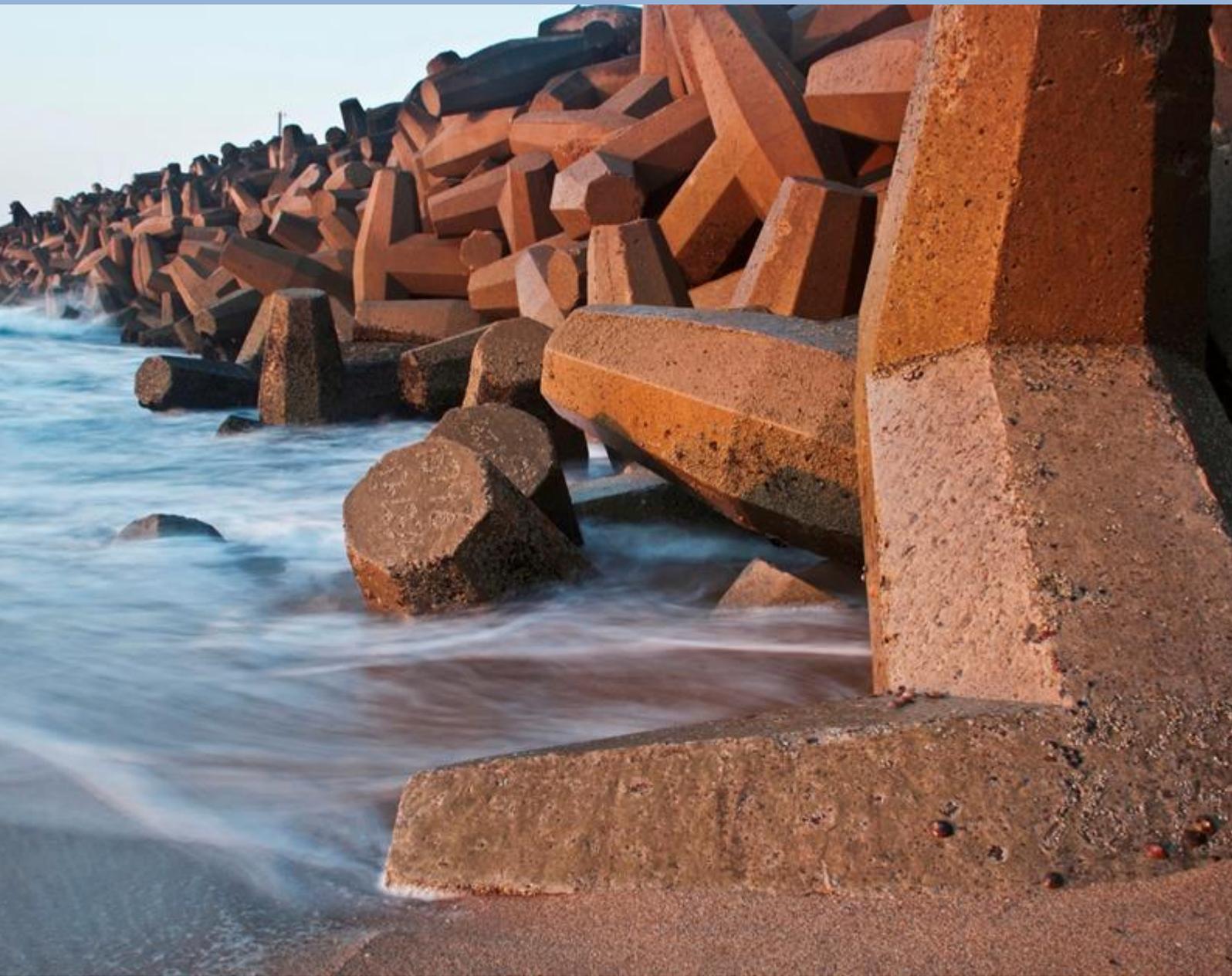




RNC2050 | Roteiro para a Neutralidade Carbónica

COMENTÁRIOS DA ATIC AOS RESULTADOS PRELIMINARES DO RNC2050 NA SEQUÊNCIA DA APRESENTAÇÃO PÚBLICA DE 04 DE DEZEMBRO DE 2018 E DA REUNIÃO DE STAKEHOLDERS DO RNC2050/ ENERGIA & INDÚSTRIA APRESENTADO EM 26 DE NOVEMBRO DE 2018

Dezembro de 2018





Na sequência da sessão para *stakeholders* dedicada aos setores da Energia & Indústria, realizada no passado dia 26 de novembro e apresentação pública de 04 de dezembro do estudo completo, onde foi feita a apresentação e discussão dos primeiros resultados dos cenários de emissões sectoriais e próximos passos deste processo, resultam um conjunto de comentários do sector cimenteiro nacional.

Antes da apresentação dos comentários do sector entendemos ser de felicitar a equipa do RNC2050 pelo enorme e excelente trabalho realizado. Além deste trabalho constituir um excelente guião com caminhos e pistas para a tomada de decisões e investimentos (informados) de longo prazo com vista à neutralidade carbónica da economia portuguesa, encerra em si uma abordagem holística que permite agregar esforços com essa finalidade e permitirá o diálogo entre os vários sectores da economia e destes com os decisores políticos. É, por outro lado, um excelente exemplo do tipo de análises prospectivas, infelizmente não muito em voga em Portugal, que consideramos fundamentais para se construir uma visão de desenvolvimento estratégico para Portugal.

Sem pretender tirar qualquer mérito a este exercício de grande qualidade, entendemos que o grupo de trabalho do Roteiro para a Neutralidade Carbónica (RNC2050) assumiu alguns pressupostos que deverão agora ser analisados com maior atenção e validados por todos os sectores intervenientes. Durante o período de consulta pública dos resultados preliminares do RNC2050, que agora se irá seguir, e na posse dos Anexos Técnicos que sustentam toda a análise efectuada, estaremos em condições de ajustar o que for necessário e começar a transformar aquilo que, até agora, são apenas cenários em verdadeiros planos de acção destinados a ligar as peças deste imenso puzzle. A análise cuidadosa dos Anexos Técnicos requer, contudo, o respectivo envio com algum tempo de antecedência.

De referir que, dos elementos, previsões e pressupostos enviados pela ATIC, apenas alguns destes foram acomodados na modelação **The Integrated MARKAL-EFOM System (TIMES)** do RNC2050; outros, que apesar das dificuldades actuais reputamos de determinantes para o futuro do sector num cenário de descarbonização profunda, devido à metodologia adoptada, não o foram, e isso constitui motivo de alguma preocupação. Entendemos que as situações particulares de cada sector devem ser tidas em consideração se quisermos encontrar uma solução óptima para o conjunto da nossa economia.

Entendemos que o calendário político, marcado pela realização do COP24 em Katowice (Polónia), exigiu a aceleração da etapa final deste importante trabalho, não permitindo uma análise prévia mais aprofundada a nível intersectorial e a um nível mais alargado da sociedade portuguesa. Estamos, contudo, confiantes que isso irá ser facilmente ultrapassado e tido em conta nas próximas etapas deste trabalho pois não poderia deixar de ser de outra forma.

Dito isto, juntamos alguns comentários mais detalhados relativos a aspectos que consideramos da maior importância considerar e/ou, em relação aos quais, gostaríamos de ter mais esclarecimentos:

Importância da futura interacção sectorial e formas de a promover: Como referido, por nós, em diversas ocasiões, entendemos que **nenhum sector conseguirá sozinho alcançar a neutralidade em carbono, trata-se de um desígnio da sociedade, por isso, é importante perceber para além do trabalho de mitigação que cada um está a desenvolver**



individualmente através dos respectivos projectos e roteiros sectoriais, a nível nacional e europeu, quais os efeitos multiplicadores que poderão advir de uma acção conjunta devidamente coordenada e, dessa forma, potenciar significativamente a mitigação de CO₂. Isso, até agora, só foi feito em parte e de forma muito acelerada.

A Energia, Água & Resíduos, Florestas & Agricultura (uso sustentável do solo), Cidades 2050 e Economia Circular são, de uma forma directa ou indirecta, aspectos relevantes para o nosso sector e gostaríamos de poder ter, futuramente, uma participação mais activa nesses grupos ou, pelo menos, de ter a possibilidade de comentar algumas das conclusões dos Anexos Técnicos ou futuros trabalhos no âmbito do RNC2050, as quais desconhecemos por completo até à presente data.

