

ROTEIRO NACIONAL DE BAIXO CARBONO 2050

OPÇÕES DE TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA
DE BAIXO CARBONO COMPETITIVA EM 2050



ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

ROTEIRO NACIONAL DE BAIXO CARBONO 2050

OPÇÕES DE TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA
DE BAIXO CARBONO COMPETITIVA EM 2050

ENQUADRAMENTO

A elaboração do Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC) foi determinada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2010, de 26 de Novembro. O RNBC tem como objetivo o estudo prospetivo da viabilidade técnica e económica de trajetórias de redução das emissões de gases com efeito de estufa em Portugal, conducentes a uma economia de baixo carbono até 2050. Visa ainda apontar possíveis orientações estratégicas para os vários setores de atividade, em linha com outros documentos análogos¹, e servir de elemento de informação e apoio à elaboração dos futuros planos nacionais de redução de emissões, em particular do Plano Nacional de Alterações Climáticas 2020 e dos Planos Setoriais de Baixo Carbono.

A análise efetuada permite concluir que em Portugal é possível definir uma trajetória das emissões nacionais de GEE até 2050, resultando numa redução global de emissões da ordem de 50% - 60%, face aos níveis de 1990.

A visão subjacente ao RNBC está alinhada com o objetivo da União Europeia de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em 80% - 95% em 2050, face aos níveis de 1990, no sentido de concretizar uma transição para uma economia competitiva e de baixo carbono. De referir ainda que esta visão de longo prazo se encontra, no curto e médio prazo, enquadrada pelos objetivos energia-clima² adotados em 2009, parte integrante da Estratégia Europa 2020 para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo.

Dado o horizonte temporal da análise, é necessário lidar com a incerteza associada aos resultados. Em parte porque a modelação se suporta em pressupostos, dos quais se destacam o andamento do ritmo de crescimento económico, a dimensão e a distribuição dos esforços globais na mitigação das alterações climáticas, os desenvolvimentos geopolíticos, a evolução dos preços da energia no mercado mundial e a disponibilidade de recursos endógenos. Devem assim merecer atenção as tendências, as opções tecnológicas e as mudanças de paradigma, mais do que os valores absolutos em si, sobretudo para o período posterior a 2030.

O RNBC compreende dois estudos diferentes, articulados entre si, assentes em cenários de desenvolvimento socioeconómico comuns. Um estudo direcionado para o setor da energia, processos industriais e resíduos (E.VALUE- Estudos e Projetos em Ambiente e Economia S.A. e o CENSE - Center for Environmental and Sustainability Research da FCT-UNL), e um estudo dedicado aos setores da agricultura, floresta e uso do solo (Agroges- Sociedade de Estudos e Projetos) que decorreram entre Julho de 2011 e Março de 2012. Os trabalhos foram coordenados pelo Comité Executivo da Comissão para as Alterações Climáticas (CECAC), Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

¹ De destacar em particular a comunicação feita pela Comissão Europeia (CE) em Março de 2011, sob o título *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*.

² No âmbito do pacote energia-clima aprovado em 2009 foram estabelecidos os objetivos 20-20-20 para 2020, designadamente: reduzir as emissões de GEE em 20%; aumentar 20% a proporção de fontes de energia renováveis no cabaz energético da União Europeia; alcançar a meta de 20% estabelecida para a eficiência energética.

CENÁRIOS SOCIOECONÓMICOS E METODOLOGIA DE PROJEÇÃO

Os dois cenários socioeconómicos utilizados no RNBC – cenário Alto e cenário Baixo – assumem dois modelos de desenvolvimento contrastantes a nível económico e social, traduzindo trajetórias que delimitam, de forma aproximada (i.e. estabelecendo máximos e mínimos), o intervalo onde se situará, com razoável probabilidade, a trajetória futura do País. O cenário Alto traduz uma evolução mais arrojada do PIB a uma taxa de 3%/ano para o período 2016 a 2050 e um aumento da população. O cenário Baixo pauta-se por um crescimento económico inferior, considerando uma taxa de crescimento do PIB de 1%/ano para o mesmo período, e por um decréscimo da população. As trajetórias definidas por estes cenários determinam padrões contrastados de necessidades de serviços de energia e de produção e destino final de resíduos e enquadram pressupostos contrastantes sobre o comportamento futuro de preços mundiais em cenários de política comercial e agrícola da União Europeia, factores determinantes nos setores agricultura, floresta e uso de solo.

Para as projeções de necessidades energéticas e cálculo das emissões associadas no caso do sistema energético e processos industriais, é utilizado o modelo tecnológico de equilíbrio parcial TIMES_PT, um modelo de otimização de todo o sistema energético nacional validado por uma extensa rede de pares nacionais. Este modelo é abastecido com a melhor informação disponível sobre a evolução das características técnicas e de custos das tecnologias energéticas, e não considera qualquer política fiscal ou de apoio a novas tecnologias, baseando a decisão no critério de custo-eficácia decorrente daquela informação.

No estudo sobre agricultura, florestas e uso do solo foram construídos cenários alternativos para a evolução futura da agricultura e da floresta em Portugal (uma vez mais considerando um cenário Alto e um cenário Baixo), tendo por base um conjunto de fatores determinantes para o setor, como sejam: i) o enquadramento macroeconómico e financeiro; ii) o comportamento futuro dos preços mundiais dos produtos e dos factores da produção agrícola e florestal; iii) o resultado das negociações multilaterais (Ronda de Doha) e bilaterais (UE/MERCOSUL) em curso no âmbito do comércio internacional de produtos agrícolas; iv) o futuro das políticas públicas com incidência na agricultura e na floresta em Portugal; v) a evolução tecnológica. Os cenários Alto e Baixo mantêm uma correspondência, respetivamente, a expectativas positivas e negativas para o setor e foram construídos com base na evolução previsível da viabilidade económica futura das explorações agrícolas existentes.

Para o caso dos resíduos são globalmente utilizadas as projeções demográficas e macroeconómicas subjacentes aos cenários socioeconómicos que têm efeitos diretos na quantificação dos níveis de atividade (i.e., produção de resíduos e águas residuais) dos diversos setores. Uma série de pressupostos sobre a evolução previsível dos sistemas de tratamento e deposição final – introdução mais ou menos rápida de determinadas práticas ou tecnologias – suportam ainda a construção dos cenários Alto e Baixo.

Para o sistema energético e processos industriais são impostos, sobre estes cenários, restrições de emissões de gases com efeito de estufa a atingir em 2050, correspondendo a reduções de 60% e de 70% face às emissões do sistema energético em 1990.

Para os casos da agricultura, floresta e uso do solo e dos resíduos é analisado o comportamento dos respetivos setores nas condições base estabelecidas, sem a imposição de qualquer restrição a nível de emissões.

As trajetórias de baixo carbono para a economia nacional aqui apresentados resultam da conjugação dos resultados para os cenários Alto e Baixo dos estudos parcelares referidos, abrangendo a totalidade das emissões nacionais.

