion Factors for Company Reporting Valor para resíduos genéricos do comércio e indústria.
Fator de emissão para deposição em aterro de resíduos inertes	Defra - GHG Conversion Factors for Company Reporting Valor para resíduos inertes de construção. Assumidos valores idênticos para Portugal e Espanha.
Fator de emissão para deposição em aterro de resíduos silvícolas	Defra - GHG Conversion Factors for Company Reporting Valor para resíduos de madeira.
Fator de emissão para compostagem de resíduos silvícolas	Defra - GHG Conversion Factors for Company Reporting Valor para resíduos de madeira.
Fator de emissão para tratamento de águas residuais de lavagem	Defra - GHG Conversion Factors for Company Reporting Valor genérico para tratamento de águas residuais.

## 5. Resultados

Apresentam-se de seguida os resultados obtidos na quantificação da pegada de carbono da resina natural nas duas fases consideradas: exploração florestal e primeira transformação.

### 5.1. Pegada de carbono dos Produtos de Primeira Transformação

A Pegada de Carbono dos Produtos de Primeira Transformação de Resina expressa em kg CO<sub>2</sub>e / kg de produto foi de:

Para Portugal:

- 0,314 kg CO<sub>2</sub>e / kg de colofónia
- 0,503 kg CO<sub>2</sub>e / kg de terebentina

Para Espanha:

- 0,213 kg CO<sub>2</sub>e / kg de colofónia
- 0,341 kg CO<sub>2</sub>e / kg de terebentina

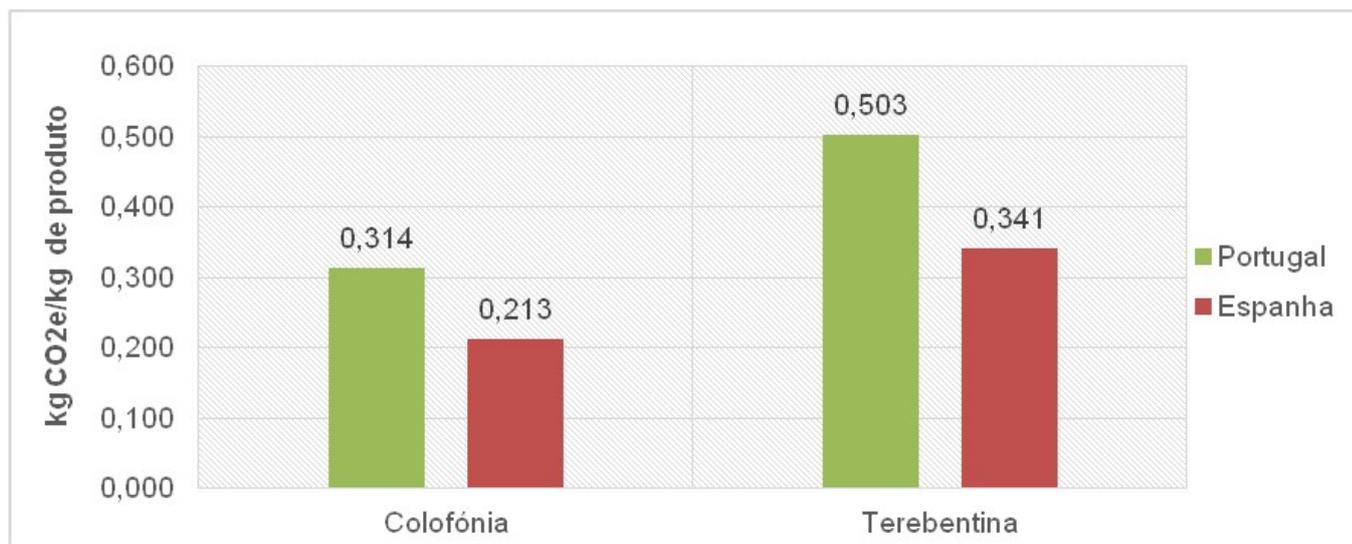


Figura 2. Pegada de Carbono dos produtos de primeira transformação de resina ibérica.

Uma primeira análise aos resultados apresentados permite aferir que no contexto ibérico, a pegada de carbono dos produtos de primeira transformação de resina em Portugal é cerca de 32% superior à pegada de carbono dos mesmos produtos em Espanha.

## 5.2. Indicadores de Emissões por Fase do Ciclo de Vida

### Repartição de Emissões por Fase

A repartição de emissões por fase do ciclo de vida consideradas é apresentada no quadro seguinte:

Quadro 3. Repartição de emissões por fase

	PORTUGAL		ESPANHA	
	(kg CO2e/kg)	%	(kg CO2e/kg)	%
<b>Colofónia</b>	<b>0,314</b>		<b>0,213</b>	
<b>Fase exploração</b>	0,104	32%	0,048	22%
<b>Fase 1ª transformação</b>	0,211	68%	0,166	78%
<b>Terebentina</b>	<b>0,503</b>		<b>0,341</b>	
<b>Fase exploração</b>	0,166	32%	0,076	22%
<b>Fase 1ª transformação</b>	0,337	68%	0,265	78%

Em Portugal, 33% da pegada de carbono dos produtos de primeira transformação de resina natural é atribuída à fase de exploração florestal (extração da resina), sendo 67% atribuído às operações de primeira transformação. Em Espanha, o peso da fase de exploração florestal reduz-se para 22%, em resultado da menor intensidade carbónica do modelo de silvicultura, sendo os restantes 78% atribuídos às atividades de primeira transformação.

### Fase de Exploração - Resina

Relativamente à pegada de carbono associada à exploração de resina natural (na fase de exploração florestal), foram obtidos os seguintes resultados:

- 0,105 kg CO2e /kg de resina em Portugal
- 0,047 kg CO2e /kg de resina em Espanha