Ferramenta de modelação TIMES: A ferramenta de modelação TIMES é muito importante como auxiliar, mas não pode substituir, de forma alguma, a nossa análise ponderada dos cenários sectoriais em linha com os respectivos roteiros e, sobretudo, a riqueza de uma interacção directa entre sectores para entender todas as interligações a explorar e identificar possibilidades de simbioses industriais e benefícios comuns que uma ferramenta deste tipo não estabelece automaticamente se não for devidamente parametrizada para o efeito. Ninguém conhece melhor os sectores e as suas necessidades do que os próprios sectores.

Os modelos são muito importantes, mas não reflectem este tipo de conhecimento próprio de cada sector e os seus resultados ficarão aquém do desejado se os pressupostos de base não tiverem sido bem discutidos, ajustados e consensualizados entre todos de forma a encontrar a visão mais próxima daquilo que será, com enormes graus de incerteza, o “futuro possível”.

Assim sendo, vemos este trabalho como uma primeira iteração de um projecto muito mais amplo e complexo que irá sofrer ajustamentos significativos e contínuos ao longo dos próximos meses e, até mesmo, anos e, simultaneamente, avaliar as suas implicações do ponto de vista económico e social de formar a procurar compatibilizar, na medida do possível, todos os objectivos.

Não poderia ser de outra forma, pois existe uma grande disparidade de opiniões a nível nacional e internacional sobre muitos dos temas tratados neste roteiro, a qual será gradualmente ultrapassada, mas a tarefa de conciliar algumas dessas opiniões não se afigura um trabalho fácil.



Aspectos “soft” que não são contemplados pela ferramenta TIMES: Muitas das transições / transformações futuras dependerão de **fenómenos comportamentais e sociológicos** e terão de lidar com reacções das gerações mais velhas, menos abertas à mudança, e das gerações mais novas e vindouras, que não foram ainda estudados e, por isso, há que medir muito bem todas as suas consequências de forma a definir as etapas, pontos de controlo e avaliação, ajustamento, diálogo e comunicação políticos. Em democracia (queremos mitigar as emissões, não a democracia), uma transição energética / ecológica ou, como muitos lhe querem chamar, transformação, tem que ser feita em sintonia e não contra a sociedade, empresas e cidadãos, o que exige um cuidado e uma inteligência política extremos, para não se correr o risco, na ânsia de transformar “a todo o vapor” os nossos paradigmas energético e de carbono, de desencadear movimentos inesperados difíceis de controlar pelo facto de a sociedade não se encontrar mobilizada para o efeito.

O **sector financeiro** deverá ter um papel importante a desempenhar no apoio à transição/ transformação para uma sociedade de emissões “net-zero” uma vez que poderá reorientar os investimentos e fluxos de capital para as necessárias soluções e, para tanto, deverão ser criados os necessários mecanismos financeiros. O Fundo de Inovação do EU-ETS é uma ferramenta destinada a ajudar na demonstração de tecnologias de baixo e zero carbono, que permitam a transição para uma economia descarbonizada, conforme estabelecido na estratégia de redução de emissões a longo prazo. O estado português deve consultar os sectores nas decisões a tomar (e.g., detalhes dos avisos de candidaturas, listas de projectos pré-seleccionados, etc.). O papel do estado em potenciar, em conjunto com a iniciativa privada, alguns destes novos mecanismos (e.g., emissão de “*green bonds*”, etc.) em articulação com outros mecanismos de financiamento europeus e nacionais a fundo perdido e de empréstimo (dívida, *equity*, garantia), existentes e futuros, é de importância fundamental para vencer os hiatos financeiros e os riscos tecnológicos associados ao desenvolvimento destas novas tecnologias. **Refira-se a este propósito o programa Horizon Europe, cujo montante previsto de 100.000 milhões de euros, corre o risco de não vir a ser afectado a projectos de CCUS.**

Uma avaliação destes dois últimos aspectos deveria constituir uma componente futura deste roteiro.

A adaptação às alterações climáticas e o impacto nos cenários de mitigação: O facto de a **tónica do projecto assentar exclusivamente na mitigação** e, com grande pena nossa, as necessidades de adaptação às alterações climáticas terem sido completamente esquecidas nesta primeira etapa deste importante roteiro RNC2050 parece-nos ser um aspecto importante a corrigir **nas discussões que se irão agora seguir.**

Mitigação & Adaptação fazem parte da mesma equação e deveriam andar de mão dada e, assim sendo, entendemos, que **nos cenários agora considerados deveriam ser tidos em conta impactes explícitos das alterações climáticas em Portugal, nomeadamente, factores muito importantes como o acentuar da frequência de fenómenos extremos e o seu impacto nos sectores económicos, o aumento gradual da temperatura, o aumento do consumo de energia para refrigeração (conforto e outros), a erosão costeira, o reforço de resiliência / redundância de todo o tipo de infraestruturas, o efeito “ilha de calor” nas grandes cidades, inundações / secas**

prolongadas, a indisponibilidade hídrica, aridez do território, riscos de incêndios florestais, a produção de energia, que, em conjunto, irão exigir medidas de adaptação importantes, que afectarão de forma muito significativa os pressupostos e os resultados dos actuais cenários e muitas das futuras decisões políticas. O binómio sistemas de energia / água, em particular, é de uma importância extrema para um país como Portugal. Além disso, existem aspectos que não deverão ser descuidados, tais como: a necessidade de reforma, reabilitação e adequação das infraestruturas urbanas; a reabilitação integral dos edifícios públicos e privados com vista ao aumento da resistência sísmica, eficiência térmica,



acessibilidades e habitabilidade. Tratam-se de questões que terão uma implicação decisiva na procura de materiais de construção, em particular, aqueles que fabricamos.

Todos estes aspectos, a não serem tidos em conta num documento deste tipo, deixarão de fora dados importantes para o desenvolvimento sustentável de Portugal e, devemos estar cientes de que pouco importa o que fizermos em matéria de mitigação se os outros países do mundo, que em conjunto ultrapassam as nossas ínfimas emissões, não nos acompanharem também nesse esforço. Este, parece-nos ser um importante argumento a favor do tratamento da adaptação neste roteiro que, essa sim podemos influenciar em nosso proveito, e do seu papel fundamental no nosso futuro.

Os impactes das alterações climáticas são já hoje de tal forma evidentes, que deveriam determinar de imediato a maior ou menor viabilidade de muitas das medidas de mitigação que estamos a avaliar nesta fase, não devendo ficar fora de um roteiro de neutralidade carbónica como este.

Entendemos a dificuldade, face aos calendários políticos, mas é pena, pois consideramos constituírem um aspecto determinante a ter em conta já que tendo, seguramente, um impacto relevante nos cenários também o terá nos resultados finais. Fazemos votos de que isto venha a ser corrigido numa fase mais avançada do projecto.

A descarbonização da rede eléctrica nacional, o seu reforço em capacidade e consequências: A descarbonização da rede eléctrica nacional, quando comparada com os desafios da indústria, é considerada a parte “relativamente” mais fácil deste processo, pelo facto da tecnologia já se encontrar disponível, mas ainda assim existem desafios associados que deverão ser estudados em conjunto, como é o caso das interligações, da armazenagem de energia e da descentralização da produção.

O papel das interligações e da armazenagem de energia (apenas um pouco de capacidade de bombagem das hídricas, segundo nos pareceu, e nada mais) não estão, em nosso entender, a ser devidamente considerados no actual modelo de forma a precaver o risco de “curtailment” decorrente da crescente procura / produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis e da sua transmissão e distribuição. É um aspecto que poderá vir a impedir o futuro desenvolvimento de projectos deste tipo.

Por outro lado, a **descentralização da produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis** só incluiu as iniciativas **comercial** e a **doméstica** deixando completamente de fora a iniciativa **industrial** que, em nosso entender, deverá ter um papel muito importante no futuro.