TRAJETÓRIAS DE BAIXO CARBONO PARA PORTUGAL

A análise efetuada permite concluir que é possível definir para Portugal trajetórias das emissões nacionais de GEE até 2050, configurando uma redução global de emissões da ordem de 50% a 60%, face aos níveis de 1990 (Figura 1). Com efeito, para o sistema energético, é exequível, do ponto de vista técnico e económico, a definição de trajetórias de emissões de gases com efeito de estufa que configuram reduções de 60% e 70% em 2050, face às emissões observadas em 1990. A conjugação destes resultados com os obtidos para os setores da agricultura, floresta e uso do solo e dos resíduos resulta numa redução das emissões nacionais de -52%|-48% %, nos cenários Baixo e Alto sujeitos a restrição de 60% nas emissões do sistema energético, bem como, de -60%|-56% nos cenários Baixo e Alto sujeitos a restrição de 70% nas emissões do sistema energético.

As trajetórias de baixo carbono para Portugal estão em linha com os objetivos europeus e com a convergência a longo prazo das emissões *per capita* a nível global, em torno das 2 toneladas de CO₂e/hab. Com efeito, de acordo com a análise efetuada, nas trajetórias com restrições de emissões impostas sobre o sistema energético, Portugal tende para valores próximos das 2 toneladas de CO₂e/hab (variando entre 2,2-3 t CO₂e/hab), marcando um contraste com

QUADRO 1 - Evolução de emissões nacionais de gases com efeito de estufa nas diferentes trajetórias baixo carbono consideradas (% face a 1990)

| Trajетórias | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|-----------|-----------|-------------|-------------|
| Sem restrições | 12% 20% | -6% 17% | -20% 19% | -27% 22% |
| Restrições 60% (sobre o sistema energético) | 12% 20% | -6% -2% | -28% -23% | -52% -48% |
| Restrições 70% (sobre o sistema energético) | 12% 20% | -6% -2% | -32% -27% | -60% -56% |

Valores cenário Baixo | cenário Alto

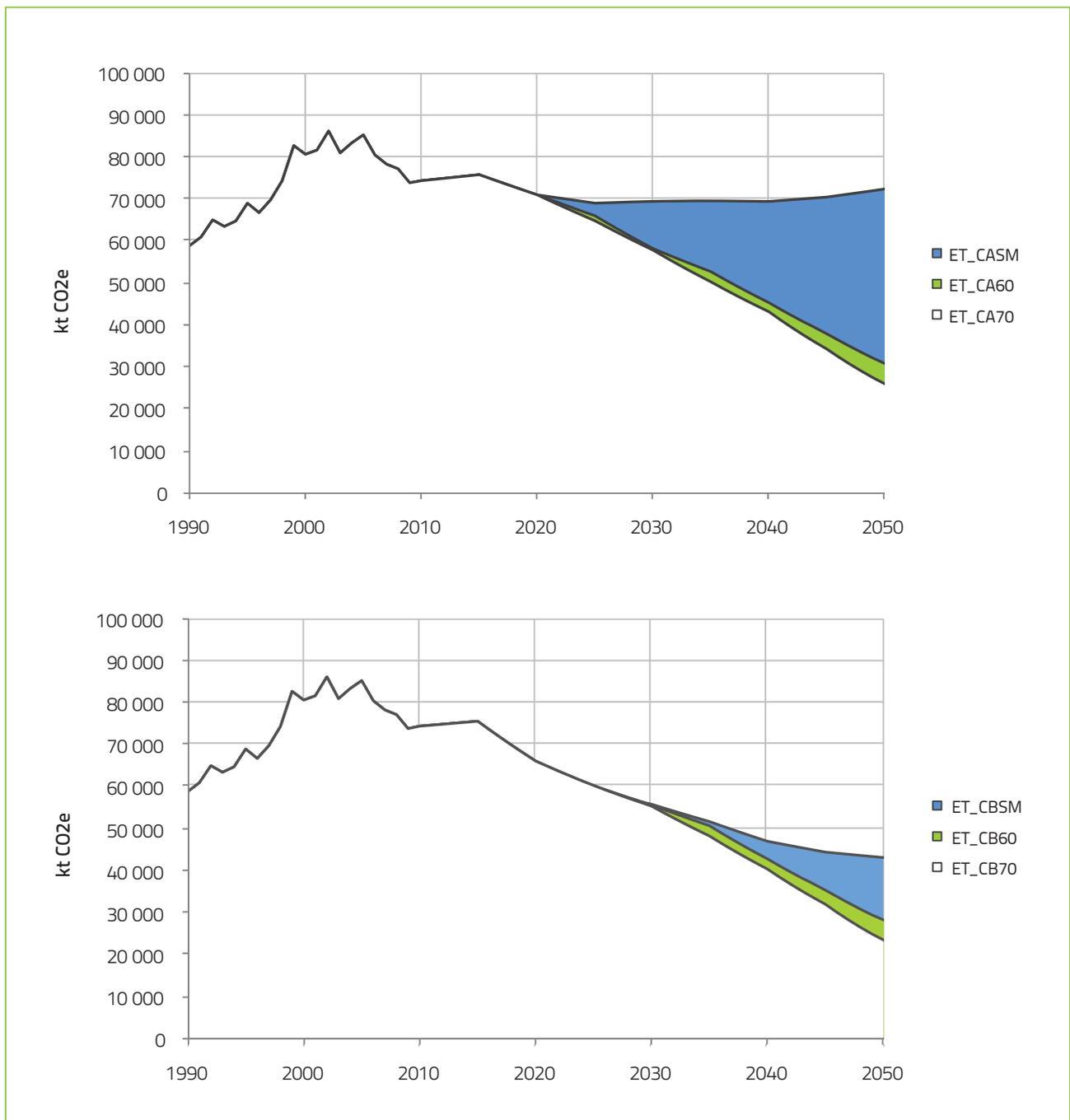


FIGURA 1 - Trajetórias de baixo carbono 1990-2050 nos cenários Alto (em cima) e Baixo (em baixo), com e sem restrições de emissões no sistema energético. Valores históricos de 1990 a 2010 (APA, 2012)³

³ ET_CASM: Tendo por base o cenário CASM no que diz respeito ao setor energia e processos industriais (sem qualquer limite de emissões até 2050), conjugado com o cenário Alto dos setores resíduos e agricultura.

ET_CA70: Tendo por base o cenário CA70 no que diz respeito ao setor energia e processos industriais, conjugado com o cenário Alto dos setores resíduos e agricultura;

ET_CA70: Tendo por base o cenário CA70 no que diz respeito ao setor energia e processos industriais, conjugado com o cenário Alto dos setores resíduos e agricultura;

ET_CBSM: Tendo por base o cenário CBSM no que diz respeito ao setor energia e processos industriais (sem qualquer limite de emissões até 2050), conjugado com o cenário Baixo dos setores resíduos e agricultura;

ET_CB70: Tendo por base o cenário CB70 no que diz respeito ao setor energia e processos industriais, conjugado com o cenário Baixo dos setores resíduos e agricultura;

ET_CB70: Tendo por base o cenário CB70 no que diz respeito ao setor energia e processos industriais, conjugado com o cenário Baixo dos setores resíduos e agricultura

a trajetória sem restrições (Quadro 2). No que respeita às emissões por unidade de PIB produzida, verifica-se uma continuada tendência de descarbonização da economia que é patente mesmo no cenário sem restrições de emissões e que se acentua quando consideradas essas restrições (Quadro 3).