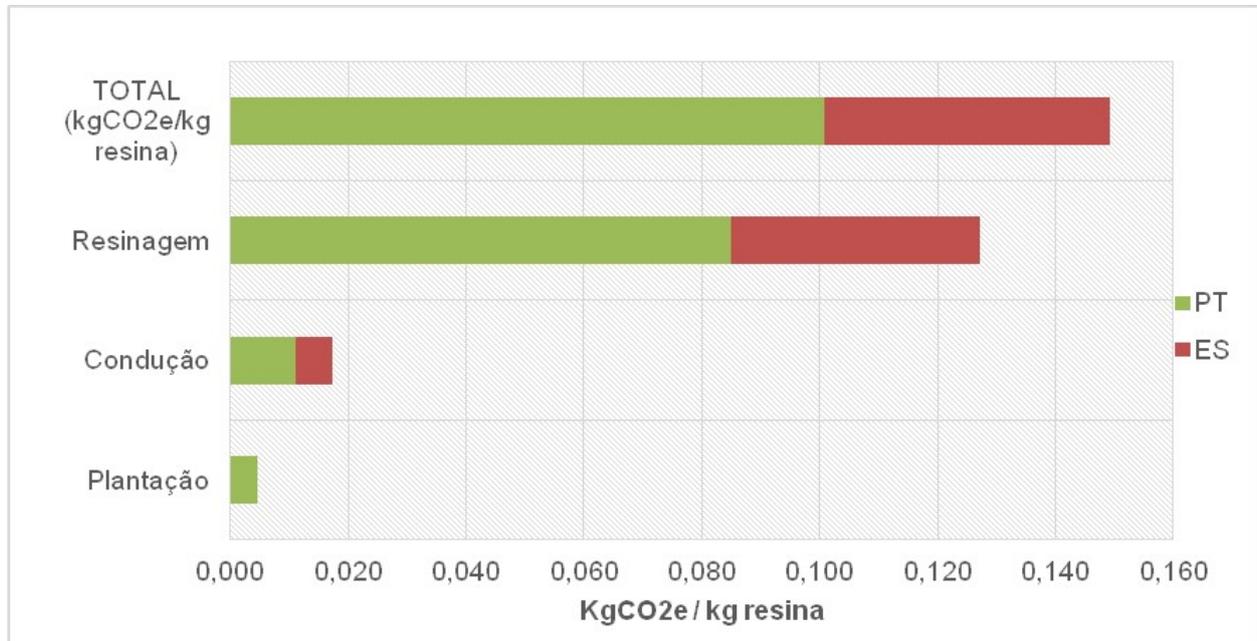


**Figura 3. Pegada de carbono da exploração de resina natural em Portugal e Espanha.**

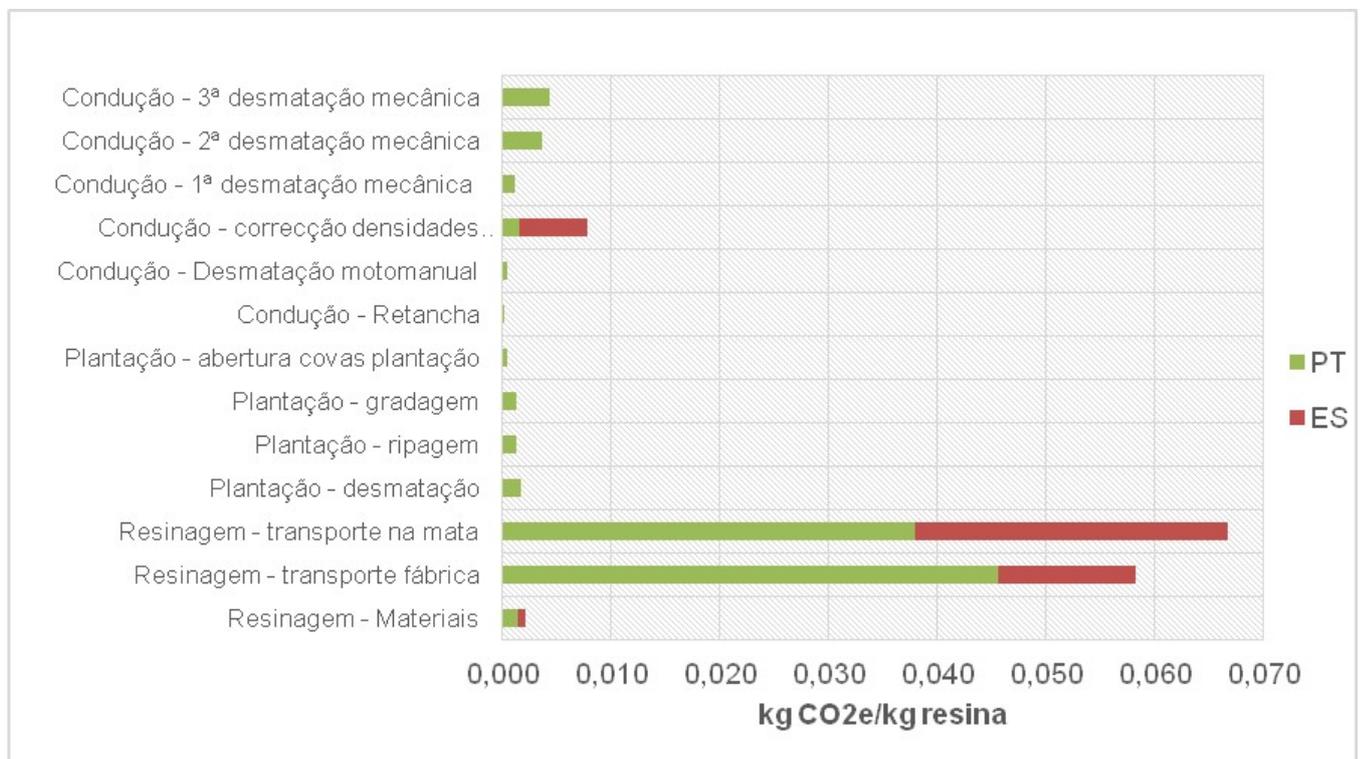
A exploração de resina em Portugal apresenta uma pegada de carbono cerca de **121%** superior à pegada de carbono calculada para a exploração de resina em povoamentos espanhóis. São várias as razões que justificam este resultado:

- A consideração de operações de plantação na conta de cultura assumida para Portugal. A exploração de povoamentos de pinheiro para extração de resina em Portugal resulta, na maioria de plantações, de regeneração artificial, ao contrário do modelo de silvicultura espanhol onde a regeneração de povoamentos é resultante de regeneração natural e, conseqüentemente, sem operações associadas à fase de plantação;
- Um menor número de operações de condução dos povoamentos no modelo de silvicultura espanhol, face o modelo português, nomeadamente nas idades anteriores à exploração de resina;
- Um maior período de exploração de resina em Portugal face ao modelo espanhol - a idade de início de exploração de resina em Portugal é de 25 anos, e no caso do modelo de Espanha é de 50 anos; o termo de exploração de resina em Portugal ocorre aos 60 anos e no caso de Espanha ocorre aos 76 anos. Esta diferença leva a que em Portugal seja considerado um período de resinagem de 35 anos enquanto em Espanha este período é de 26 anos. Assim, o valor de emissões de CO2e na atividade de resinagem é superior no modelo de silvicultura assumido para Portugal comparativamente ao modelo de silvicultura estabelecido para Espanha.
- Uma menor exploração de bicas por hectare anualmente em Espanha comparativamente com Portugal (em Espanha são usados púcaros maiores) que se traduz num menor consumo de combustível no transporte dentro da mata. Por outro lado, no transporte para a fábrica, foi assumida uma distância média de 50 km em Espanha e de 150 km em Portugal, pelo que as emissões associadas à operação de resinagem são, na globalidade, maiores em Portugal do que em Espanha.

Nos gráficos seguintes mostra-se o impacto das várias operações associadas à fase de exploração florestal em termos de pegada de carbono (kg CO<sub>2</sub>e/kg de resina produzida), evidenciando assim as diferenças identificadas entre Portugal e Espanha.



**Figura 4. Pegada de carbono da exploração de resina por operação, em Portugal e Espanha.**



**Figura 5. Pegada de carbono da exploração de resina por tipo de atividade, em Portugal e Espanha.**

## Fase de 1ª Transformação

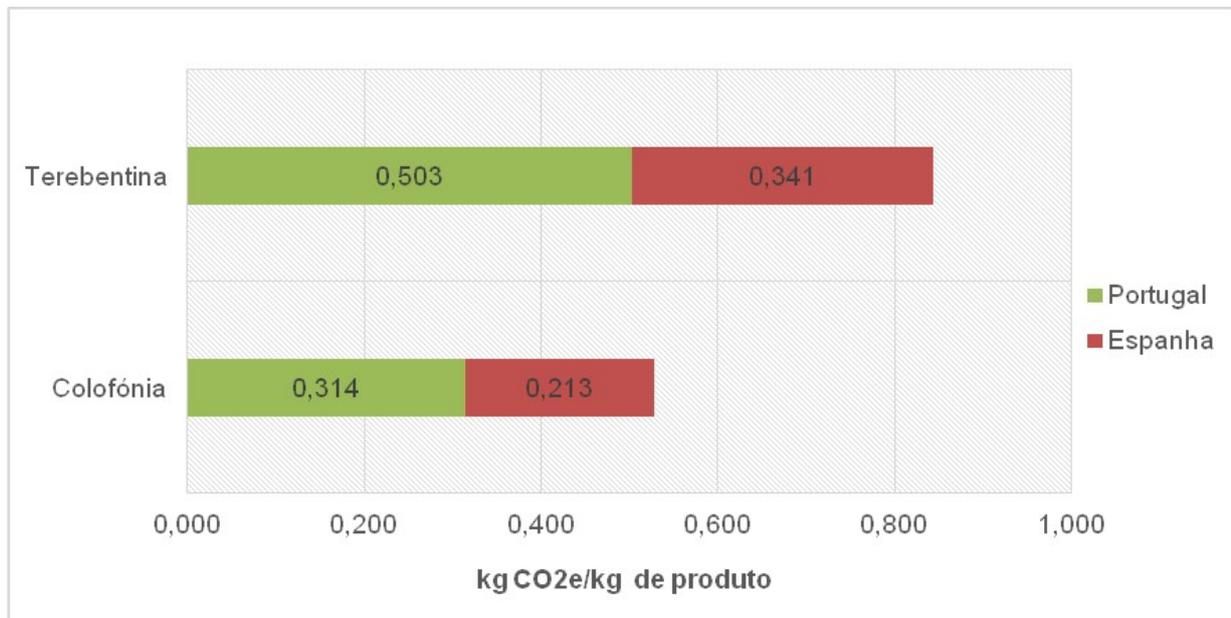
Para a fase de primeira transformação da resina natural, foram obtidos os seguintes resultados, por produto:

Colofónia:

- 0,314 kg CO<sub>2</sub>e /kg de produto em Portugal
- 0,213 kg CO<sub>2</sub>e /kg de produto em Espanha

Essência de terebentina:

- 0,503 kg CO<sub>2</sub>e /kg de produto em Portugal
- 0,341 kg CO<sub>2</sub>e /kg de produto em Espanha



**Figura 6. Pegada de Carbono dos produtos de primeira transformação de resina ibérica.**

A maior intensidade carbónica, na fase de transformação, da terebentina em relação à colofónia (+60%) deve-se exclusivamente ao método de alocação de emissões adotado para esta fase do ciclo de vida; sendo os dois produtos produzidos em simultâneo num processo industrial único, as emissões de GEE foram alocadas em função da proporção de receita gerada, o que penaliza a essência de terebentina que, no período de quatro anos considerado, teve um preço médio de venda (€/t) 60% superior ao da colofónia.