Independentemente da eficiência energética que se espera alcançar para os processos actuais da nossa indústria, nomeadamente a moagem de cru e cimento, combustão, transporte e produção descentralizada de energia eléctrica, a introdução de tecnologias completamente novas, como o CCUS, fundamental para o nosso sector e para todos os sectores com um nível elevado de emissões de processo, irão representar um **acréscimo significativo do consumo** de, pelo menos, 2,5-3x e ainda não estamos a pensar numa possível electrificação do processo de produção de clínquer que ainda está longe de ser possível.

Este tipo de necessidades deverá, por conseguinte, ser tido em conta em termos de dimensionamento, “inteligência” e descentralização da futura rede eléctrica nacional para se **avaliar as necessidades e o volume global dos investimentos a realizar em reforço de capacidade da rede e em produção para autoconsumo industrial (produção descentralizada)**. A possibilidade de instalação de equipamentos de produção para autoconsumo, com a opção de venda de excedentes à rede (conceito de *prosumer*), de uso de excedentes para a produção de oxigénio e hidrogénio ou outro tipo de soluções (e.g.,



instalação de mini-empresas adjacentes para conversão de CO₂ em produtos de valor acrescentado, i.e., e-fuels para transportes e produtos químicos), com menores perdas de transporte, pode vir a tornar esta produção descentralizada muito atractiva caso sejam criadas as condições para o efeito.

As grandes unidades industriais dispõem, em geral, de grandes áreas adjacentes (e.g., no nosso caso pedreiras ou áreas de protecção) que poderiam ser utilizadas para a produção de energia eléctrica renovável (solar fotovoltaico e eólica) e o licenciamento destas soluções e das respectivas ligações à rede eléctrica nacional deverão ser incentivados e facilitados através de quadros regulatórios apropriados. Não vimos qualquer referência no RNC2050 à energia dos oceanos, ondas e marés, disponível 24/24h, a qual, no caso de Portugal, pode ter um impacte significativo na produção de energia eléctrica, e talvez valesse a pena explorar esta possibilidade.

Só haverá investimento na tecnologia de captura de CO₂ se houver previsibilidade no futuro desenvolvimento da infraestrutura necessária para transporte, uso e sequestro de CO₂. São necessários estudos mais detalhados sobre este tema tendo em conta as necessidades colectivas dos diferentes sectores para perceber melhor como as soluções podem evoluir.

Flexibilidade da armazenagem de energia em vários horizontes temporais e o CCU: As energias renováveis apresentam intermitências horária, diária, semanal, mensal e anual, não podendo por si só garantir o fornecimento regular que se exige. Com o muito provável encerramento das centrais termoeléctricas a carvão na próxima década, as hidroeléctricas e as atuais centrais de ciclo combinado a gás natural (CCGT), do sistema eléctrico nacional, poderão não ser suficientes para assegurar a reserva de capacidade numa situação de carência. Ou se constrói nova capacidade de produção com base em CCGT, ou se reforçam as interligações entre Portugal, Espanha e França (estrategicamente pouco seguro em termos de auto-suficiência energética nacional), ou se adoptam outras soluções. A tecnologia CCU tem a vantagem, relativamente a outras soluções, de permitir a armazenagem de energia em grande escala, de uma forma concentrada, sobretudo, num horizonte de médio e longo prazo, com requisitos mínimos ao nível de ocupação e uso do solo, de forma a que o sistema eléctrico tenha ao seu dispor uma reserva de capacidade que possa entrar rapidamente em operação ou, preferencialmente, assegurar uma necessidade sazonal.

O mercado de energia tem, por outro lado, necessidades e horizontes temporais de flexibilidade de armazenagem (e até estratégicos) totalmente diferentes. É preciso pensar em **armazenagem de energia, de curto, médio e longo prazo** (e.g., tempo real, diário, semanal, mensal, sazonal ... e estratégico), olhando para os diferentes tipos de redes como um todo integrado, o que faz com que as **tecnologias de armazenagem de energia** a considerar para o efeito devam ser completamente diferentes e variadas (e.g., baterias, ar comprimido, bombagem hídrica, “baterias de processo”, armazenagem química, P2G com armazenagem subterrânea de gás natural, etc.). Além disso, como grande consumidor de energia, **o sector cimenteiro pode contribuir através do planeamento do seu processo de produção, o que já é feito em parte, com serviços de flexibilidade para a armazenagem de energia, sob a forma de “baterias de processo”, nomeadamente, através dos processos existentes de britagem, moagem de cru, cimento e combustíveis sólidos (estes menos importante) em conjugação, dentro de certos limites, com a armazenagem em silos ou stocks dos respectivos produtos britados e moídos.** Hoje em dia, muitos destes consumos já são realizados em período nocturno. Num outro sentido, mas dentro das necessidades de flexibilidade da rede, o mecanismo de interruptibilidade para unidades industriais como as nossas, que têm algumas possibilidades de modulação de carga, tem funcionado muito bem e constituído um importante serviço prestado à rede eléctrica nacional. É um mecanismo que não deverá ser posto de parte pois o previsível aumento da procura de energia com as futuras necessidades, poderá ser obtido numa primeira etapa através de um mecanismo deste tipo, pelo que este não deverá ser condicionado pela recente estagnação dos consumos (recessão económica) que gerou



excedentes da capacidade que, no contexto actual, diminuiram a importância do recurso a este mecanismo.

A estes mecanismos de flexibilidade poderá juntar-se, no futuro, a produção de hidrogénio (para conversão de CO₂) e oxigénio (oxyfuel), a partir da electrólise ou, um passo à frente, a conversão do CO₂, após captura, em produtos de valor acrescentado. Nada disto foi ainda analisado e será importante fazê-lo no futuro, apesar das incertezas ainda existentes.

Redução da independência energética de Portugal e utilização dos recursos endógenos: A possibilidade de redução da dependência energética de Portugal parece-nos ser, também, um aspecto estratégico a não descurar nesta análise e, nesse sentido, deveríamos ter vistas mais amplas e olhar para as mais variadas soluções e para a sua economia tendo em conta que o seu custo tenderá a cair à medida que a sua penetração aumentar. **A questão da armazenagem de energia entronca neste aspecto.**

A infraestrutura será essencial para facilitar a integração dos sistemas energéticos europeus, juntamente com a digitalização e os combustíveis de baixo carbono.

As possibilidades de ligação das diferentes redes de transporte entre *clusters* de indústrias e destas a *hubs* com ligação europeia / internacional, fomentando a cooperação transfronteiriça e regional, é outro aspecto crítico que deverá ser estudado pois afectará decisivamente a análise de custos e permitirá viabilizar muitos projectos.

O modelo de simulação deverá ter em conta esta necessidade. Parece-nos, contudo, que este aspecto não foi ainda devidamente contemplado nesta “versão beta” do RNC2050 e é pena porque este tipo de considerações altera por completo a determinação dos custos. É um exercício complexo, é certo, mas faz todo o sentido pensar nele.

Tem, por conseguinte, que ficar muito mais claro o conjunto de pressupostos estabelecidos para as futuras redes nacionais (e.g., eléctrica, gás natural, CO₂ e H₂) e respectiva interligação. Isto permitira perceber melhor por que razão, no caso do CCUS (oxy-combustão e pós-combustão), podendo a tecnologia de captura de CO₂ vir a ser custo-eficaz no sector cimenteiro (uma necessidade para fazer face às emissões de processo), não o ser o seu transporte e armazenamento ou, até mesmo, a sua utilização na produção de combustíveis sintéticos e outro tipo de produtos químicos com base em conceitos de armazenagem de energia (P2G2P).

A captura, uso e sequestro de CO₂ para, em conjunto com energias renováveis, pensar em novas tecnologias de armazenagem de energia ligando as redes eléctricas às redes de gás e permitindo a respectiva intermutabilidade (e.g., soluções P2G2P, produção de bio-metano, metano e metanol, considerados recursos endógenos, a partir de CO₂ e de H₂, este último a partir da electrólise da água, etc.) está neste momento a ser estudada em muitos países.