Até 2020, estima-se um aumento das emissões totais de 12%|20% relativamente a 1990, respectivamente para os cenários Baixo e Alto (de referir que, até 2020, não é imposta qualquer restrição de emissões que configure trajetórias de baixo carbono, o que acontece apenas a partir de 2020).

QUADRO 2 - Evolução das emissões de gases com efeito de estufa per capita (tCO₂eq./per capita) nas trajetórias de baixo carbono analisadas

| Trajetoárias | 2005 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|------|---------|---------|---------|---------|
| Sem restrições | 8,1 | 6,3 6,5 | 5,4 6,2 | 4,7 6,0 | 4,5 6,2 |
| Restrições 60% (sobre o sistema energético) | 8,1 | 6,3 6,5 | 5,4 5,2 | 4,3 3,9 | 3,0 2,6 |
| Restrições 70% (sobre o sistema energético) | 8,1 | 6,3 6,5 | 5,4 5,2 | 4,0 3,7 | 2,5 2,2 |

Valores cenário Baixo | cenário Alto

QUADRO 3 - Evolução das emissões de gases com efeito de estufa por PIB (tCO₂eq./PIB) nas trajetórias de baixo carbono analisadas

| Trajetoárias | 2005 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|------|---------|---------|---------|---------|
| Sem restrições | 646 | 455 442 | 349 322 | 266 239 | 221 185 |
| Restrições 60% (sobre o sistema energético) | 646 | 456 442 | 348 270 | 245 159 | 148 82 |
| Restrições 70% (sobre o sistema energético) | 646 | 456 442 | 347 269 | 232 152 | 127 70 |

Valores cenário Baixo | cenário Alto

No período 2020-2040 verifica-se no cenário Baixo uma grande semelhança entre as duas trajetórias baixo carbono consideradas e destas com a trajetória sem restrições. Verifica-se, no entanto, no período 2030-40 um ligeiro descolar das trajetórias com restrições (reduções de -28% e -32% face a 1990) da trajetória sem restrições (redução de -20% face a 1990), comportamento confirmado no período 2040-50 com a verificação de reduções significativas nos cenários com restrições (-52% e -60% face a 1990), verificando-se uma redução de -27% na trajetória sem restrições.

Neste mesmo período mas no caso do cenário Alto, verifica-se logo após 2020 uma diferença muito significativa nas trajetórias com e sem restrições de emissões que se mantém ao longo do período. Enquanto a trajetória sem restrições se mantém relativamente estável no período 2020-50 nos valores verificados em 2010, as trajetórias com restrições de emissões denotam, logo no período 2020-30, o início da trajetória de redução que marcará o período até 2050, retomando em ambos os casos (restrição de 60% e 70% no sistema energético) os níveis semelhantes aos de 1990. De referir ainda que as trajetórias de emissões com restrições mantêm-se muito semelhantes entre si no período 2020-40, sendo que as principais diferenças entre estas se fazem notar sobretudo após 2040.

É de salientar que, em 2050, sem a imposição de qualquer restrição, a trajetória de emissões varia entre -27%|+22% face a 1990, nos cenários Baixo e Alto, denotando a influência fundamental que, em particular, os pressupostos associados aos cenários macroeconómicos assumem na trajetória das emissões. Este comportamento indicia a necessidade de articular medidas de política pública para compatibilizar os objetivos de redução de emissões de gases com efeito de estufa e os objetivos de desenvolvimento económico, de modo a assegurar a transição de Portugal para uma economia competitiva e de baixo carbono.

ROTEIRO DE TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO COMPETITIVA: PERSPECTIVA POR SETOR

A análise do comportamento dos diferentes setores nas condições estabelecidas para as diferentes trajetórias (com e sem restrições) nos cenários considerados (Alto e Baixo) ajudam a identificar factores críticos, tendências e comportamentos dos setores no horizonte temporal considerado. Os resultados setoriais constituem uma base importante para um entendimento inicial das implicações da transição para uma economia competitiva e de baixo carbono. É importante salientar que, para uma identificação de opções e medidas de política setoriais, será necessário analisar com mais detalhe os custos, as soluções de compromisso e as incertezas associadas às medidas em concreto.

Todos os setores de atividade reduzem as suas emissões, em relação a 1990, no horizonte 2050 (Quadro 4, e Figura 2 e Figura 3). Nas trajetórias de baixo carbono, a produção de eletricidade e calor e os transportes (com reduções da ordem dos 70-80% em cada setor) e o setor residencial e de serviços (com reduções da ordem dos 50-70%) são os que maiores reduções alcançam no horizonte 2050. A indústria (incluindo processos industriais) atinge reduções de emissões da ordem dos 30-50%, enquanto os resíduos atingem reduções de 40-50%. A agricultura é o setor em que as reduções de emissões são comparativamente menores, com valores de redução entre os 20-40%, sendo de salientar no entanto que não foram impostas restrições de emissões no setor agrícola.

No que se refere ao sistema energético Português, pode afirmar-se que as trajetórias baixo carbono analisadas são tecnologicamente exequíveis, i.e. existem opções tecnológicas custo-eficazes para atingir as restrições de emissões (60% e 70%) modeladas. Este caminho tem subjacente a substituição tecnológica nos vários setores da economia, facto que é suportado por uma dinâmica económica pautada por investimentos diversos e por alterações na balança comercial, em particular no que diz respeito aos produtos energéticos. De salientar ainda que o modelo não considera qualquer tipo de apoio, fiscal ou outro, a qualquer tecnologia, sendo que as opções energéticas resultantes, e que configuram as trajetórias de baixo carbono, são soluções custo-eficazes no quadro dos cenários respetivos, nomeadamente em termos de restrições às emissões de GEE.

A **eletricidade** é o vetor de descarbonização mais relevante, havendo a expectativa que o seu consumo duplique no período 2010 a 2050, com ênfase para a indústria e transportes. Estima-se que a capacidade instalada renovável atingirá valores da ordem dos 90% e a produção renovável fornecerá quase 90% do total em 2050, nas trajetórias de baixo carbono. As tecnologias de solar PV (microgeração) são competitivas (sem qualquer apoio) a partir de 2030, o potencial de hídrica esgota-se em 2030 e o de eólica *onshore* em 2020. A tecnologia das ondas e eólica *offshore* tornam-se tecnologias competitivas no cenário Alto (de elevada procura de energia). De salientar que, mesmo nas trajetórias sem restrições, se verificam valores semelhantes relativamente à capacidade instalada renovável (86%|74% em 2050 para os cenários Baixo e Alto) e de produção renovável na eletricidade (85%|60% em 2050 para os cenários Baixo e Alto) traduzindo o elevado potencial de custo-eficácia, no longo-prazo, deste tipo de tecnologias mesmo sem restrições de emissões.