A fase de transformação apresenta, em Espanha, uma intensidade carbónica cerca de 20% inferior à de Portugal. Este resultando deve-se, essencialmente:

- À maior eficiência energética global da unidade Espanhola (0,784 kWh/kg resina processada) em relação à fábrica em Portugal (0,822 kWh/kg resina processada);

- À diferente repartição de fontes de energia utilizadas: em Portugal, 91% (kWh/kWh) da energia consumida é proveniente de gás natural, sendo a eletricidade responsável por 6% e o gasóleo por 3%. Em Espanha, o peso da eletricidade sobe para 13%, representando o gás natural 86% e o gasóleo menos de 1%. Uma vez que o fator de emissão do comercializador de eletricidade da unidade Espanhola é cerca de 50% inferior ao da unidade Portuguesa, intensidade carbónica global da energia consumida em Espanha (0,201 kg CO<sub>2</sub>e/kWh) é cerca de 8% menor do que em Portugal (0,218 kg CO<sub>2</sub>e/kWh);
- Às diferentes opções de gestão de resíduos: em Espanha, os resíduos silvícolas da fase de filtragem (resíduos de descasque de madeira) são valorizados em processos de compostagem. Em Portugal, segundo a informação disponibilizada, são enviados para aterro. As emissões mais elevadas associadas à segunda opção, fazem com que as emissões do tratamento de resíduos sejam superiores em Portugal, onde representa, 10% do total de emissões da fase de transformação, contra apenas 1% em Espanha.

### 5.3. Indicadores de Emissões por Tipo de Atividade

Os indicadores de emissão por tipo de atividade, para Portugal e Espanha, mostram-se de seguida:

Quadro 4. Indicadores de emissão por tipo de atividade

	PORTUGAL		ESPANHA	
	(kg CO <sub>2</sub> e/kg)	%	(kg CO <sub>2</sub> e/kg)	%
<b>Resina</b>	<b>0,105</b>		<b>0,047</b>	
<b>Combustível dos tratores e máquinas</b>	0,016	15%	0,005	11%
<b>Consumíveis</b>	0,001	1%	0,001	2%
<b>Transportes</b>	0,088	84%	0,041	87%
<b>Colofónia</b>	<b>0,314</b>		<b>0,213</b>	
<b>Matéria-prima</b>	0,104	33%	0,048	22%
<b>Energia</b>	0,177	56%	0,158	74%
<b>Consumíveis</b>	0,001	0%	0,005	2%
<b>Tratamento de Resíduos</b>	0,032	10%	0,002	1%
<b>Terebentina</b>	<b>0,503</b>		<b>0,341</b>	
<b>Matéria-prima</b>	0,166	33%	0,076	22%
<b>Energia</b>	0,284	56%	0,254	74%
<b>Consumíveis</b>	0,002	0%	0,008	2%
<b>Tratamento de Resíduos</b>	0,052	10%	0,003	1%

Como se pode observar, a pegada de carbono associada à exploração de resina deve-se maioritariamente à atividade de transportes (84% em Portugal e 87% em Espanha).

Relativamente à pegada de carbono associada aos produtos de primeira transformação, a atividade que mais contribui para o seu valor relaciona-se com o consumo de energia (56% em Portugal e 74% em Espanha), seguindo-se a componente afeta à exploração da matéria-prima (resina). De destacar que as atividades relacionadas com o tratamento de resíduos apresentam um impacto

muito mais significativo em Portugal (10% da pegada de carbono) do que em Espanha (apenas 1% da pegada de carbono dos produtos de primeira transformação).

## 5.4. Outros Indicadores

### Indicadores de Desempenho

Apresentam-se de seguida outros indicadores de desempenho associados às fases da cadeia de valor consideradas neste estudo.

**Quadro 5. Indicadores de desempenho**

	Portugal	Espanha
<b>Exploração Florestal</b>		
Combustível de tratores e máquinas (L/kg resina)	0,006	0,002
Transportes (L/kg resina)	0,062	0,016
<b>1ª Transformação</b>		
<b>Eficiência na transformação</b>		
Colofónia (kg produto / kg resina)	0,741	0,737
Terebentina (kg produto / kg resina)	0,168	0,187
<b>Eficiência energética</b>		
Energia Total (kWh / kg resina processada)	0,822	0,784

Em termos de eficiência energética das indústrias de primeira transformação, mostra-se no quadro seguinte a repartição da energia consumida por fontes de energia em Portugal e Espanha.

**Quadro 6. Repartição por fontes de energia**

Repartição por fontes de energia	Portugal		Espanha	
	kWh	%	kWh	%
Eletricidade	136 330	6%	297 621	13%
Gás natural	2 110 943	91%	2 006 220	87%
Gasóleo	79 585	3%	14 295	1%

Os resultados apresentados mostram que a exploração florestal em Espanha apresenta indicadores de desempenho mais eficientes comparativamente com Portugal, com menores consumos de combustível por quilograma de resina explorada quer ao nível das máquinas e tratores, quer ao nível dos transportes.

No âmbito da primeira transformação os indicadores de desempenho são mais próximos entre Portugal e Espanha, apesar do nível de eficiência energética ser mais positivo em Espanha do que em Portugal. Isto significa que a indústria da primeira transformação de resina em Portugal é menos eficiente energeticamente face a indústria de primeira transformação espanhola, uma vez que há um maior consumo de energia (sobretudo de gás natural) para o processamento da mesma

quantidade de resina, para além de que a energia utilizada na indústria portuguesa apresenta fatores de emissão mais elevados (ou seja, é utilizada uma fonte de energia com maiores emissões de CO<sub>2</sub>).

## 6. Análise de Resultados

### 6.1. Comparação com CTO (Crude Tall Oil)

De acordo com o trabalho de Cashman, S. A., K. M. Moran, and A. G. Gaglione (2015) Greenhouse gas and energy life cycle assessment of pine chemicals derived from crude tall oil and their substitutes, a pegada de carbono resultante da destilação de 1 tonelada de CTO (Crude Tall Oil) na Europa é de 740 kgCO<sub>2</sub>e/ton CTO, o que equivale a 0,74 kg CO<sub>2</sub>e/kg CTO.

Comparando este dado com os resultados obtidos no presente estudo, verifica-se que a pegada de carbono dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural na Península Ibérica é inferior à determinada para os derivados de CTO na Europa: 0,349 kg CO<sub>2</sub>e/kg produto para Portugal; 0,239 kgCO<sub>2</sub>e/kg de produto para Espanha

Deste modo, a pegada de carbono dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural em Portugal equivale a 47% da pegada de carbono resultante da destilação de 1 tonelada de CTO (Crude Tall Oil) na Europa, sendo que em Espanha a pegada de carbono dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural valor corresponde a 32% desse valor.

### 6.2. Análises de Sensibilidade

#### AS1 - Consumo de eletricidade renovável nas unidades industriais

Na primeira análise de sensibilidade, assumiu-se a opção de aquisição de 100% de eletricidade com certificação de origem renovável nas unidades industriais de primeira transformação de resina, i.e. o consumo de eletricidade com conteúdo carbónico nulo.

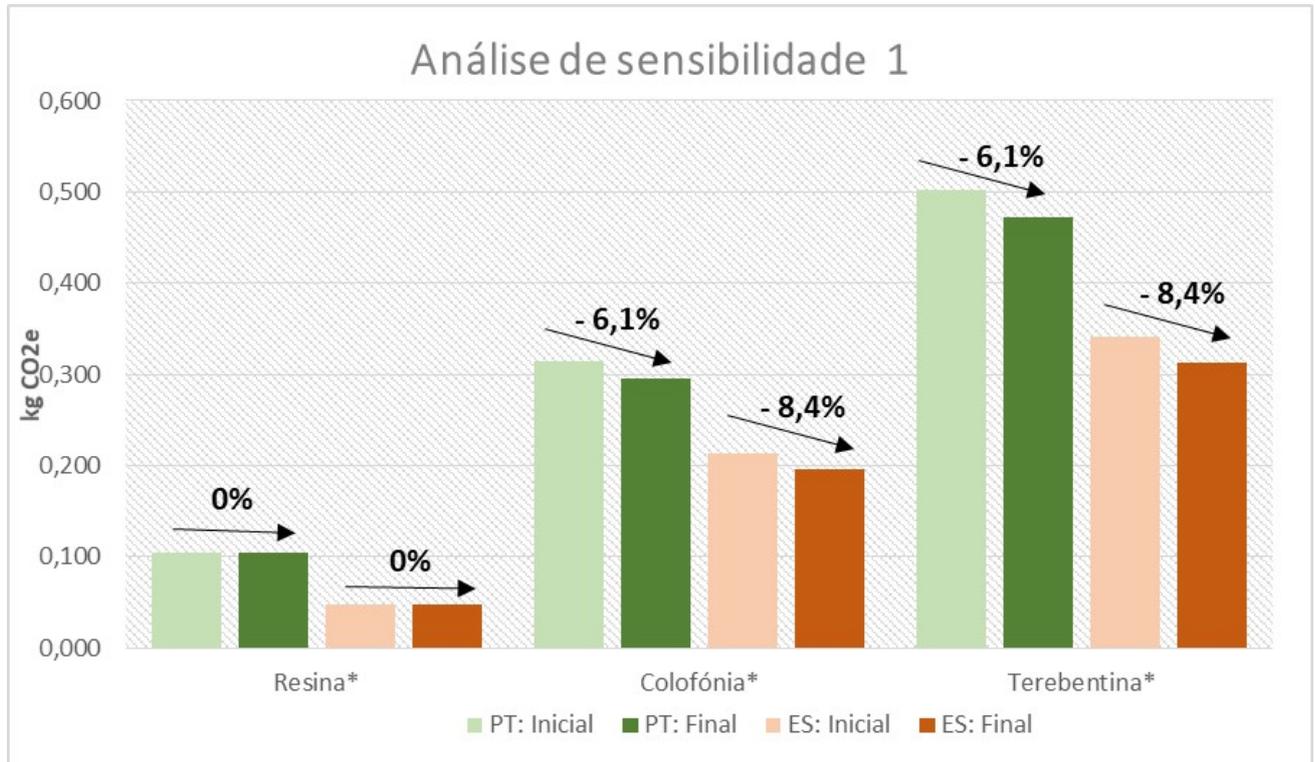
Os resultados são apresentados no quadro seguinte.