A combinação das redes de gás natural e de hidrogénio (a introdução do H₂ de forma massificada enquanto fonte de energia “limpa”, segura e económica e enquanto fonte de armazenamento de energia do futuro é inevitável) deverão ser tidas em conta, nomeadamente, a incorporação, numa fase inicial e antes de se constituir como uma rede autónoma, de hidrogénio na rede de gás natural (10%? 15%? 20%?) e redes independentes de hidrogénio. O CO₂ capturado na indústria cimenteira e noutras indústrias que potencialmente recorrerão a esta tecnologia, deverá entrar nesta equação **e, nesse sentido, os especialistas terão de se pronunciar.**



Que possibilidades existem de usar as redes de gás natural existentes (algumas) para o transporte de CO₂? Onde e como pode ser feito o transporte de hidrogénio?

Desenvolvimento e financiamento partilhado das infraestruturas: Há necessidade de reforço das redes eléctricas e de gás natural existentes, mas não se sabe ainda como será financiada essa futura infraestrutura, contudo, isso não deverá impedir a avaliação de soluções.

A análise e o investimento em infraestruturas é algo que ultrapassa a dimensão dos sectores isoladamente e que exigirá um enorme esforço público a exemplo do que já está a ser feito noutros países europeus, sob pena de se penalizar a indústria nacional face à congénere europeia.

O esforço da indústria deverá ser acompanhado de um esforço efectivo por parte do Estado português, devendo o orçamento comunitário continuar a ser um catalisador deste tipo de investimentos. O que está a ser pensado neste sentido?

Para além do trabalho individual óbvio que compete a cada sector realizar individualmente, o desenho estratégico conjunto das necessidades das nossas infraestruturas, é a única forma de se **poder trabalhar de uma forma colaborativa ao nível de todos os sectores e de, encontrando sinergias e benefícios comuns, se conseguir alcançar um efeito exponencial no que diz respeito à redução das emissões de CO₂** para, através disso, se chegar ao objectivo desafiador da neutralidade carbónica da nossa economia até 2050.

Se as condições criadas levarem a que não seja produzido cimento em Portugal, este será seguramente produzido do outro lado do Mediterrâneo ou até mais longe, sujeito a muito menos restrições, porque, sendo um bem estratégico básico para a construção de edifícios e de todo o tipo de infraestruturas, vai continuar a ser necessário à nossa economia, mas será produzido de uma forma muito menos eficiente do que até aqui (produção e transporte) com evidentes, à nossa dimensão, desvantagens climáticas. Além disso, este sector está intimamente interligado a diversos outros sectores lucrativos da nossa economia, quer como cliente (energia, matérias-primas, bens de equipamento, engenharia, produtos químicos, lubrificantes, transportes, instalações portuárias, software, IA, manutenção, serviços) quer como fornecedor (tratamento de resíduos, betão-pronto, pré-fabricados em betão, argamassas secas, argamassas especializadas, materiais de construção, construção civil, etc.) que, em conjunto, representam um grande número de postos de trabalho e uma parte importante do PIB nacional

Uma análise, a par e passo, daquilo que os outros países estão a fazer em termos de descarbonização deve ser tido em conta para não criar riscos de deslocalização e perda de competitividade das empresas.

Opções tecnológicas decorrentes da ferramenta TIMES: no que se refere às opções tecnológicas para a descarbonização do sector foi-nos referido, pela equipa do RNC2050, a introdução na ferramenta de modelação TIMES de um conjunto de tecnologias fornecidas pelo nosso sector: a redução da incorporação de clínquer na produção de cimento com a respectiva substituição por outros materiais, a eficiência energética, a substituição de petcoke por outras fontes de energia, nomeadamente CDRs e biomassa (co-processamento), fornos equipados com sistemas captura de CO₂ (Post-Combustion, Oxyfuel), recuperação de calor residual de processo (WHR) e até de energia solar concentrada (CSP), para produção de calor (possibilidade de exploração de aquecimento renovável sustentável para *district heating*) / energia eléctrica para fins industriais ou domésticos. Todavia, pelo facto de essas opções de descarbonização não serem impostas na



ferramenta TIMES, cabendo a esta ferramenta de modelação optar por aquelas que considerar mais custo-eficazes para a descarbonização do sistema energético nacional, acontece que diversas dessas tecnologias fundamentais para a estratégia de descarbonização do sector **não foram sequer consideradas**, levando a **assumpções desfasadas da realidade e dos objectivos a que nos propusemos**. Refira-se, a este propósito, o **envolvimento do sector cimenteiro nacional num consórcio europeu que visa precisamente demonstrar a viabilidade desta tecnologia disruptiva**.

Foi explicado que, o facto de a ferramenta procurar otimizar o sistema energético global, confere-lhe o grau de liberdade de optar por outras soluções que poderão não ser as mais custo-eficazes para o sector mas que o são para o conjunto do sistema energético nacional. **Não podemos esquecer que, num período de mais de 30 anos, como é natural, há seguramente tecnologias que deixarão de ser custo-eficazes e outras que o passarão a ser. A falta de maturidade de algumas destas tecnologias à data de hoje não é um argumento para as excluir de um exercício realizado para um horizonte de 30 anos, pois há que ter em conta as curvas de aprendizagem (“learning curves”). Como introduzir isso na ferramenta?**

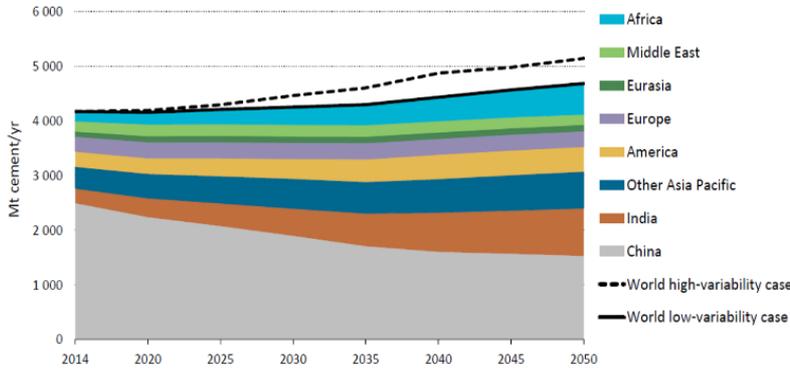
De acordo com a actual abordagem, as tecnologias consideradas como não custo-eficazes “desaparecem” juntamente com as possibilidades de mitigação que em si encerram. Um exemplo claro dessa mesma filosofia seriam os fornos com captura de CO₂, pois ainda que os mesmos pudessem ser custo-eficazes para o sector, não seriam custo-eficazes, para o sistema global, nem o transporte, nem o **sequestro** desse CO₂ ou até mesmo a sua utilização para produção de combustíveis sintéticos ou produtos químicos. **A forma de partilhar todos esses custos de infraestrutura (redes), que sai fora dos perímetros fabris, deve ser estudada para os vários sectores.**

Neste sentido, as opções de descarbonização para o sector do cimento, passam essencialmente pela redução gradual da incorporação de clínquer (até um máximo de -10% face aos valores actuais) e pela substituição de petcoke por CDRs e outro tipo de resíduos, nomeadamente, com fracções importantes de biomassa. No caso do sector cimenteiro a biomassa provém, essencialmente de resíduos, utilizados como recursos. São seguramente alavancas a usar, mas que não são suficientes para alcançar o nível de descarbonização profunda que consta do roteiro do sector ou os -91% de redução mencionados no RNC2050, seguindo a evolução da procura que estimamos para o nosso sector. **Atente-se no facto de o RNC2050 prever, para o nosso sector, uma redução de CO₂ não tanto pela aplicação de novas tecnologias mas, em larga medida, pela redução da produção de cimento, em contradição com as estimativas apresentadas e com o próprio objectivo do exercício em causa. De facto, este não deverá ser reduzido à sua forma mais simples de redução de emissões pela diminuição da produção pondo em causa a actividade industrial e o crescimento económico.**



Evolution of World Cement Production

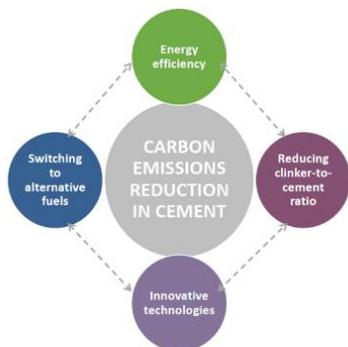
Global Cement Production is set to grow by 12 – 23 % from current level



Strong growth in cement production growth in Asian countries compensates for the decline in Chinese cement sector activity, but the region still loses 10% of its global production share by 2050.