No que diz respeito à **mobilidade** esperam-se alterações profundas no perfil tecnológico dos transportes após 2020, traduzindo-se num decréscimo do consumo de energia no setor, ainda que os valores da procura de mobilidade de pessoas e de mercadorias aumentem até 2050, denotando a crescente eficiência do setor. Destaca-se em particular a entrada da electricidade em todas as trajetórias e cenários analisados logo desde 2020, e dos biocombustíveis nas trajetórias com restrições de emissões (em particular nos cenários Alto no período 2030-40 e, nos cenários Baixo, apenas entre 2040-50), em detrimento dos combustíveis fósseis que mantêm grande expressão nas trajetórias sem restrições.

A propósito da mobilidade eléctrica, refira-se que a mesma surge competitiva logo em 2020 para o caso dos veículos comerciais ligeiros, que necessitam sobretudo de serviços de mobilidade de curta-distância. Para o caso dos veículos de passageiros, a mobilidade eléctrica é uma opção custo-eficaz a partir de 2030, com os veículos híbridos *plug-in* a gasolina a surgirem como a tecnologia mais competitiva, devido à sua elevada eficiência e à possibilidade de assegurar na totalidade o transporte em longa distância. De notar que, mesmo a modelação de uma redução de custo de investimento até -30% dos veículos rodoviários de passageiros 100% eléctricos, não alterou a sua posição de competitividade face a outras alternativas no mercado, como o híbrido *plug-in* a gasolina, devido sobretudo à incapacidade de satisfazer toda a procura de longa distância. Salienta-se ainda o surgimento do hidrogénio no período 2040-50 nos cenários Alto das trajetórias com restrições de emissões. Neste quadro, é expectável, após 2030, uma diminuição de procura nacional de produtos refinados (gasolina e gasóleo) nos transportes o que, nas trajetórias com restrições de emissões, leva a uma redução da atividade do setor da refinação para um nível equivalente a uma das refinarias actualmente existentes em Portugal.

Os **edifícios** encerram um potencial de redução nas trajetórias de baixo carbono da ordem dos 50-70% em 2050. No cenário Alto as reduções verificam-se logo a partir de 2020, enquanto no cenário Baixo estas apenas ocorrem a partir de 2030, verificando-se neste caso um aumento significativo de emissões de GEE entre 2020-30. Apesar do aumento da procura de serviços de energia nos cenários Alto (mais população e maior crescimento económico), estima-se que o consumo de energia final se reduzirá pela adopção de tecnologias com elevado nível de eficiência energética (e.g. bombas de calor, leds na iluminação e equipamentos de classe A+). Entre 2020 e 2050 esperam-se transformações significativas no setor, salientando-se a redução da importância da biomassa e produtos petrolíferos (predominados pelo GPL) e o aumento da contribuição da electricidade, das medidas de isolamento e do calor proveniente de solar térmico e de geotermia. Adicionalmente, em 2050, na trajetória com restrição de emissões de 70% no sistema energético, a quase totalidade do consumo de energia final é assegurada por energias renováveis. Na trajetória sem restrições de emissões, esta percentagem desce para 77%|61% (cenário Baixo e Alto), embora se espere um aumento do consumo de electricidade, sendo o conforto térmico assegurado por bombas de calor, medidas de isolamento e o uso de solar térmico (competitivo após 2025) para aquecimento de águas, o que traduz o potencial custo-eficácia destas soluções.

A **indústria** apresenta um potencial de redução, nas trajetórias de baixo carbono, na ordem dos 30%-50% em 2050, podendo-se esperar reduções apenas de 2030 em diante e de forma mais marcada no cenário Alto da trajetória com restrição de 70% no sistema energético. Desagregando estas emissões, verifica-se uma redução muito significativa (cerca de 75% em 2050 face a 1990 nas trajetórias com restrições de emissões) das emissões de combustão, contrariando o aumento das emissões de processo (+25%|+42% com restrição 60%; +22%|-23% com restrição 70%), decorrentes do aumento da atividade industrial, sobretudo nos cenários Alto em que se preconiza um crescimento económico significativo a par de uma crescente contribuição dos setores de produção de bens transacionáveis. A electricidade é o vector mais custo-eficaz, estimando-se um aumento para cerca de 40% na estrutura de consumo em 2050, nas trajetórias de baixo carbono, comparando com 25% em 2010. Os recursos renováveis representam mais de 80% em 2050 (compara com 35% em 2010), sobretudo biomassa nos fornos de cimento e cerâmica e solar térmico para produção de calor (exemplo: indústria química e outras indústrias). Estima-se que o carvão venha a ser competitivo na indústria, associado a tecnologias de captura de CO₂ (caso do cimento), e o calor ganha protagonismo crescente, satisfazendo quase 30% das necessidades energéticas da indústria, fornecido por cogerações progressivamente mais eficientes e com recurso a renováveis (biomassa e licores negros) ou com captura e sequestro de carbono. O setor do cimento é o único setor industrial onde se verifica a introdução de tecnologias com captura e sequestro de carbono (em particular no cenário Alto da trajetória com restrição de 70%), por ser a alternativa disponível para a redução das emissões do setor, sobretudo as de processo – em 2050, esta tecnologia é aplicada em 68% da produção de clínquer.

Nas trajetórias de baixo carbono analisadas verifica-se uma redução progressiva da dependência energética do País até atingir cerca de 50% em 2050, com um potencial custo-eficaz significativo de recursos endógenos (37% em 2050 vs. 15% em 2010 do total da energia primária). No entanto, o novo paradigma energético, menos intensivo em emissões de CO₂, aponta para a importação de recursos de bioenergia, sobretudo para utilização na indústria e nos transportes.

No setor da **agricultura** a evolução das emissões será marcada pelo ajustamento estrutural das explorações agrícolas e por melhorias de eficiência no uso de recursos e de energia. As reduções de emissões serão portanto mais marcadas no cenário Baixo do que no cenário Alto, respetivamente -37% | -20% em 2050, face a 1990.

O setor **floresta e uso do solo** continuará a ter características de sequestrador líquido de CO₂ em qualquer dos cenários analisados. No entanto, no cenário Baixo, em que se considerou a ocorrência de grandes incêndios e baixo investimento em nova floresta, o valor absoluto do sequestro sofrerá uma redução acentuada (-74% face a 2009⁴), enquanto que o cenário Alto mostra um sequestro crescente ao longo do tempo, atingindo um aumento de 28% em 2050, face a 2009. Note-se que a existência de regras de contabilização especiais para este setor não permitem que os totais desta categoria sejam somados aos das restantes categorias analisadas no RNBC. Estes valores devem, portanto, ser analisados com essa perspetiva.

No setor dos **resíduos** estima-se um potencial de redução de emissões de GEE de -53% | -39% em 2050 (cenário Baixo | Alto), face a 1990, com uma parte significativa desse potencial a ocorrer até 2030 (-41% | -32% face a 1990). O maior potencial de redução está associado ao subsetor dos resíduos sólidos (urbanos e industriais), que atinge os -75% | -78%, sobretudo em resultado do fim da deposição direta em aterro. Estas reduções decorrem de uma alteração de paradigma dos modelos de gestão de resíduos baseados em soluções de destino final para modelos de gestão orientados para a prevenção e valorização, subjacentes aos cenários considerados para o setor. Estes cenários consideram um *trade-off* significativo, quer com o setor da energia (valorização energética de resíduos urbanos/CDR⁵), quer com a indústria (valorização material). Após 2030, com o fim da deposição directa em aterro, as opções de valorização (energética, orgânica e multimaterial) terão um incremento significativo (no período de transição, 2030, a valorização energética terá um papel relevante na transferência de capacidade de tratamento). Até 2050 considera-se um aumento gradual da recolha seletiva (materiais e orgânicos) que representará 217 | 271 kg *per capita* (contra 101 kg *per capita* em 2009).