**Quadro 7. Resultados da AS1 – Consumo de eletricidade renovável nas indústrias.**

	PT: Inicial	ES: Inicial	PT: Final	ES: Final	PT	ES	% PT	% ES
<b>Resina*</b>	0,105	0,047	0,105	0,047	0,000	0,000	0,0%	0,0%
<b>Colofónia*</b>	0,314	0,213	0,295	0,195	-0,019	-0,018	-6,1%	-8,4%
<b>Terebentina*</b>	0,503	0,341	0,472	0,312	-0,031	-0,029	-6,1%	-8,4%
<b>Produtos 1º transformação*</b>	0,349	0,239	0,328	0,219	-0,021	-0,020	-6,1%	-8,4%

\* Kg CO<sub>2</sub>e/kg

\*\* kg CO<sub>2</sub>e/L



**Figura 7. Resultados da AS1 – Consumo de eletricidade renovável nas indústrias.**

O consumo de energia elétrica de origem exclusivamente renovável nas unidades industriais irá beneficiar a pegada de carbono dos produtos da primeira transformação de resina natural (colofónia e essência de terebentina), diminuindo o seu valor em 6,1% no caso português e 8,4% no caso espanhol. De facto, o impacto desta opção de gestão será mais significativo nas indústrias de primeira transformação em Espanha, uma vez que nestas o peso da energia elétrica no consumo total de energia (13%) é superior ao que se verifica em Portugal (6%) – ver Quadro 6, apesar do fator de emissão da eletricidade consumida ser menor e do consumo global de energia por quantidade de resina processada ser também menor.

Comparativamente com a pegada de carbono resultante da destilação de 1 tonelada de CTO (0,74 kg CO2e/kg CTO), esta alteração leva a que a pegada de carbono dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural representem 44% deste valor em Portugal e 30% em Espanha.

### AS2 - Alteração das distâncias (transporte na mata e transporte para a fábrica)

Nos cálculos efetuados para a determinação da pegada de carbono associada à fase de exploração de resina natural foram consideradas distâncias médias percorridas, quer no transporte de mão-de-obra (de e para a mata e no seu interior), quer no transporte de resina para a fábrica. Estes valores médios podem apresentar uma variação positiva ou negativa, consoante a situação específica dos povoamentos florestais explorados atualmente. Neste sentido, foi objetivo desta análise de sensibilidade analisar o impacto de variações das distâncias médias consideradas.



É expectável que, no âmbito da implementação dos vários instrumentos de política florestal atualmente em elaboração, nomeadamente, do Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) 2021-2029, haja um aumento da área de povoamentos de pinheiros resinados, sendo que a sua localização será tendencialmente mais dispersa no território nacional, e, conseqüentemente, mais distanciada das unidades de primeira transformação. Por outro lado, é expectável que o transporte de mão-de-obra de, para e na mata seja também superior, como resultado de um aumento do número de árvores resinadas por hectare enquanto medida de aumento da produção de resina em Portugal.

Face ao exposto, no âmbito desta análise de sensibilidade foi considerada a realização, de duas variações nas distâncias consideradas:

- AS2a - Uma análise de variação negativa, que resulta num decréscimo em 10% nas distâncias percorridas no transporte de mão-de-obra e no transporte de resina para a fábrica, situação expectável no caso de aumento de eficiência na extração de resina na mata e de aumento do número de unidades industriais;
- AS2b - Outra análise de variação positiva, que resulta num acréscimo em 10% nas distâncias percorridas no transporte de mão-de-obra e no transporte de resina para a fábrica, no caso de aumento das árvores a resinar em cada povoamento ou de aumento da área de pinhais em exploração, em localizações mais longínquas das unidades de primeira transformação.

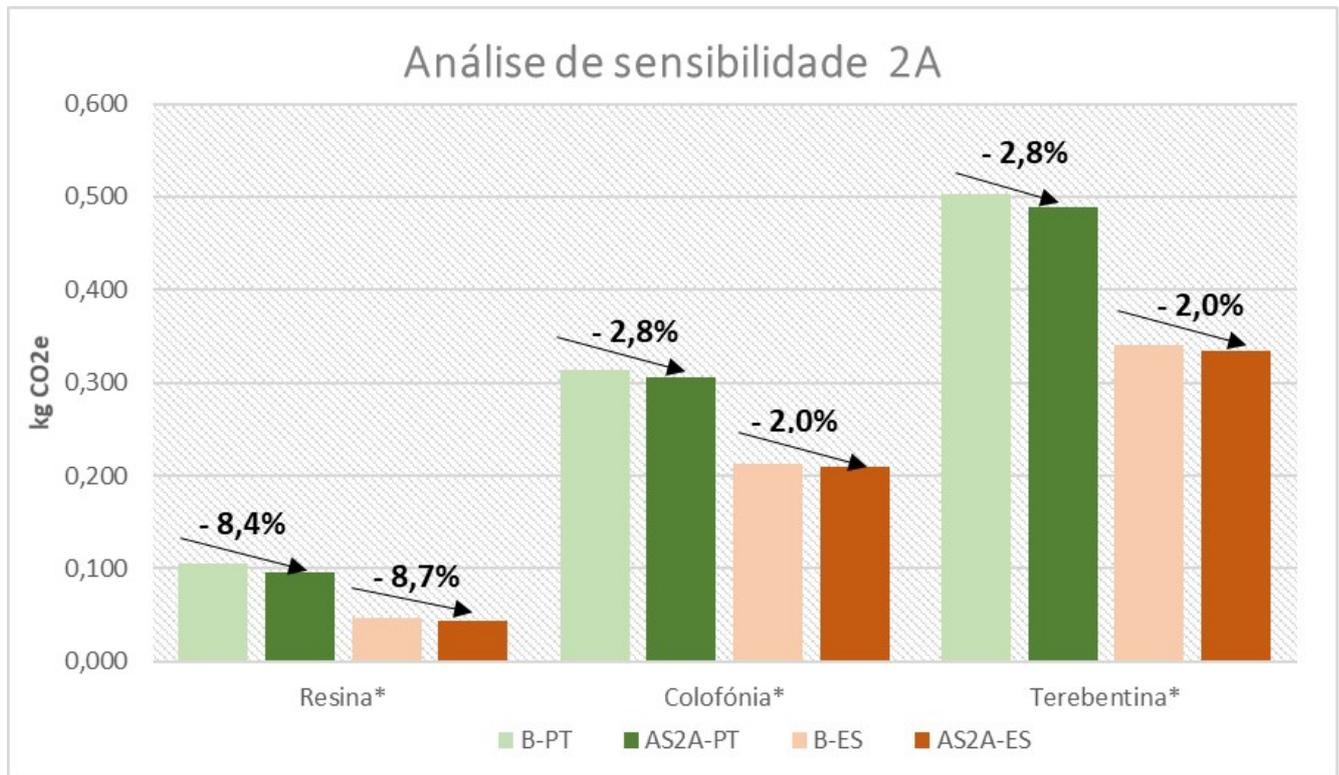
Os resultados obtidos constam do quadro seguinte.

**Quadro 8. Resultados da AS2a – Decréscimo em 10% na distância percorrida dentro da mata e no percurso mata-fábrica.**

	<b>PT: Inicial</b>	<b>ES: Inicial</b>	<b>PT: Final</b>	<b>ES: Final</b>	<b>PT</b>	<b>ES</b>	<b>% PT</b>	<b>% ES</b>
<b>Resina*</b>	0,105	0,047	0,096	0,043	-0,009	-0,004	-8,4%	-8,7%
<b>Colofónia*</b>	0,314	0,213	0,305	0,209	-0,009	-0,004	-2,8%	-2,0%
<b>Terebentina*</b>	0,503	0,341	0,489	0,334	-0,014	-0,007	-2,8%	-2,0%
<b>Produtos 1º transformação*</b>	0,349	0,239	0,339	0,234	-0,010	-0,005	-2,8%	-2,0%

\* Kg CO2e/kg;

\*\* kg CO2e/L



**Figura 8. Resultados da AS2a – Decréscimo em 10% na distância percorrida dentro da mata e no percurso mata-fábrica.**

O decréscimo em 10% nas distâncias médias percorridas de, para e no interior da mata e no percurso da mata à porta da fábrica irá diminuir a pegada de carbono tanto na fase de exploração de resina (onde os transportes estão considerados) como na fase de primeira transformação, e do mesmo modo tanto em Portugal como em Espanha.