CSI Roadmap

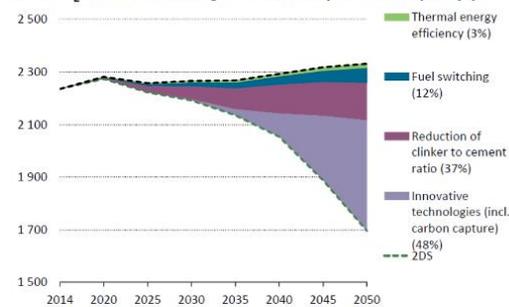
Strategies to Reduce CO2 Emissions



Carbon emissions reduction levers can influence the potential for emissions reductions of other options.

Reference: IEA-CSI, 2018.

Direct CO₂ emissions from global cement production (Mt/yr)

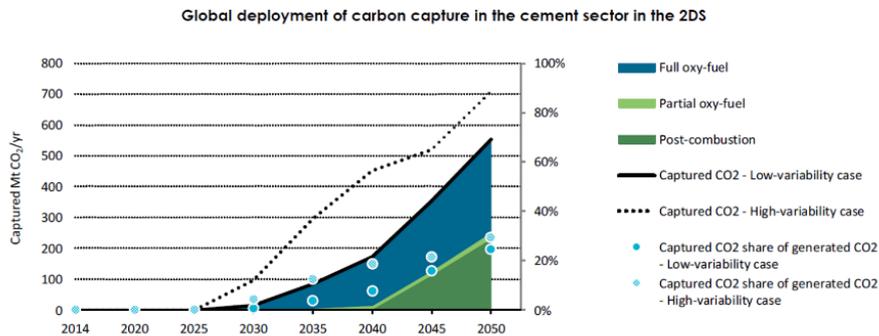


The equivalent of almost 90% of today's direct global industrial CO₂ emissions are cumulatively avoided from cement production in the 2DS compared to RTS.

14



The Role Carbon Capture



Between 25% and 29% of total generated direct CO₂ emissions in cement are captured annually in 2050 globally in the 2DS.

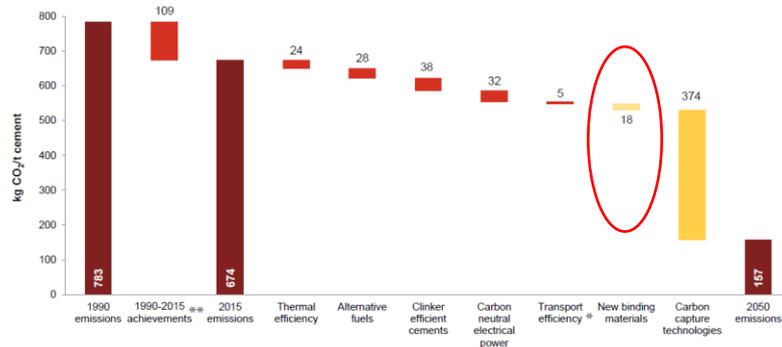
Reference: IEA-CSI, 2018.

20

Cembureau Roadmap

CEMBUREAU carbon intensity should consequently reach 157* kg of CO₂ per ton of cement by 2050 leveraging on conventional means and breakthrough technologies

2050 intensity emissions breakdown from 1990 emissions baseline including scope 1, scope 2 and scope 3 (in kg of CO₂ per ton of cement produced)



Source: CEMBUREAU 2050 Roadmap Model – Comparison with MP2018

* Including Scope 3. Scope 3 being excluded from our SBT analysis, transports are not covered by the calculations of this report.

** 1990-2015 achievements include reduction of CO₂ emissions due to: alternative fuels (-42 kg CO₂/t cement), thermal efficiency (-29 CO₂/t cement), clinker efficient cements (-17 CO₂/t cement), carbon neutral electricity (-18 CO₂/t cement), and transport efficiency (-3 CO₂/t cement)



Uso & Sequestro de CO₂: Algumas das principais tecnologias colaborativas / simbiose industrial que podem reduzir as emissões de gases de efeito estufa nos setores intensivos em energia e emissão de GEE exigirão o desenvolvimento e o financiamento atempados da infraestrutura adequada. Além disso, um planeamento estratégico para o desenvolvimento de CCUS à escala da EU do qual Portugal faça parte é primordial. Portugal precisa, além disso, de atrair fundos da UE para construção dessa infraestrutura, caso contrário, o nosso país ficará irremediavelmente atrasado em relação a estes desafios da economia europeia. Algumas notas:

- O CCU / CCS e os processos que utilizam o hidrogénio como matéria-prima exigirão infraestrutura fiável de transporte, armazenamento e sequestro.
- Níveis mais intensos de eletrificação dos processos industriais irão exigir o reforço de redes de alta tensão situadas junto aos grandes consumidores industriais.
- Desenvolvimento de *hubs & clusters* CCU/CCS de grande, médio e pequeno porte na Europa, ligando toda esta infraestrutura de clusters a nível nacional (Portugal deveria fazer parte dessa rede).
- A descentralização da produção de energia será outro pilar importante desta futura infraestrutura e as políticas adequadas para tal terão de ser estabelecidas para um desenvolvimento equilibrado na Europa, sem esquecer uma perspectiva em matéria de segurança energética que, simultaneamente, reduzirá o deficit da nossa balança comercial com a compra de combustíveis fósseis e terá um impacto positivo na nossa posição comercial face aos combustíveis que ainda assim for necessário comprar no exterior.
- Investimentos em infraestruturas / interconexões a uma escala mais ampla e políticas públicas para tornar alguns deles possíveis a nível europeu (por exemplo, identificação de clusters de players, hubs (compressão de CO₂, transporte e especificações), *pooling & sharing* de recursos, O₂ e H₂, etc.), interconexão de redes de energia e gás (para permitir tecnologias como P-t-G, P-t-L, energia para aquecimento, G-t-P, etc., que seriam benéficas quando as redes eléctricas se encontrassem totalmente descarbonizadas), a interconexão das redes nacionais da UE, identificação de sumidouros, etc. deve, também, ser uma parte importante do
- estudos que ainda é necessário efectuar para o território nacional na perspectiva da sua ligação ao resto da Europa.
- Alguns caminhos potenciais para combinar a CCUS com outras tecnologias relevantes devem ser identificados, estudados e apoiados por políticas públicas corretas e através de informação que permita a sua compreensão e aceitação junto da opinião pública.
- Estes projectos deveriam ser pensados tendo em conta as preocupações de programas-bandeira da UE como é o caso da União Energética e da Segurança Energética.
- A I&D necessária exigiria um forte apoio do futuro Fundo de Inovação e de outros programas de I&D existentes, como o H2020, o SPIRE, etc.

A região portuguesa mais promissora para realização de projectos CCUS: A bacia Lusitaniana em Portugal é uma área que já foi estudada com algum pormenor no âmbito do **projecto COMET da EU**, e conviria recuperar todo esse conhecimento para efeitos do RNC2050 e para estudos complementares que é necessário financiar e realizar. Esse projecto **definiu três potenciais clusters para captura e sequestro de CO₂ onshore e offshore na bacia Lusitaniana**, i.e., o eixo que vai desde **a Figueira da Foz até à zona industrial em redor de Lisboa, a região industrial do Porto e a região industrial de Sines**.