⁴ No setor floresta e uso do solo são utilizados como valores de base para o cálculo das emissões os Inventários Florestais Nacionais da Autoridade Florestal Nacional e os diferentes Recenseamentos Agrícolas do Instituto Nacional de Estatística. Estes valores diferem da base de informação usada no Inventário Nacional de Emissões 2011, pelo que são apenas apresentadas as séries 2009-2050, já que os dados históricos (1990-2009) não são diretamente comparáveis.

⁵ Combustível Derivado de Resíduos.

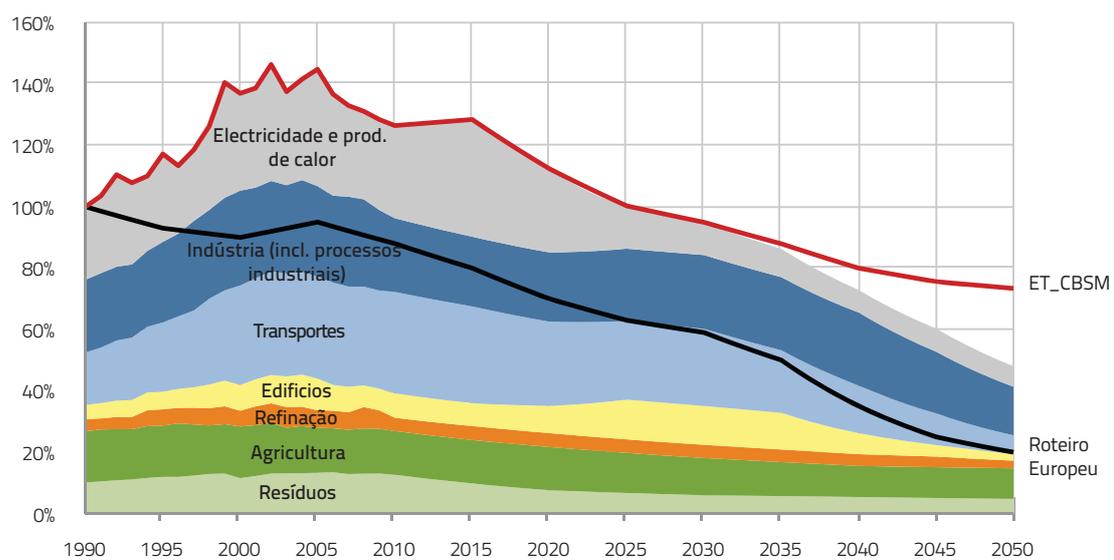
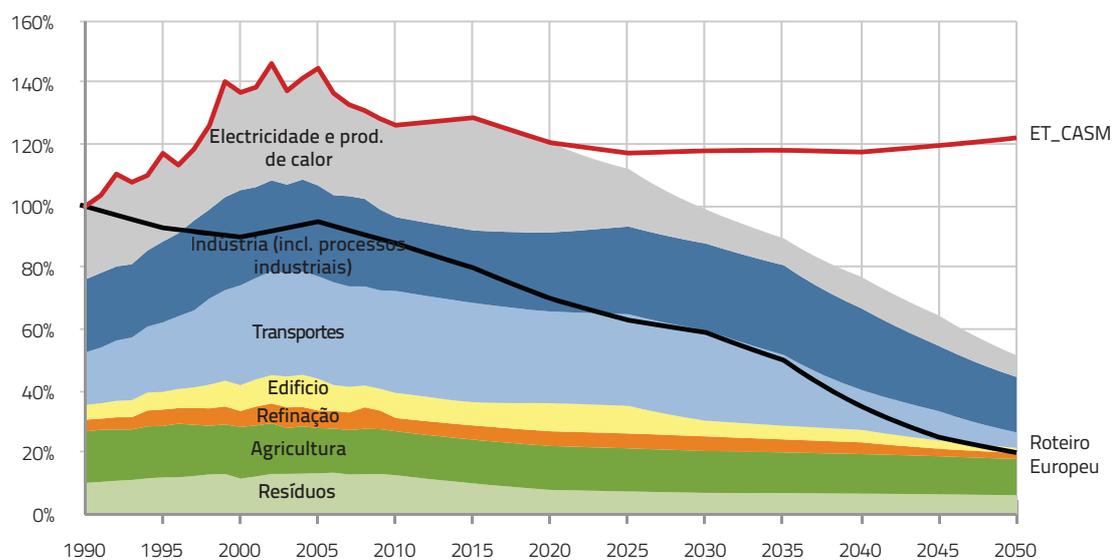


FIGURA 2 - Trajetórias sectoriais de baixo carbono com restrição de emissões de 60% no sistema energético; cenário Alto (em cima) e Baixo (em baixo) (1990=100%). Valores históricos de 1990 a 2010 (APA, 2012)