Analisando os resultados da fase de exploração, onde os transportes estão integrados, o decréscimo em 10% nas distâncias percorridas resultará numa diminuição de 8,4% do valor da pegada de carbono da resina em Portugal e de 8,7% em Espanha. Esta diferença verificada entre Portugal e Espanha deve-se sobretudo ao facto do modelo de silvicultura aplicado em Espanha ser mais longo, originando um maior número de viagens dentro da mata e da mata até à fábrica no caso espanhol.

Na fase de primeira transformação o decréscimo da pegada de carbono observado deve-se ao facto de, como resultado da diminuição das distâncias médias na fase de exploração, o fator de emissão associado à exploração de resina diminuir tanto em Portugal (-8,4%) como em Espanha (-8,7%).

Comparativamente com a pegada de carbono resultante da destilação de 1 tonelada de CTO (0,74 kg CO2e/kg CTO), esta alteração leva a que a pegada de carbono dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural representem 46% deste valor em Portugal e 32% em Espanha.

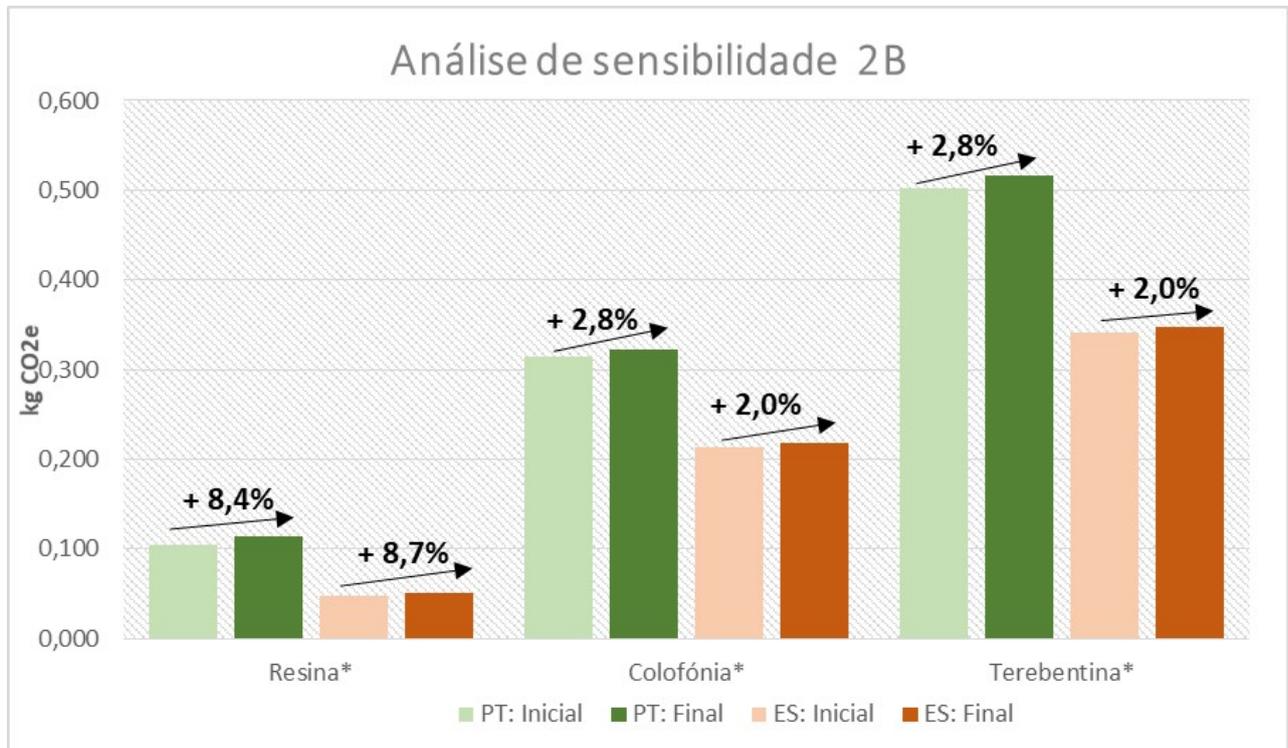
Os resultados da análise AS2b (acréscimo em 10% nas distâncias médias percorridas) mostram-se de seguida.

**Quadro 9. Resultados da AS2b – Acréscimo em 10% na distância percorrida dentro da mata e no percurso mata-fábrica.**

	PT: Inicial	ES: Inicial	PT: Final	ES: Final	PT	ES	% PT	% ES
<b>Resina*</b>	0,105	0,047	0,113	0,051	0,009	0,004	8,4%	8,7%
<b>Colofónia*</b>	0,314	0,213	0,323	0,217	0,009	0,004	2,8%	2,0%
<b>Terebentina*</b>	0,503	0,341	0,516	0,348	0,014	0,007	2,8%	2,0%
<b>Produtos 1º transformação*</b>	0,349	0,239	0,359	0,244	0,010	0,005	2,8%	2,0%

\* Kg CO2e/kg

\*\* kg CO2e/L



**Figura 9. Resultados da AS2b – Acréscimo em 10% na distância percorrida dentro da mata e no percurso mata-fábrica.**

O acréscimo em 10% nas distâncias médias percorridas dentro da mata e no percurso da mata à porta da fábrica (análise AS2b) irá aumentar a pegada de carbono tanto na fase de exploração de resina (onde os transportes estão considerados) como na fase de primeira transformação, e do mesmo modo tanto em Portugal como em Espanha. As explicações para estas variações são em tudo idênticas às descritas anteriormente.

Comparativamente com a pegada de carbono resultante da destilação de 1 tonelada de CTO (0,74 kg CO2e/kg CTO), esta alteração leva a que a pegada de carbono dos produtos resultantes da



primeira transformação de resina natural representem 48% deste valor em Portugal e 33% em Espanha.

### AS3 - Produtividade Unitária de Resina – kg de resina por bicas

Nesta análise de sensibilidade pretendeu-se avaliar o impacto do acréscimo de 10% da produtividade unitária de resina (kg por bica), assumindo-se que este cenário será obtível com a implementação das medidas de melhoria da gestão dos povoamentos de pinheiro, capazes de induzir maiores produtividades de resina por árvore (como por exemplo, práticas de fertilização ou de melhoria genética das plantas a instalar nos povoamentos).

Assim, a análise considerou um acréscimo de 10% na produção de resina por árvore, mantendo-se o mesmo número de bicas por hectare e a mesma densidade de árvores resinadas no povoamento.

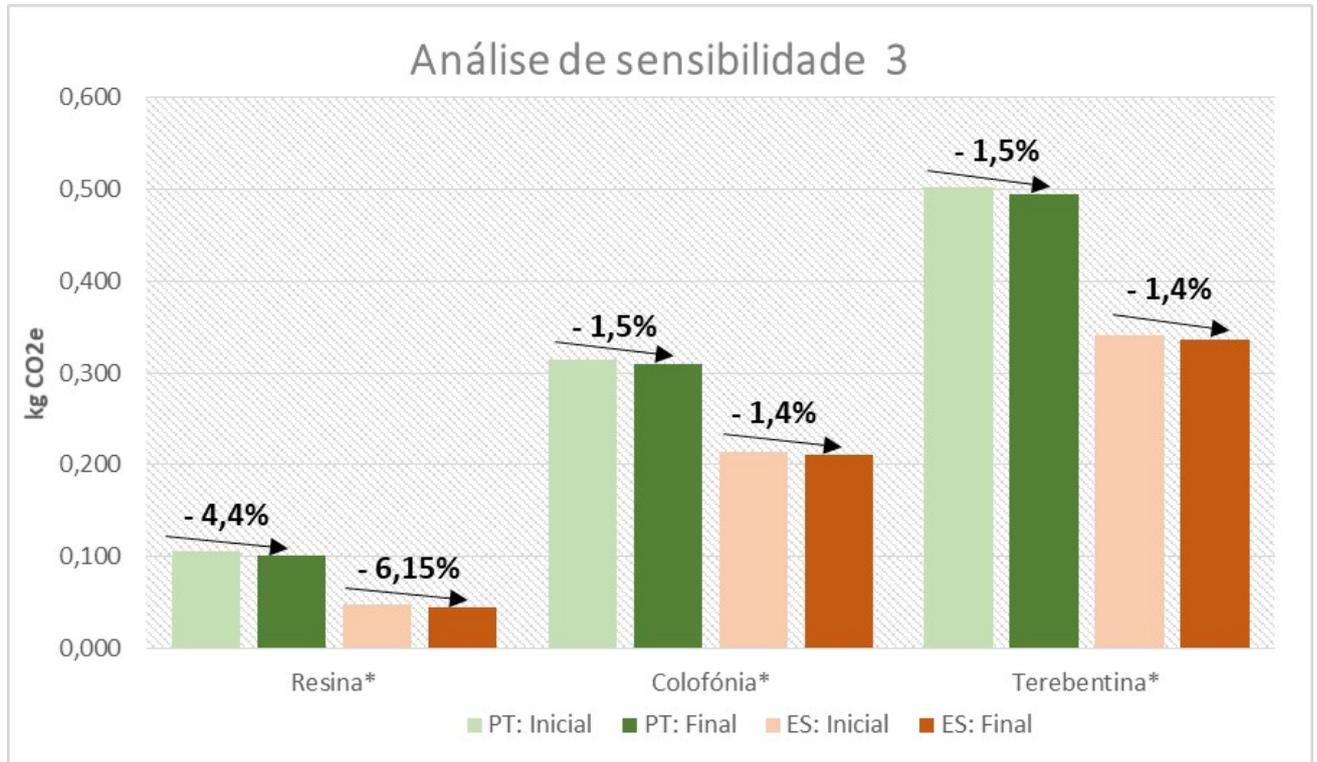
Os resultados obtidos pela AS3 mostram-se de seguida.