As fontes emissoras de CO₂ da região da bacia Lusitaniana, que vão desde **a Figueira da Foz até à zona industrial em redor de Lisboa**, emitem até 9 MtCO₂/ano e a implementação de soluções CCUS na região poderá beneficiar de:

- Potencial para capacidade de sequestro em terra de cerca de 300 Mt e uma capacidade offshore muito maior a curta distância da costa;



- Várias instalações potenciais de captura de CO₂, uma vez que a Bacia Lusitânica se situa junto a uma das regiões mais industrializadas de Portugal. Em torno da região de Lisboa e em torno do eixo Leiria-Figueira existem várias centrais a gás natural (CCGT Lares, GN Ribatejo), fábricas de cimento (CIMPOR-Alhandra e Cibra-Pataias, Maceira-Liz, CIMPOR-Souselas) e fábricas de celulose e papel (Portucel-Soporcel), mas estes são apenas alguns exemplos.
- O setor cimenteiro tem sido apontado como um dos alvos principais do CCUS na Europa ou no roteiro nacional do CCS, devido ao elevado nível de emissões de processo, e as fábricas de cimento da região têm participado em alguns projetos europeus e nacionais na procura de alternativas para reduzir as emissões de CO₂, principalmente, com um foco na utilização de CO₂, mas o sequestro de uma parte importante de CO₂ será inevitável. Isto deve ser estudado;
- Centrais de biomassa planeadas ou em construção e centrais de cogeração (CHP Carriço, CHP SoporGen) existem na mesma região, para as quais bio-CCS (BECCS) pode ser considerado em face do objetivo de neutralidade carbónica da economia portuguesa até 2050 estabelecida pelo nosso governo;
- Na mesma região, existem, também, múltiplos pequenos emissores ligados ao setor de produção de vidro e cal;
- A segunda maior central termoelétrica do país, o Pego, desenvolveu estudos, incluindo infraestrutura de transporte, para armazenar CO₂ na mesma região, que seria interessante aproveitar para um estudo mais abrangente;

O armazenamento offshore e o transporte de CO₂ de outras importantes regiões industriais do país (e.g., Porto, Sines) seriam facilitados pela proximidade de importantes portos da **Figueira da Foz** e de **Peniche** e pelos portos de **Matosinhos** e **Sines**.

Considerações nacionais de interesse para a realização de novos estudos na área:

- Realizar um amplo processo de planeamento estratégico, elaborando planos detalhados para redes europeias abrangentes de coleta de CO₂ e clusters industriais ligados a locais de sequestro de CO₂ via *hubs*, redes de pipelines e rotas de navegação, com a devida atenção às questões nacionais e de passagem de fronteiras e regulatórias.
- O roteiro nacional da CCUS desenvolvido em Portugal indicou a região como sendo a mais interessante para o lançamento de projetos iniciais de CCUS.
- A relevância de CCS para o país, a exemplo do que começou a ser feito noutras regiões da Europa, deverá ser considerada pelo actual Roteiro para a Neutralidade do Carbono 2050 (RNC2050), uma vez que a neutralidade foi uma meta estabelecida pelo Governo em 2017, e pelo Plano Nacional Energia-Clima (PNEC 2030).
- Entendemos que as metas de redução de 80 a 90% para o nosso sector e a neutralidade em carbono não poderão ser alcançadas em Portugal sem o recurso ao CCUS, e que são necessárias emissões negativas de CO₂ resultantes da ligação a centrais elétricas a biomassa (Bio-CCS) e da captura de CO₂ dos fornos de clínquer em regime de coprocessamento com elevada % de biomassa de resíduos, uma vez que os riscos associados à floresta, com a intensificação dos efeitos das alterações climáticas, não a tornam num sumidouro fiável. Contudo, a combinação de ambos (Bio-CCUS) pode ter um efeito poderoso na descarbonização como forma de compensar as emissões de CO₂ remanescentes;
- O roteiro de hidrogénio indica também que a produção de combustíveis sintéticos (e-fuels) constitui uma cadeia de valor a ser considerada, para a qual CO₂ é ambientalmente neutro, ligando assim a produção de hidrogénio e outros tipos de combustíveis e produtos químicos de valor acrescentado ao CCUS.



- As fontes potenciais de CO₂ neutro que podem ser aproveitadas são as centrais termoelétricas a biomassa, já em operação ou licenciadas e planeadas, e as centrais de cogeração na indústria de papel e celulose.
- Existem ou estão licenciadas, na região de interesse, centrais a biomassa e centrais de cogeração para operar.
- O objetivo final de tudo isto deveria ser a elaboração de um dossier estratégico que incluísse um plano de ações com recomendações para implementação deste tipo de soluções. A constituição de um grupo de experts nacionais (vários sectores) que avaliasse as soluções que estão a ser estudadas e implementadas noutros países é de crucial importância.

(Re)carbonatação do betão e das argamassas: Além disso, há um trabalho de análise que deverá ser feito ao nível de toda a cadeia de valor do sector (e.g., produção, construção, uso, final de vida e reciclagem) que deverá estimar o potencial de (re)carbonatação das estruturas em betão ao longo de tudo o seu ciclo de vida. De uma forma algo peculiar, o betão e as argamassas podem atuar como um sumidouro de carbono. Graças a um processo natural de absorção de CO₂ pelo cimento hidratado em betão ou argamassas, designado de (re)carbonatação, o CO₂ pode ser removido da atmosfera pela infraestrutura construída, estimando-se que esse fenómeno compense quase ¼ das emissões de processo. Uma iniciativa internacional e científica, **à qual a indústria nacional está associada**, está em **curso** e visa desenvolver uma metodologia apropriada para que o fenómeno seja tido em conta nos inventários nacionais no contexto dos relatórios do IPCC.

Argilas calcinadas em substituição do clínquer: A utilização de argilas calcinadas em substituição do clínquer constitui uma das alavancas para a redução de emissões no sector cimenteiro, mas esse processo não é elástico, nem é possível modificar o portfólio de cimento de qualquer maneira porque depende do mercado e da disponibilidade de matérias-primas nas quantidades e qualidades adequadas. Portugal e a Europa, ao contrário de regiões geográficas como a América do Sul, África e Ásia, não dispõe destas matérias-primas com idêntica abundância.

Descarbonização do sector cimenteiro nacional: Até ao momento, no RNC2050, a descarbonização do sector acaba por assentar numa redução profunda da produção de cimento até 2050 e não, como seria desejável e é perfeitamente possível, na melhoria substancial da performance do sector em termos de emissões de CO₂, uma visão que não é de todo partilhada pelo sector cimenteiro nacional ou europeu.

Não entendemos, portanto, como será ultrapassado este dilema do tipo “ovo-galinha”, porque as tecnologias rejeitadas são exactamente aquelas que permitirão à indústria cimenteira dar o seu contributo para uma economia de baixo carbono como se encontra profusamente referido em diversos estudos e roteiros realizados dentro e fora do sector. É um dado assumido, por inúmeros especialistas internacionais, de que o CCUS (CCS+CCU), independentemente das actuais dificuldades, é necessário para compensar as emissões dos sectores com maiores dificuldades de redução, em especial, do cimenteiro cujas emissões de processo representam mais de 60% do total das emissões, e que poderá começar a ser implementado a partir de 2030 e adoptado em larga escala a partir de 2040.

Os BECCS (que no nosso sector seriam representados por CCUS + coprocessamento + (re)carbonatação) deverão, também, ser tidos em conta e poderão vir a ter um papel importante no nosso sector pois, com o crescimento do coprocessamento, existem perspectivas de um aumento no consumo de biomassa, sobretudo aquela proveniente de



resíduos (as árvores não crescem até ao céu), o que se poderá traduzir em emissões de CO₂ negativas.

Assumir CCUS implica, obviamente, assumir toda a cadeia e não apenas parte dela. No documento, acabado de sair, “A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy”, a Comissão Europeia dá conta e reforça essa mesma necessidade para o nosso sector e outros de descarbonização mais difícil.

É bastante provável, segundo especialistas e o sector nacional está a seguir directamente através do projecto na ECRA, que surja a partir de: i) **2025**, primeira instalação comercial de *post-combustion*; ii) **2030**, primeira instalação industrial de *oxyfuel-combustion*; iii) **2030**, combustíveis sintéticos produzidos pela conversão de CO₂ possam acionar navios e aviões; iv) **2035**, CCUS e H₂ possam ter já uma aplicação em grande escala na economia europeia (**2030** CCUS *Post-combustion*; **2035** CCUS *Oxyfuel-combustion*); v) **2050**, remoção de CO₂ directamente da atmosfera.

Custos de compressão & armazenagem, transporte (pipelines + navio), conversão e/ou sequestro de CO₂ são ainda muito variáveis e sujeitos a grandes incertezas mas há já algumas referências que poderão ser usadas como uma primeira aproximação (ver tabela nos anexos), sujeita a ajustamentos ao longo do tempo.