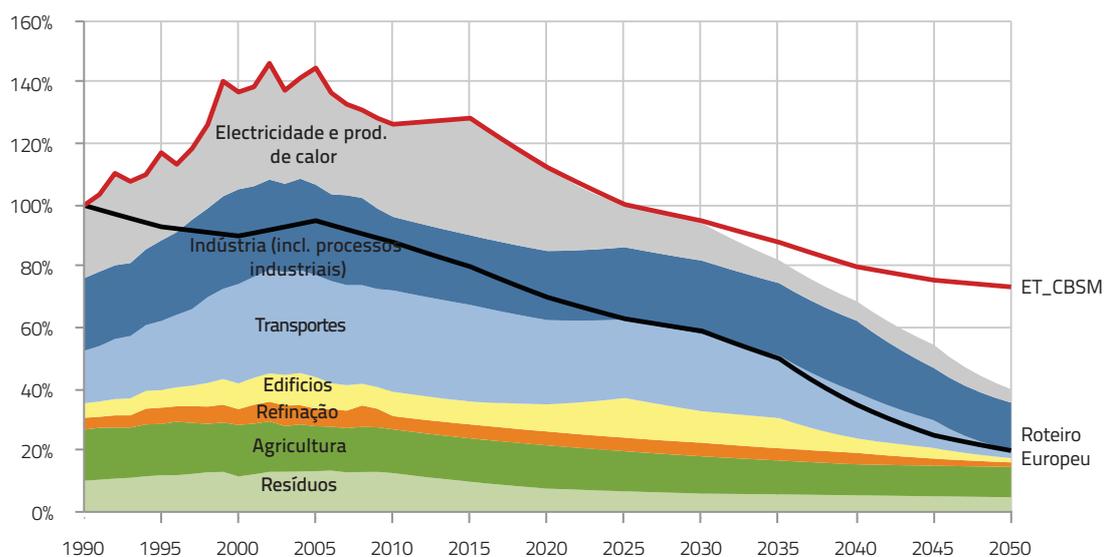
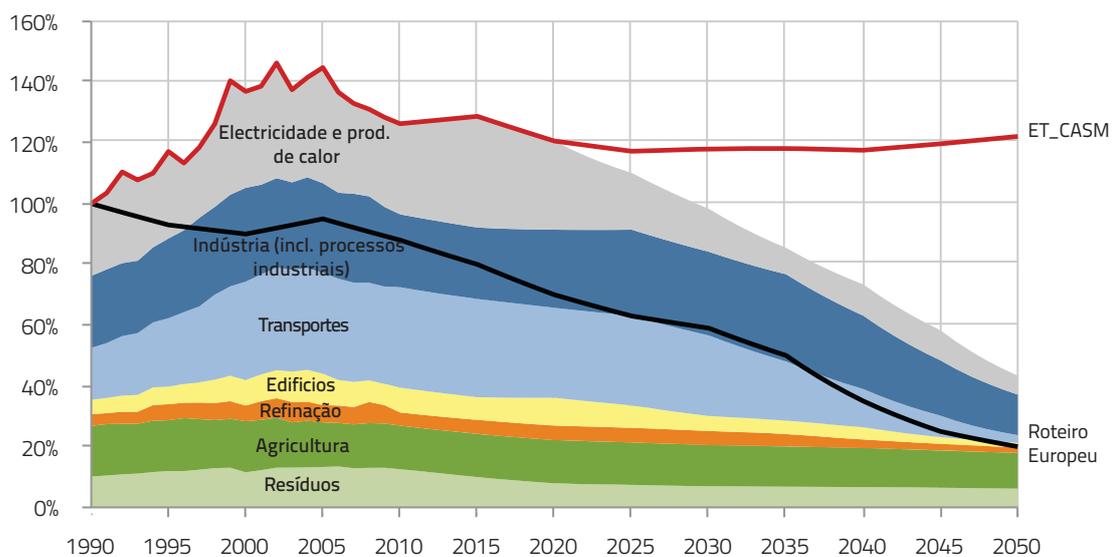


FIGURA 3 - Trajetórias sectoriais de baixo carbono com restrição de emissões de 70% no sistema energético; cenário Alto (em cima) e Baixo (em baixo) (1990=100%). Valores históricos de 1990 a 2010 (APA, 2012)

QUADRO 4 - Evolução das emissões de gases com efeito de estufa, total e por sector, nas diferentes trajetórias baixo carbono analisadas (% face a 1990)

| Sector | SEM RESTRIÇÕES | | | RESTRIÇÕES 60% (SISTEMA ENERGÉTICO) | | | RESTRIÇÕES 70% (SISTEMA ENERGÉTICO) | | | |
|--|----------------|-------------|-------------|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 | 2030 | 2040 | 2050 | 2030 | 2040 | 2050 |
| Total | 12% 20% | -6% 17% | -20% 19% | -27% 22% | -6% -2% | -28% -23% | -52% -48% | -6% -2% | -32% -27% | -60% -56% |
| Energia e processos industriais | 21% 31% | 3% 30% | -13% 33% | -21% 39% | 2% 15% | -23% -22% | -55% -54% | 2% 4% | -28% -27% | -65% -64% |
| Produção de eletricidade e calor | 15% 23% | -56% -32% | -69% -15% | -71% 2% | -56% -54% | -69% -57% | -72% -71% | -49% -41% | -73% -57% | -82% -74% |
| Indústria (incl. Processos industriais) | -10% 3% | -4% 27% | -3% 51% | 0% 71% | -4% 13% | -7% 4% | -42% -33% | -5% 10% | -9% -6% | -44% -53% |
| Transportes | 61% 74% | 47% 79% | -7% 20% | -19% 18% | 47% 72% | -9% -24% | -64% -71% | 47% 55% | -12% -26% | -84% -85% |
| Edifícios (residencial e serviços) | 85% 93% | 170% 197% | 164% 249% | 74% 175% | 167% 7% | 43% -15% | -54% -63% | 117% 4% | -1% -15% | -71% -67% |
| Agricultura (incluindo energia) | -7% -7% | -22% -12% | -37% -18% | -37% -20% | -22% -12% | -37% -18% | -37% -20% | -22% -12% | -27% -18% | -37% -20% |
| Resíduos | -25% -22% | -41% -32% | -47% -34% | -53% -39% | -41% -32% | -47% -34% | -53% -39% | -41% -32% | -47% -34% | -53% -39% |
| Alteração do uso do solo e floresta | -43% 24% | -54% 36% | -79% 23% | -74% 28% | -54% 36% | -79% 23% | -74% 28% | -54% 36% | -79% 23% | -74% 28% |

Valores cenário Baixo | cenário Alto
 * Comparação com 2009

COMPROMISSOS 2020

Em termos dos compromissos assumidos por Portugal até 2020 no âmbito da União Europeia, consideram-se de forma distinta as emissões abrangidas pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), e as emissões abrangidas pelas atividades fora do CELE. Verifica-se que, em 2020, as emissões abrangidas pelo CELE apresentam uma redução de -27% | -19% comparado com 2005 (cenários Baixo | Alto) e as emissões fora do CELE uma redução de -20% | -15%.

Os valores de redução de emissões fora do CELE comparam com a meta de emissões no âmbito do pacote energia clima assumida por Portugal, que corresponde a um aumento de 1% face a 2005 (nos setores não abrangidos pelo CELE). Constatam-se assim o potencial cumprimento da meta para o setor não CELE em qualquer dos cenários analisados. Estes resultados estão em linha com os resultados do cenário de referência da Comissão Europeia no âmbito do *working paper analysis of options beyond 20% GHG emission reductions: Member State results* que identifica, para Portugal, para as emissões das atividades não abrangidas pelo CELE, uma redução de -17% em 2020 relativamente a 2005.

Constata-se a existência de um potencial custo-eficaz para reduções significativas de emissões de GEE nas atividades abrangidas pelo CELE e fora do CELE, com maior magnitude nas atividades CELE. Globalmente, pode-se afirmar que existe um potencial custo-eficaz para atingir reduções de emissões de GEE superiores a -16% em 2020, relativamente a 2005.

No que diz respeito aos objectivos de eficiência energética estabelecidos para 2020, identifica-se para Portugal um potencial muito significativo, sempre superior a 20% quando comparado com um cenário BAU (*Business as Usual*), que assume uma estrutura de consumos no futuro exactamente similar à de 2005. Verificada a existência do potencial, torna-se no entanto necessário identificar e operacionalizar instrumentos de política capazes de o materializar.

O peso dos recursos renováveis no consumo final de energia deverá atingir em 2020 cerca de 31% | 29%, consoante se considere o cenário Baixo ou Alto. Assim, apenas no cenário Baixo é cumprido o objectivo estipulado para Portugal de 31% de energias renováveis no consumo final de energia. Relativamente à meta de 10% de utilização de energias renováveis nos transportes, verifica-se que em qualquer cenário apenas se atinge um valor de 6% por incorporação de biocombustíveis e eletricidade renovável. De referir que estes valores traduzem o potencial custo-eficaz de renováveis sem recurso a qualquer instrumento de política adicional. Assim, caso se implementem instrumentos de apoio ao desenvolvimento de renováveis a meta de renováveis na energia final será decerto atingida em ambos os cenários.