**Quadro 10. Resultados da AS3 – acréscimo de 10% na produtividade (kg/bica).**

	<b>PT: Inicial</b>	<b>ES: Inicial</b>	<b>PT: Final</b>	<b>ES: Final</b>	<b>PT</b>	<b>ES</b>	<b>% PT</b>	<b>% ES</b>
<b>Resina*</b>	0,105	0,047	0,100	0,044	-0,005	-0,003	-4,42%	-6,15%
<b>Colofónia*</b>	0,314	0,213	0,310	0,210	-0,005	-0,003	-1,46%	-1,37%
<b>Terebentina*</b>	0,503	0,341	0,495	0,336	-0,007	-0,005	-1,46%	-1,37%
<b>Produtos 1º transformação*</b>	0,349	0,239	0,344	0,236	-0,005	-0,003	-1,46%	-1,37%

\* Kg CO2e/kg

\*\* kg CO2e/L



**Figura 10. Resultados da AS3 – Acréscimo em 10% na produtividade unitária (kg/bica).**

O aumento da produtividade unitária de resina (kg por bica) irá diminuir a pegada de carbono da fase de exploração, expressa em kg CO<sub>2</sub>e/kg de resina, uma vez que este valor está dependente da quantidade de resina produzida. Esta diminuição na pegada de carbono da resina é de 4,4% em Portugal e de 6,15% em Espanha. Esta diferenciação entre Portugal e Espanha deve-se ao facto da produção unitária em Espanha ser superior à registada em Portugal, pelo que o acréscimo de produtividade em 10% também será superior em termos absolutos em Espanha comparativamente a Portugal, e assim o impacto na pegada de carbono da resina será mais significativo em Espanha do que em Portugal.

O efeito do aumento de produtividade unitária de resina (kg/bica) terá também impacto ao nível da primeira transformação, uma vez que o fator de emissão da matéria-prima, resultante da fase de exploração, vai alterar-se. Assim, para os produtos resultantes da primeira transformação verifica-se uma diminuição de 1,5% do valor da pegada de carbono em Portugal e de 1,4% em Espanha.

Comparativamente com a pegada de carbono resultante da destilação de 1 tonelada de CTO (0,74 kg CO<sub>2</sub>e/kg CTO), esta alteração leva a que a pegada de carbono dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural representem 46% deste valor em Portugal e 32% em Espanha.

#### AS4 - Produtividade de Resina – nº de bicas por hectare

Para além do impacto do aumento de produtividade unitária (kg/bica) na pegada de carbono, considerou-se igualmente o aumento da produtividade de resina através do aumento do número de bicas em exploração por hectare. Este acréscimo teve em consideração o impacto proporcional no



uso de materiais (chapas galvanizadas, pasta, pregos e púcaros) assim como um agravamento em 10 % no transporte na mata. Contudo, para avaliar este impacto foram assumidas as mesmas produtividades unitárias (kg/bica) consideradas na situação base.

O acréscimo de produtividade considerado nesta análise justifica-se pela implementação das medidas de fomento à atividade resinera descritas nos vários instrumentos de política florestal atualmente em elaboração, nomeadamente no Plano de Recuperação e Resiliência 2020-2030 (PRR) e na Estratégia Nacional para a Bioeconomia 2030, nos quais há um claro enfoque para o aumento da produção de resina em Portugal. O PRR pretende atribuir apoio financeiro à beneficiação 8.000 ha de povoamentos de pinheiro bravo com potencial para a resinagem, através do fomento da produção de resina natural nacional, suportando uma verdadeira valorização do setor da resina natural, através do desenvolvimento de iniciativas que visem aumentar a produção da resina em Portugal, para garantir níveis de autoabastecimento à indústria e também para catalisar a gestão florestal sustentável, reduzir o risco de incêndio e contribuir para o desenvolvimento do mundo rural;

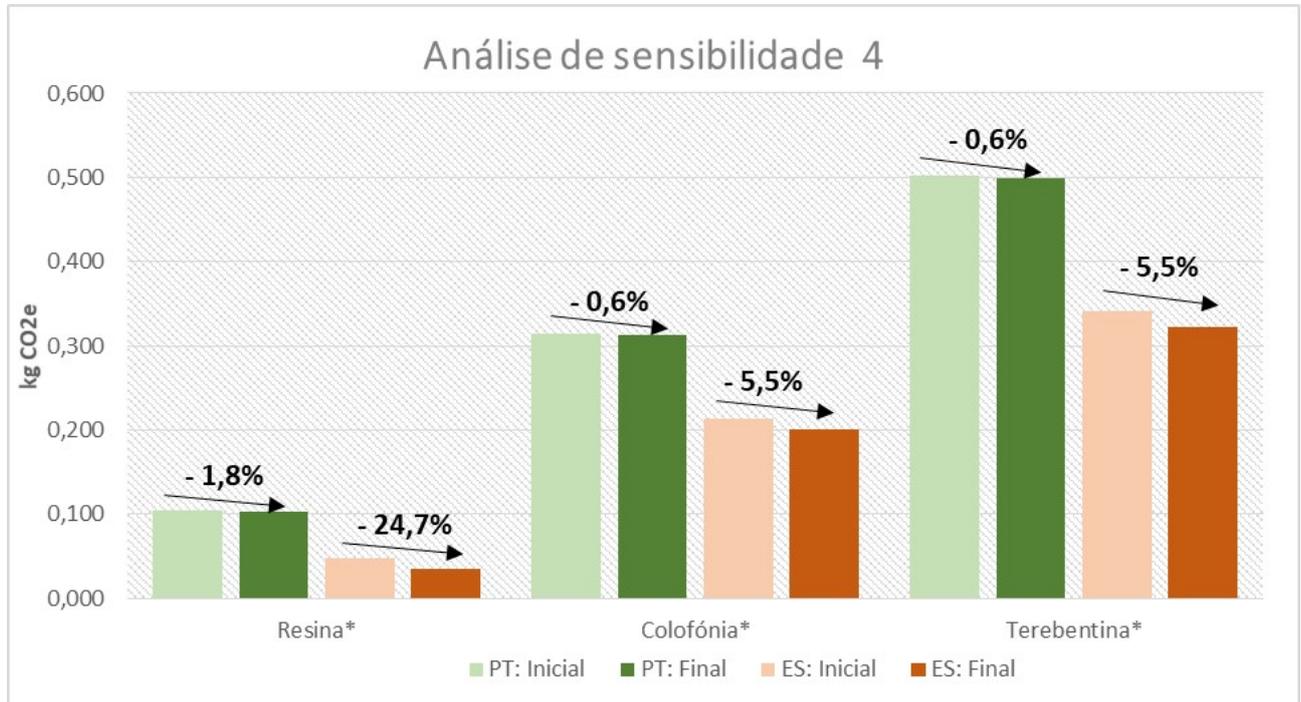
Os resultados obtidos pela AS4 mostram-se de seguida.

**Quadro 11. Resultados da AS4 – acréscimo de 10% na produtividade (bicas/hectare).**

	<b>PT: Inicial</b>	<b>ES: Inicial</b>	<b>PT: Final</b>	<b>ES: Final</b>	<b>Δ PT</b>	<b>Δ ES</b>	<b>% PT</b>	<b>% ES</b>
<b>Resina*</b>	0,105	0,047	0,103	0,036	-0,002	-0,012	-1,76%	-24,74%
<b>Colofónia*</b>	0,314	0,213	0,312	0,201	-0,002	-0,012	-0,58%	-5,52%
<b>Terebentina*</b>	0,503	0,341	0,500	0,322	-0,003	-0,019	-0,58%	-5,52%
<b>Produtos 1º transformação*</b>	0,349	0,239	0,347	0,226	-0,002	-0,013	-0,58%	-5,52%

\* Kg CO2e/kg

\*\* kg CO2e/L



**Figura 11. Resultados da AS4 – Acréscimo em 10% na produtividade (bicas/hectare).**

O acréscimo de 10% no número de bicas por hectare melhora a pegada de carbono quer na fase de exploração (-1,8% em Portugal e -24,7% em Espanha) como na fase de primeira transformação (-0,6% em Portugal e -5,5% em Espanha), pelos mesmos motivos descritos anteriormente.