Preço de CO₂ devolvido pela ferramenta TIMES para a entrada das tecnologias necessárias: outro dos aspectos que seria importante conhecer, e ainda não nos foi comunicado, é o valor do preço de CO₂ gerado pela ferramenta de modelação ao optar pelas tecnologias que define como sendo as mais custo-eficazes para a descarbonização do sistema energético nacional. É um novo problema e uma situação que teremos de compreender muito bem e clarificar.

No fundo, a questão é simples, ou se encontra um ótimo global e se descarboniza o conjunto da economia, que no fundo é o objectivo estratégico perseguido pelo RNC2050, com a sociedade, como um todo (e.g., União Europeia, Estado, sistema energético, indústria, empresas e consumidores domésticos) a pagar o preço para criar as condições de infraestrutura para tal ou se opta, exclusivamente, por descarbonizar o sistema eléctrico nacional e todos os outros sectores industriais, ou parte deles, terá que se deslocalizar ou “**fechar portas**”. A deslocalização para países onde a neutralidade carbónica não seja uma prioridade não trará qualquer benefício para o planeta e implicará a perda dos postos de trabalho directos e indirectos a nível nacional.

Cenários desenvolvidos pelo sector cimenteiro: os cenários, com as devidas cautelas, deverão ter um carácter prospectivo e avaliar todas as possibilidades. Além disso, a trajectória tradicional das curvas de aprendizagem das tecnologias (“learning curves”) fará com os seus custos de muitas das tecnologias emergentes decresçam substancialmente ao longo dos anos ao ponto de se tornarem custo-eficazes.

Os roteiros tecnológicos de baixo carbono publicados pelos sectores devem, em grande medida, ser a referência principal para a definição das respectivas trajectórias tecnológicas num contexto de neutralidade carbónica. No caso de sector cimenteiro, para além **CEMBUREAU Low Carbon Roadmap (2013)**, em cuja elaboração o sector cimenteiro nacional participou activamente, o documento **Building Carbon neutrality in Europe: Engaging for concrete solutions (2018)**, constitui uma referência a considerar.



De acordo com esses documentos e com um documento recente da CEMBUREAU “**Call for a joint effort across the value chains**”, para além das alavancas convencionais, existem alguns aspectos relacionados com a cadeia de valor da indústria, por exemplo, sumidouros de CO₂, armazenagem de energia térmica e a opção de valorização de CO₂, que será fundamental ter em conta e que representam um potencial ainda por explorar, no sentido de se caminhar para uma economia neutra em carbono até 2050:

CALL FOR A JOINT EFFORT ACROSS THE VALUE CHAINS

- **Carbon removal** *What is unique to cement and concrete, is that it can act as a carbon sink. Thanks to a natural process of absorbing CO₂ by hydrated cement in concrete or mortars, called (re)carbonation, CO₂ can be removed from the atmosphere by built environment. The cement industry is currently developing an appropriate methodology for the phenomenon to be included in national inventories for the IPCC reporting.*
- **Thermal energy storage** *Concrete in buildings is a perfect battery as it stores the thermal energy to lower the building energy consumption and CO₂ emissions. “Thermal mass” refers to concrete’s unique availability to store energy and release it over a daily cycle,*
 - *leading to reduced energy for heating and cooling. In addition, the flexibility provided by the thermal mass of buildings could lead to significant savings also at the level of the electricity grid.*
 - **CO₂ valorisation option** *Cement and concrete also offer a CO₂ valorisation option. Captured CO₂ can be reused and stored permanently in building materials through a process of mineralisation. Solid raw materials, by-products as well as recycled construction and demolition waste can be carbonated. To increase concrete strength though concrete curing, captured CO₂ can also be used.*

SOURCE: CEMBUREAU

Classificação do sector cimenteiro em cada um dos cenários do RNC2050: no caso do nosso sector, entendemos que devemos considerar os cenários CAMISOLA AMARELA, PELOTÃO e FORA DE PISTA como os havíamos proposto. Achamos errado, no nosso ou qualquer outro sector, considerar CAMISOLA AMARELA um cenário em que a produção decresça. FORA DE PISTA devia ser precisamente o contrário, um cenário em que os sectores não se adaptam, não crescem, não investem e acabam por definir. CAMISOLA AMARELA seria o cenário em que os sectores se adaptariam, reduzem substancialmente a sua pegada carbónica à custa dos recursos libertados pelo crescimento do negócio. O PIB nacional só pode crescer se crescerem os “PIB” dos sectores e das empresas que os constituem. Não constitui uma transição energética justa uma visão assente numa estratégia de mitigação à custa da redução da produção / consumo de cimento e do consumo de energia, um cenário que não é de todo plausível para um sector que se quer próspero e descarbonizado, que se está a preparar para isso apesar das enormes dificuldades, e que não tem comprovadamente produtos substitutos à altura para a maior parte das soluções construtivas do presente e do futuro. **Nesse sentido, apelamos a que sejam revisitados os comentários feitos anteriormente pela ATIC.**

Utilização de RCDs e seu impacto no sector: constatámos uma certa esperança, no RNC2050, no impacto que a reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) poderá vir a ter no futuro. É fundamental, sem dúvida, pensar no aproveitamento deste e demais tipos de resíduos (recursos / matérias-primas) numa perspectiva de economia circular para Portugal. As estatísticas oficiais referentes aos resíduos de construção e demolição (RCD) gerados em Portugal são, contudo, ainda algo incipientes e os valores que vêm muitas vezes à luz do dia



são, com toda a certeza, bastante inferiores aos reais, o que exigirá um maior rigor na forma como é feita a sua contabilização. Existe uma grande quantidade de RCD que continua a escapar às malhas do processo de contabilização nas estatísticas nacionais, por razões que todos conhecemos.

Para além da sua utilização no local das obras, como adições e operações de aterro / nivelamento, em estradas e infraestruturas, no fabrico de tijolos, podem, também, ser utilizados, em percentagens controladas, no fabrico de cimento e de betão.

A indústria cimenteira nacional pode, portanto, contribuir de uma forma relevante para o aumento da valorização dos RCD, e, dessa forma, para a meta portuguesa de valorização de 70% de RCD, ao incorporar este fluxo de resíduos em substituição de matérias-primas virgens, de clínquer e, também, substituindo uma parte dos agregados naturais utilizados na indústria do betão por agregados artificiais.

De qualquer forma esse contributo depende, em larga medida, das políticas de limitação da deposição de RCD em aterro, de políticas de Eco-design, de códigos de construção que fomentem a reciclagem deste tipo de materiais, como será o caso do futuro Model Code for Concrete Structures 2020, de realização de inventários de materiais antes das operações de demolição, de demolição selectiva de edifícios e estruturas, utilização inteligente de materiais nas empreitadas que, em conjunto, permitam assegurar uma elevada qualidade de reciclagem.

Segundo dados disponíveis na ATIC, a indústria cimenteira nacional valorizou apenas 20 000 toneladas de RCD entre 2005 e 2015.

No entanto, a disponibilidade de RCD para a indústria é reduzida devido aos custos do processamento dos RCD, que são superiores aos custos das matérias-primas virgens, mas também devido à triagem inadequada ou inexistente na fase da produção dos resíduos e à falta de certificação das empresas de reciclagem. Uma parte significativa destes resíduos acabam assim, invariavelmente depositados em aterro quando, na verdade, a maior parte dos mesmos é passível de valorização no sentido de se alcançar taxas de reciclagem da ordem dos 98%. **De qualquer forma, face ao acima exposto, não se deve esperar reduções na produção de cimento decorrentes da reciclagem de RCD na indústria cimenteira, como se referiu na apresentação do RNC2050 Energia & Indústria e RNC2050 Construção.**

Questões relativas à escolha de materiais: A indústria cimenteira e do betão, juntamente com outras indústrias intensivas em energia, é essencial para a prosperidade da economia nacional e europeia. Do aço ao vidro, passando pela madeira, produtos químicos, cimento e betão, entre outros, todos estes materiais são elementos fundamentais para a transição, ou se se preferir, transformação, das nossas economias actuais em economias de baixo carbono e qualquer tipo de juízo prévio de valor ou legislação que vise a transformação para uma economia de baixo carbono devem assentar em princípios de neutralidade no que diz respeito à livre escolha dos materiais por parte dos especialistas e jamais na prescrição de um em detrimento de outro com base em critérios subjectivos. A escolha para uma determinada aplicação concreta dos mesmos, deve ser fundamentada em critérios de evidência científica e análises completas do ciclo de vida ao longo de toda a cadeia de valor, e jamais em percepções *a priori* e, pior ainda, não factuais.