Emissões nos setores CELE e fora do CELE em 2020 e 2030 (% de redução face a 2005)

| | 2020 |
|--------------|--------------------|
| CELE | -27% -19% |
| Fora do CELE | -20% -15% |
| Total | -23% -17% |

Valores cenário Baixo | cenário Alto

INVESTIMENTO NUM FUTURO COMPETITIVO E SUSTENTÁVEL, DE BAIXO CARBONO

O custo total⁶ adicional para o sistema energético nas trajetórias com restrição de emissões foi avaliado face aos custos da trajetória sem restrições de emissões (Quadro 5). Na trajetória mais restritiva (70%), o custo total anual médio, no período de 2010 a 2050, varia entre 130 e 512 milhões de euros, i.e., 0,07% | 0,30% do PIB registado em 2010 (cenários Baixo e Alto). Na trajetória com restrição de 60%, o custo total anual médio, no mesmo período, varia entre 70 e 380 milhões de euros, i.e., 0,04% | 0,22% do PIB registado em 2010 (cenários Baixo e Alto).

O acréscimo de investimento representa uma das maiores fatias do custo total do sistema energético. Na trajetória mais restritiva, o acréscimo de investimento anual médio oscila, no período de 2010 a 2050, entre 57 e 306 milhões de euros, i.e., 0,03% | 0,18% do PIB registado em 2010. Na trajetória com restrição de 60%, o acréscimo de investimento anual médio oscila, no mesmo período, entre 28 e 253 milhões de euros, i.e., 0,02% | 0,15% do PIB registado em 2010. Estes valores de investimento médio anual comparam com o valor apontado no Roteiro da Comissão Europeia para toda a União Europeia, de 270 mil milhões de euros, equivalente a cerca de 1,5% do PIB da União Europeia.

Note-se que os custos adicionais de investimento incluem investimentos que se devem considerar inevitáveis num quadro de crescente convergência entre políticas de desenvolvimento económico e políticas de mitigação das alterações climáticas, sem os quais poderá ocorrer perda de competitividade da economia, em particular no espaço Europeu.

QUADRO 5 - Custos adicionais anuais para os cenários com restrição de emissões de GEE, face a trajetórias sem qualquer restrição

| | Trajetória com restrições de 60% | | | | Trajetória com restrições de 70% | | | |
|--------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| | Custos Totais | | Custos Investimento | | Custos Totais | | Custos Investimento | |
| | M€ ₂₀₁₀ | % PIB ₂₀₁₀ | M€ ₂₀₁₀ | % PIB ₂₀₁₀ | M€ ₂₀₁₀ | % PIB ₂₀₁₀ | M€ ₂₀₁₀ | % PIB ₂₀₁₀ |
| Baixo | 69 | 0.04 | 28 | 0.02 | 129 | 0.07 | 57 | 0.03 |
| Alto | 382 | 0.22 | 253 | 0.15 | 512 | 0.30 | 306 | 0.18 |

Refira-se a propósito os benefícios da poupança relativos à balança comercial de produtos energéticos, estimados para 2050 na ordem dos 500-1200 milhões de euros (cenário Baixo e Alto) na trajetória baixo carbono mais restritiva, e na ordem de 100-1400 milhões de euros (cenário Baixo e Alto) na trajetória baixo carbono com restrição de 60% (Quadro 6). Estas poupanças devem-se fundamentalmente a um recuo significativo no consumo de combustíveis fósseis compensado, em parte, por um aumento na importação de bioenergia, sendo as maiores poupanças registadas a nível da redução da importação de crude.

QUADRO 6 - Custos adicionais (M€₂₀₁₀) de importação de energia primária face a trajetórias sem meta de redução

| Cenário Macroeconómico | 2020 | Trajetória com restrições de 60% | | | Trajetória com restrições de 70% | | |
|------------------------|------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------|------|--------|
| | | 2030 | 2040 | 2050 | 2030 | 2040 | 2050 |
| Baixo | -11 | -50 | -141 | -109 | -78 | -347 | -542 |
| Alto | -17 | -421 | -1 032 | -1 429 | -275 | -358 | -1 279 |

⁶ Designa-se por custo total o somatório de todos os custos associados ao sistema energético, designadamente, custos de Investimento, operação e manutenção das tecnologias e custos dos recursos energéticos (nacionais e saldo importador). Não estão considerados neste somatório os custos de desmantelamento das instalações de tecnologias no fim do seu tempo de vida.

O custo médio de redução de emissões de CO₂ no setor energético e processos industriais evolui ao longo do período em análise nas trajetórias de baixo carbono, variando entre 9 €/tCO₂e | 24 €/tCO₂e e 29 €/tCO₂e | 36 €/tCO₂e, em 2030, respetivamente nas trajetórias com restrição 60% e 70%, cenários Baixo e Alto; entre 140 €/tCO₂e | 160 €/tCO₂e e 174 €/tCO₂e | 197 €/tCO₂e, em 2050, respetivamente nas trajetórias com restrição 60% e 70%, cenários Baixo e Alto. O custo marginal pode atingir valores muito elevados (2 a 6 vezes mais elevado dependendo da trajetória e do cenário), sobretudo no período final, para os quais será necessário acomodar instrumentos adequados de forma a não representarem um impacto negativo nas actividades económicas onde se verificam. Com as devidas ressalvas, estes valores comparam com os custos médios de redução de GEE verificados em 2050 no âmbito do Roteiro da Comissão Europeia que se situam entre os 100 e os 370 €/tCO₂e.

O impacto das restrições de emissões de 60% e 70% no sistema energético em 2050 no crescimento macroeconómico nacional, quantificando não apenas os impactes directos associados à produção e consumo de energia mas também os efeitos indirectos inerentes às interligações entre os vários setores da economia, foram igualmente avaliados através de um modelo económico de equilíbrio geral representando o setor económico Português entre 2005 e 2050. A partir de 2020 nota-se um impacto progressivo nas taxas de crescimento anuais do PIB nos cenários com restrições de emissões comparativamente às trajetórias sem restrições (Quadro 7). O Quadro 8 indica a variação em cada década entre os cenários Alto e Baixo das trajetórias com restrições de emissões comparativamente à trajetória sem restrições. Confirma-se desta forma um impacto crescente no PIB das trajetórias com restrições, que no entanto se limita a -2,4% | -1% (cenário Baixo e Alto) do PIB de 2050 na trajetória com restrição de 60%, e a -5,1% | -2,2% (cenário Baixo e Alto) do PIB de 2050 na trajetória com restrição de 70%. Tendo em conta o crescimento previsto do PIB nacional para o período, tal impacto corresponde a uma diminuição ligeira do crescimento do PIB nas trajetórias baixo carbono comparadas com a trajetória sem restrições (e pelo mesmo motivo com menor expressão em termos relativo nos cenários Alto, devido à mais expressiva taxa de crescimento anual considerada) e não a uma diminuição efetiva do PIB, de tal forma que se poderá dizer que o impacto corresponde no máximo ao atraso de um ano de crescimento nos quarenta e cinco anos do período analisado (2005-2050). Ou, por outras palavras, atingir o PIB previsto para 2050 apenas em 2051. Este impacto no PIB explica-se pelo facto dos setores industriais necessitarem de apostar em tecnologias mais eficientes e que utilizem recursos energéticos de baixo carbono que têm como reflexo o aumento do seu custo produtivo e consequentemente a redução da respectiva procura, sobretudo nos setores mais intensivos em carbono.