Contudo, os resultados desta análise permitem constatar que o impacto na produtividade unitária de resina (kg/bica) é mais benéfico para Portugal do que o impacto no número de bicas por hectare, ao contrário do que sucede em Espanha, em que o aumento do número de bicas por hectare traduz melhores resultados do que o aumento da produtividade unitária de resina (kg/bica). Tal justifica-se pelo facto da produtividade unitária atual em Portugal ser manifestamente baixa (2 kg/bica) quando comparada com a produtividade unitária em Espanha (4 kg/bica), e pelo facto de que em Portugal são exploradas atualmente mais bicas por hectare (375 bicas/ha) do que em Espanha (200 bicas/ha).

Comparativamente com a pegada de carbono resultante da destilação de 1 tonelada de CTO (0,74 kg CO<sub>2</sub>e/kg CTO), esta alteração leva a que a pegada de carbono dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural representem 47% deste valor em Portugal e 31% em Espanha.

### AS5 - Conversão de Povoamentos para Regeneração Natural

Na análise de sensibilidade AS5 pretendeu-se avaliar o impacto de uma alteração no modelo de silvicultura e de gestão florestal atualmente aplicável em Portugal, no qual o modelo de exploração de resina resulta de povoamentos originários por regeneração artificial. Assim, simulou-se o impacto da alteração da gestão dos povoamentos portugueses para uma situação semelhante à existente

em Espanha, na qual os povoamentos resinados resultam de regeneração natural. Esta análise de sensibilidade só terá pois efeito nos resultados obtidos para Portugal.

A implementação do modelo de silvicultura praticado em Espanha nos povoamentos explorados em Portugal implicou uma alteração significativa nos pressupostos assumidos na fase de exploração, pela eliminação no modelo de silvicultura das operações de instalação do povoamento, assim como pela assunção de uma alteração no horizonte temporal de gestão, passando de 60 anos para 100 anos. Ao nível da produtividade foram mantidos os mesmos pressupostos considerados na situação base para Portugal e para Espanha.

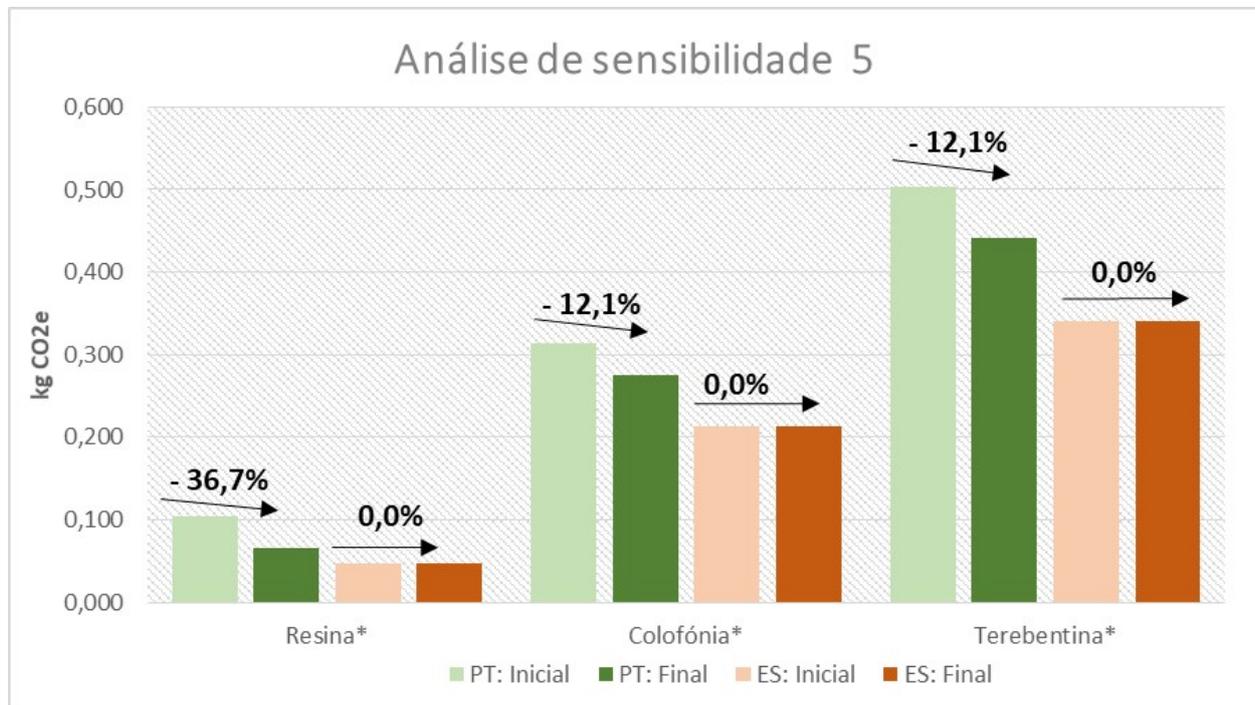
Os resultados da AS5 mostram-se de seguida.

**Quadro 12. Resultados da AS5 – conversão de povoamentos para regeneração natural.**

	<b>PT: Inicial</b>	<b>ES: Inicial</b>	<b>PT: Final</b>	<b>ES: Final</b>	<b>PT</b>	<b>ES</b>	<b>% PT</b>	<b>% ES</b>
<b>Resina*</b>	0,105	0,047	0,066	0,047	-0,038	0,000	-36,7%	0,0%
<b>Colofónia*</b>	0,314	0,213	0,276	0,213	-0,038	0,000	-12,1%	0,0%
<b>Terebentina*</b>	0,503	0,341	0,442	0,341	-0,061	0,000	-12,1%	0,0%
<b>Produtos 1º transformação*</b>	0,349	0,239	0,307	0,239	-0,042	0,000	-12,1%	0,0%

\* Kg CO2e/kg

\*\* kg CO2e/L



**Figura 12. Resultados da AS5 – conversão de povoamentos para regeneração natural.**

A alteração do modelo de silvicultura dos povoamentos resinados em Portugal melhora o resultado da pegada de carbono na fase de exploração em 36,7%, sendo que o impacto desta alteração na pegada de carbono da fase de primeira transformação é de -12,1%. Os resultados demonstram que a prática de resinagem em povoamentos resultantes de regeneração natural reduz significativamente as emissões de CO<sub>2</sub> associadas às operações de instalação do povoamento e de manutenção.

Comparativamente com a pegada de carbono resultante da destilação de 1 tonelada de CTO (0,74 kg CO<sub>2</sub>e/kg CTO), esta alteração leva a que a pegada de carbono dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural representem 41% deste valor em Portugal e 32% em Espanha.

### AS6 - Variação no valor da receita da resina/madeira

No âmbito do Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) 2021-2029, o setor da resina apresenta uma incidência relevante, desde logo enquanto setor integrado na componente C12 – Bioeconomia – cujo objetivo é o de desenvolver uma bioindústria nacional através da produção de novos produtos de alto valor acrescentado, a partir de recursos biológicos em três setores estratégicos para a economia portuguesa: têxtil e vestuário, calçado e resina. Nesta componente serão apoiadas iniciativas-piloto centradas nos três setores (têxtil e vestuário, calçado e resina natural) para alavancar a transição para produtos de base biológica e a se tornarem mais eficientes na utilização de recursos, criando maior valor do mesmo material.

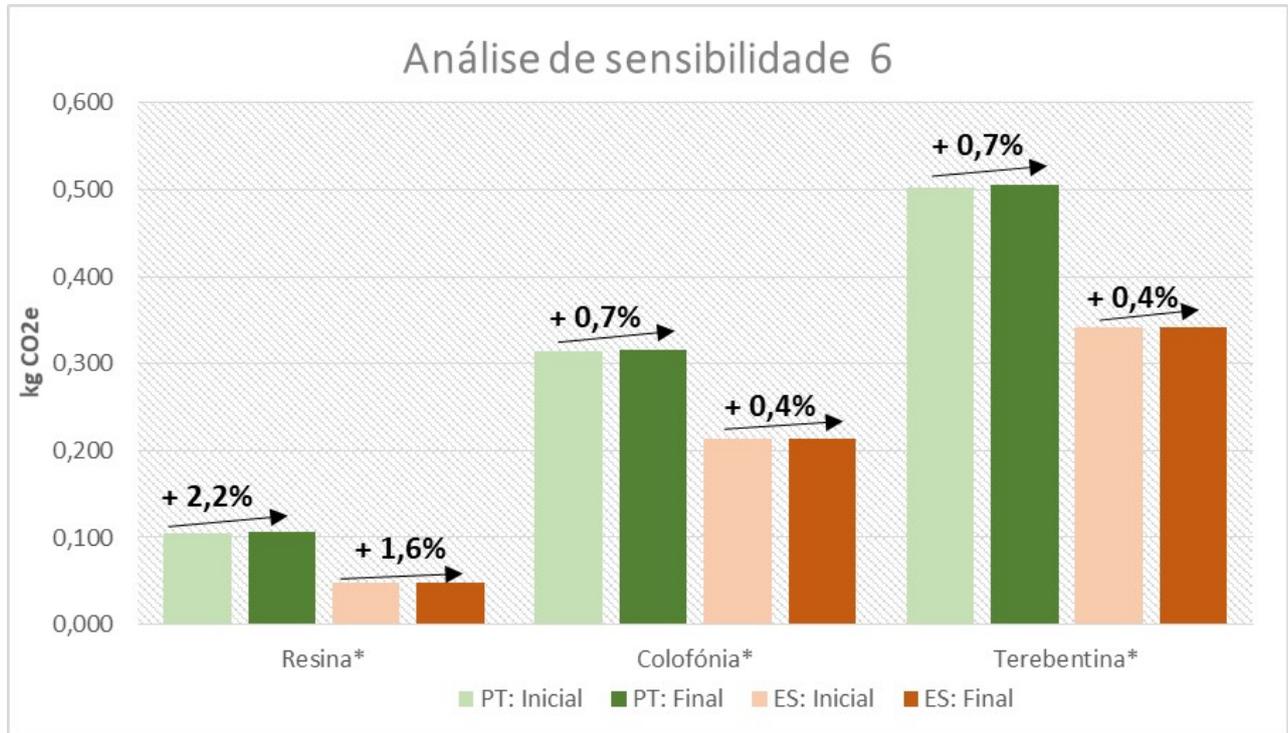
Deste modo, a análise de sensibilidade n.º 6 pretendeu avaliar o impacto de uma alteração na alocação financeira associada aos produtos explorados nos povoamentos de pinheiro bravo (resina e madeira), incrementando o valor de venda da resina em 30%, provocando assim uma inversão na percentagem das receitas alocadas à resina e à madeira. O valor de majoração de 30% considerado assume-se como coerente com as pretensões políticas assumidas para o setor da resinagem em Portugal.

Assim, nesta análise foi considerado um preço da resina de 1,43 €/pé, não se tendo alterado o preço da madeira, o que levou a uma alteração na alocação financeira destes produtos na valorização global, passando a resina a corresponder a 52% do valor global em Portugal e a 53% do valor global em Espanha. Os resultados do impacto desta alteração de valor da resina na pegada de carbono mostram-se de seguida.

**Quadro 13. Resultados da AS6 – variação no valor da resina.**

	<b>PT: Inicial</b>	<b>ES: Inicial</b>	<b>PT: Final</b>	<b>ES: Final</b>	<b>PT</b>	<b>ES</b>	<b>% PT</b>	<b>% ES</b>
<b>Resina*</b>	0,105	0,047	0,107	0,048	0,002	0,001	2,2%	1,6%
<b>Colofónia*</b>	0,314	0,213	0,316	0,214	0,002	0,001	0,7%	0,4%
<b>Terebentina*</b>	0,503	0,341	0,506	0,342	0,004	0,001	0,7%	0,4%
<b>Produtos 1º transformação*</b>	0,349	0,239	0,351	0,240	0,002	0,001	0,7%	0,4%

\* Kg CO<sub>2</sub>e/kg; \*\* kg CO<sub>2</sub>e/L



**Figura 13. Resultados da AS6 – variação no valor da resina.**

A majoração no valor da resina, alterando o racional de alocação económica dos produtos explorados nos povoamentos de pinheiro bravo, vai aumentar em 2,2% a pegada de carbono na fase de exploração em Portugal e em 1,6% em Espanha. Já na fase de primeira transformação, esta alteração de valor da resina aumenta em 0,7% a pegada de carbono em Portugal e em 0,4% o valor da pegada de carbono em Espanha.

Comparativamente com a pegada de carbono resultante da destilação de 1 tonelada de CTO (0,74 kg CO<sub>2</sub>e/kg CTO), esta alteração leva a que a pegada de carbono dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural representem 47% deste valor em Portugal e 32% em Espanha.

### Considerações sobre o impacto da contabilização de carbono retido nos produtos

Como explicitado nos pressupostos de cálculo, a quantificação da pegada de carbono dos derivados da resina natural não contabilizou a retenção de carbono nos mesmos.

Tendo por base os principais componentes de cada um dos produtos analisados - ácidos diterpénicos monocarboxílicos, com a fórmula molecular C<sub>20</sub>H<sub>30</sub>O<sub>2</sub>, no caso da colofónia; monoterpénos insaturados bicíclicos com a fórmula molecular C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>, no caso da essência de terebentina - o cálculo estequiométrico da quantidade de CO<sub>2</sub> atmosférico removido e armazenado, sob a forma de carbono biogénico, nos produtos de primeira transformação da resina natural resulta num valor superior aos das emissões associadas às fases de exploração florestal e 1ª transformação, sendo esta diferença maior no caso da colofónia.

A correta integração desta componente no cálculo da pegada de carbono da colofónia e da essência de terebentina exigiria – para além de uma caracterização mais detalhada da composição química



dos produtos - a extensão da análise até à fase de utilização, uma vez que o período de efetiva retenção do carbono armazenado dependerá da futura utilização e do fim de vida dos produtos em que vierem a ser incorporados. No futuro, o reconhecimento, ainda que parcial, desta capacidade de retenção de carbono, melhorará os valores de desempenho carbónico destes derivados.

Pelo facto de ser desconhecida a futura utilização dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural, assim como o período de retenção de carbono ao longo do seu ciclo de vida, não são apresentados resultados quantitativos para esta análise de sensibilidade.



## 7. Conclusões

O trabalho efetuado permitiu determinar a pegada de carbono dos produtos de primeira transformação da resina natural europeia, destacando o seu valor ambiental em relação a produtos alternativos, em particular os derivados de Crude Tall-Oil (CTO) e do petróleo.

A pegada de carbono obtida para os produtos de primeira transformação de resina natural (colofónia e essência de terebentina), foi de **0,314 kg CO<sub>2</sub>e / kg de colofónia** e **0,503 kg CO<sub>2</sub>e / kg de terebentina** para Portugal, e de **0,213 kg CO<sub>2</sub>e / kg de colofónia** e **0,341 kg CO<sub>2</sub>e / kg de terebentina** para Espanha.

Comparando estes valores com a pegada de carbono de derivados de CTO (0,74 kg CO<sub>2</sub>e/kg CTO), verifica-se que a pegada de carbono dos produtos resultantes da primeira transformação de resina natural na Península Ibérica é inferior à determinada para os derivados de CTO na Europa: **0,349 kg CO<sub>2</sub>e/kg produto em Portugal** (47% da pegada de carbono resultante da destilação de 1 tonelada de CTO) e **0,239 kgCO<sub>2</sub>e/kg de produto em Espanha** (32% da pegada de carbono resultante da destilação de 1 tonelada de CTO).

O presente estudo permitiu também efetuar um conjunto de análises de sensibilidade aos resultados obtidos, tendo em conta algumas variações aos pressupostos considerados, nomeadamente no que respeita à utilização de energia elétrica de origem renovável nas unidades industriais, a variações nas distâncias consideradas para transporte de mão-de-obra e da resina colhida, e a alterações na produtividade, no modelo de silvicultura e no valor comercial da resina.

As análises de sensibilidade realizadas permitiram concluir que é possível diminuir a pegada de carbono dos produtos resultantes da primeira transformação da resina natural. A alteração que apresenta maior impacto é o consumo de eletricidade renovável nas unidades industriais, o que permitiria uma diminuição da pegada de carbono em 6,1% em Portugal e 8,4% em Espanha. Também o decréscimo das distâncias de transporte resultaria numa diminuição da pegada de carbono (- 2,8% em Portugal e - 2% em Espanha), assim como o acréscimo de produtividade de resina em termos de kg de resina por bica (-1,5% em Portugal e -1,4% em Espanha) e em termos do número de bicas por hectare (-0,6% em Portugal e -5,5% em Espanha). A alteração do modelo de silvicultura em Portugal manifestou também um enorme impacto na pegada de carbono dos produtos de primeira transformação de resina em Portugal de **-12,1%**.

As análises de sensibilidade que se focaram no acréscimo das distâncias de transporte e do valor da resina, resultaram em aumentos da pegada de carbono dos produtos analisados, tanto em Portugal como em Espanha.

O presente estudo não considerou o impacto da contabilização do carbono retido nos produtos analisados, uma vez que a análise excluiu as fases a jusante do respetivo ciclo de vida e que o período de efetiva retenção do carbono armazenado dependerá da futura utilização dos produtos em que estes derivados da resina natural vierem a ser incorporados. Contudo, é possível afirmar que o reconhecimento, ainda que parcial, da capacidade de retenção de carbono nos produtos resultantes da primeira transformação da resina natural europeia melhoraria os resultados do respetivo desempenho carbónico, devendo por isso ser objeto de atenção em futuras análises.

Por fim, os resultados obtidos no presente estudo irão permitir fortalecer a afirmação e a valorização comercial, na vertente ambiental, dos produtos resultantes da primeira transformação da resina natural europeia quando comparados com outros produtos.