QUADRO 7 - Taxas de crescimento anual do PIB (%) nas trajetórias e cenários considerados

| Trajetoórias | Cenário | 2005-10 | 2010-15 | 2015-20 | 2020-30 | 2030-40 | 2040-50 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Sem restrições | Baixo | 0,5% | 0,4% | 1,0% | 1,0% | 1,0% | 1,0% |
| | Alto | 0,5% | 0,4% | 3,0% | 3,0% | 3,0% | 3,0% |
| Restrições 60% (sobre o sistema energético) | Baixo | 0,5% | 0,4% | 1,0% | 0,96% | 0,91% | 0,88% |
| | Alto | 0,5% | 0,4% | 3,0% | 3,00% | 2,95% | 2,98% |
| Restrições 70% (sobre o sistema energético) | Baixo | 0,5% | 0,4% | 1,0% | 0,95% | 0,87% | 0,64% |
| | Alto | 0,5% | 0,4% | 3,0% | 2,99% | 2,94% | 2,88% |

Valores cenário Baixo | cenário Alto

QUADRO 8 - Variação (%) do PIB entre as trajetórias com restrições de emissões comparativamente à trajetória sem restrições

| Trajetoórias | Cenário | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|---------|-------|-------|-------|-------|
| Restrições 60% (sobre o sistema energético) | Baixo | 0,0% | -0,2% | -1,2% | -2,4% |
| | Alto | -0,1% | -0,2% | -0,9% | -1,0% |
| Restrições 70% (sobre o sistema energético) | Baixo | 0,0% | -0,4% | -1,7% | -5,1% |
| | Alto | -0,1% | -0,3% | -1,1% | -2,2% |

Valores cenário Baixo | cenário Alto

A mobilização do potencial de investimento do setor privado e dos consumidores individuais representa um grande desafio. Embora a maior parte deste investimento suplementar seja futuramente recuperado com a redução das facturas de energia e com aumentos de produtividade, os mercados tendem a não considerar os ganhos futuros e a ignorar os riscos de longo prazo. Uma questão fundamental é, portanto, como poderá a política de enquadramento adoptada criar condições que facilitem esses investimentos, nomeadamente através de novos modelos de financiamento.

O aumento do investimento interno constitui uma oportunidade soberana para aumentar a produtividade, o valor acrescentado e a produção de uma vasta gama de indústrias da União Europeia (indústria automóvel, produção de electricidade, equipamento industrial e de rede, materiais de construção com eficiência energética, setor do imobiliário), que são fundamentais para o crescimento e a criação de emprego no futuro.

Além do seu benefício principal – a redução das emissões de gases com efeito de estufa – a transição para uma economia de baixo carbono e competitiva trará outros benefícios essenciais.

O impacto das trajetórias de baixo carbono no emprego direto foi estimado de modo aproximado no setor electroprodutor e na indústria. Em particular a geração de emprego verde nas renováveis mais que duplica enquanto a deterioração do emprego nas instalações energéticas convencionais e na indústria fica pelos -7%, quando comparado com um cenário sem meta de redução. No entanto, estes valores devem ser interpretados com cautela, na medida em que se baseiam em indicadores estáticos por setor de atividade, e que não é considerado o setor dos serviços.

Finalmente, outro impacto adicional estimado diz respeito ao co-benefício esperado sobre a redução das emissões acidificantes, que se pauta por uma redução crescente ao longo do período nos custos anuais de danos associados a estas emissões, estimando-se em cerca de 56 M€ em 2030 e 240 M€ em 2050 devido à redução das emissões de NO_x, e de SO₂.

SÍNTESE CONCLUSIVA

O RNBC expõe uma série de elementos importantes a ter em conta no planeamento das ações de Portugal destinadas a fazer face às alterações climáticas, apontando orientações estratégicas para que, em 2050, Portugal tenha uma economia simultaneamente de baixo carbono e competitiva. Esta transição para uma economia de baixo carbono e competitiva implica uma maior atenção às políticas de eficiência energética e de gestão eficiente de recursos.

O Roteiro vem afirmar a viabilidade técnica e económica das reduções globais de emissões entre 50% e 60% (considerando restrições de 60-70% no setor energético) face às emissões registadas em 1990. Estes valores estão em linha com os objectivos europeus e com a convergência a longo prazo das emissões per capita a nível global, em torno das 2 toneladas de CO₂e/hab.

Consequentemente, Portugal parece ter condições para prossecução desse objetivo político de longo prazo, alinhado com as orientações políticas a nível da União Europeia e em coerência com as linhas de atuação da comunidade internacional em matéria de alterações climáticas, oferecendo ainda condições e estabilidade no mercado para investimentos de baixo carbono.

De acordo com o RNBC, a definição de trajetórias de baixo carbono para Portugal tem as seguintes vantagens:

- reduzem substancialmente a dependência energética do país (para cerca de 50%) e contribuem, por essa via e de forma significativa, para a redução dos desequilíbrios da balança comercial portuguesa e para a diversificação das fontes de energia;
- reduzem a imprevisibilidade dos custos para a economia resultantes do aumento previsível dos custos de energia associados aos combustíveis fósseis;
- estão em consonância com as tendências políticas na definição das políticas comuns de agricultura e energia e em conformidade com a linha política europeia reforçando o papel de liderança da Europa no combate às alterações climáticas;
- asseguram uma perspetiva de mais longo prazo para orientação das políticas setoriais, em particular no setor da energia, desse modo também criando condições e estabilidade no mercado para investimentos de baixo carbono;
- promovem a investigação, o desenvolvimento e a demonstração em recursos e tecnologias renováveis em que vários grupos de investigação e empresariais investiram nos últimos anos;
- a ausência de trajetória poderá aumentar o risco de serem perpetuados investimentos em tecnologias intensivas em carbono comprometendo reduções de emissões a médio-longo prazo;
- contribuem para a melhoria de qualidade do ar, sobretudo nas cidades, com impactos positivos na saúde pública⁷. A redução do custo de dano associado à redução de emissões acidificantes (SO₂ e NO_x) foi estimado entre 195-242 M€ em 2050.

⁷ A redução do custo de dano associado à redução de emissões acidificantes (SO₂ e NO_x) foi estimado entre 195-242 M€ em 2050

TÍTULO

ROTEIRO NACIONAL DE BAIXO CARBONO
ANÁLISE TÉCNICA DAS OPÇÕES DE TRANSIÇÃO
PARA UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO COMPETITIVA EM 2050

AUTOR

Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.
Comité Executivo da Comissão para as Alterações Climáticas

EDITOR

Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

DATA DE EDIÇÃO

Mai de 2012

LOCAL DE EDIÇÃO

Amadora