Em resumo, entendemos que:

- Existe grande potencial de melhoria no design e integração de diferentes materiais de construção nos edifícios, o que poderá conduzir a maior eficiência energética e menores emissões de CO₂ das construções. Nesse sentido, se por um lado é necessário que os actores no mercado da construção cooperem e se complementem, por outro os policymakers têm a responsabilidade de criar um “level playing field” comum a todos os materiais de construção.



- A legislação deve ser neutra em relação ao material e à tecnologia. Se por um lado se devem prescrever objetivos a alcançar pelos materiais de construção, edifícios ou infraestruturas, por outro não deve ser expressa preferência por um material ou tecnologia, em detrimento de outros. As referências a materiais específicos em documentos legislativos ou oficiais podem introduzir diferenças de tratamento entre concorrentes. A acontecer, criaria distorções, impediria inovações e teria efeitos ao nível da concorrência.
- De facto, o legislador pode prescrever objetivos a alcançar pelos materiais de construção, edifícios ou infraestruturas, sem expressar preferência por um material ou tecnologia, em detrimento de outros. Essa escolha deve ficar a cargo dos profissionais da área da construção e dos respetivos clientes. De referir que as referências a materiais específicos em documentos legislativos ou oficiais podem introduzir diferenças de tratamento entre concorrentes. Tal criaria distorções, impediria inovações e teria efeitos ao nível da concorrência no sector da construção. Se tais referências forem introduzidas na legislação nacional, as mesmas podem inclusive representar uma barreira técnica ao comércio no mercado interno, o que exigiria a intervenção da Comissão Europeia.
- Critérios de base científica e análises de ciclo de vida deverão ser a regra para o efeito.
- Existência de uma base de dados correta e precisa que permita um tratamento justo e crie um sentido comum de responsabilidade do mercado da construção.
- Comparações ao nível do edifício, estrutura ou infraestrutura, ao longo de todo o ciclo de vida dos mesmos deve ser a regra. Os trabalhos de construção representam sistemas complexos, sendo a produção de materiais de construção apenas uma parte dos mesmos. A avaliação técnica e o design sustentável têm de considerar a influência de todos os componentes, instalações, desempenho na utilização e tratamento no fim de vida. **A este propósito têm sido realizados diversos estudos e análises que poderão ser tidos em conta.**

Como nota final, entendemos que o trabalho já realizado deve ser tomado como uma primeira aproximação e, nesse sentido, deverá continuar a ser actualizado com outros estudos já existentes, a disponibilizar por cada sector, e outros que, entretanto, forem surgindo.



ANEXOS:

INFORMAÇÃO ENVIADA PELA ATIC AO GRUPO DE TRABALHO RNC2050

ANEXO 1: CENÁRIOS COM PRESSUPOSTOS PARA GERAÇÃO DA PROCURA DE CIMENTO

Cenário “Camisola Amarela”

- Valores mais elevados, em Portugal, de consumo doméstico per capita de cimento entre 310 e 390 kg cimento / habitante no período de 2020 e 2050.
- Exportações líquidas de cimento de 2Mt em 2020 e 2.5Mt após 2030.
- Existe uma alteração estrutural substancial do sector e das suas cadeias de produção acompanhando a evolução favorável do PIB. A tónica será a de uma cadeia de produção cada vez mais circular com menor consumo de matérias-primas (e.g., RC&D, etc.) e combustíveis virgens (e.g., CDR, lamas de ETAR, resíduos de biomassa, etc.) e maior reciclagem, utilização do CO₂, produtos inovadores que irão reduzir o consumo energético (permitirão mesmo a produção de energia ao aproveitar a característica de inércia térmica do betão) e as emissões de CO₂ dos edifícios. Para além da reabilitação a procura de cimento aumentará para outras aplicações. Os sectores interagem no sentido de uma colaboração estratégica ao nível da neutralidade carbónica da economia portuguesa promovida por políticas públicas e planeamento estratégico orientadas nesse sentido. Existe aumento mais substancial do consumo de cimento no mercado interno para a criação de novas infraestruturas, a melhoria acentuada dos resultados económicos permite ao sector gerar recursos importantes para investir em I&D e em novas tecnologias (CCUS) que, para além das alavancas actuais (substituição de kk, combustíveis alternativos / biomassa, eficiência energética), vão permitir reduzir, a partir de 2030, de uma forma ainda mais radical as emissões específicas de CO₂ por tonelada de clínquer e cimento. A produção de energia eléctrica da economia portuguesa é 100% descarbonizada o que permitirá utilizar energias renováveis em novas soluções tecnológicas (e.g., P2G2P / armazenagem de energia, interligação da rede eléctrica e da rede de gás, redes de hidrogénio, etc.). O CO₂ capturado (CCUS) nas fábricas de cimento (oxi-combustão ou pós-combustão), por ser muito mais concentrado, terá um valor económico que permitirá a sua utilização através das infraestruturas acima referidas (e.g., armazenagem de energia renovável em períodos off-peak, utilização como feedstock em múltiplas utilizações como a produção de produtos químicos, combustíveis sintéticos e materiais à base de cimento / betão que absorve o CO₂, etc) que permitirão a produção de commodities com uma menor pegada carbónica. A integração de tecnologias de digitalização (AI, ML, AR/VR, DT) permitirá potenciar a eficiência de muitas das tecnologias convencionais do sector cimenteiro e, sobretudo, das novas tecnologias. Muitas das estruturas em betão passarão a ser pré-fabricadas e de produção mais industrial, permitindo reduzir o desperdício de materiais (cimento, betão, aditivos), produzir mais facilmente materiais que funcionarão como sumidores de CO₂ (mineralização) e permitirão a utilização de impressão 3D. Além disso, as inovações do sector irão permitir de forma indirecta a redução do consumo energético e emissões de CO₂ de edifícios, o aumento do efeito de reflectância (albedo), a redução das "ilhas de calor" nas cidades, a redução das emissões de CO₂ associadas aos transportes e logística, etc. A combinação deste conjunto de tecnologias e colaboração intersectorial, com vista à criação das infraestruturas que conduzirão à neutralidade carbónica da economia, permitirá ao sector, ao longo da sua cadeia contribuir com emissões negativas de CO₂ (e.g., BECCS / captura de CO₂ associada ao uso de combustíveis à base de biomassa e à capacidade do betão funcionar como sumidouro de CO₂).

Cenário “Pelotão”

- Valores intermédios em Portugal de consumo doméstico per capita de cimento entre 260 e 330 kg cimento / habitante no período de 2020 e 2050.
- Exportações líquidas de cimento de 2Mt em 2020 e 2.5Mt após 2030.
- Apesar de apenas um ligeiro aumento do consumo de cimento no mercado interno, motivado por um aumento importante da reabilitação urbana e da construção de infraestruturas de menor dimensão, a melhoria dos resultados económicos permite ainda assim ao sector gerar recursos necessários para investir em I&D e em novas tecnologias (CCUS) que, para além das alavancas actuais (substituição de kk, combustíveis alternativos / biomassa, eficiência energética), irão permitir reduzir, a partir de 2030, de uma forma mais radical as emissões específicas de CO₂ por tonelada de clínquer e cimento. Este cenário, embora menos radical em termos da utilização de novas tecnologias, incorporará ainda assim diversos aspectos do cenário Camisola Amarela.



Cenário “Fora de Pista”

- Valores relativamente baixos, em Portugal, de consumo doméstico per capita de cimento entre 215 e 270 kg cimento / habitante no período de 2020 e 2050.
- Exportações líquidas de cimento de 2Mt em 2020 e 2.5Mt após 2030.
- A economia portuguesa não se desenvolve ao nível das infraestruturas, o decréscimo do consumo de cimento no mercado interno, com consequências ao nível da degradação substancial dos resultados económicos, não permitirá ao sector gerar recursos para investir em I&D e em novas tecnologias (CCUS), para além das alavancas actuais (substituição de kk, combustíveis alternativos / biomassa, eficiência energética), e o que não irá permitir alterar as políticas actuais e reduzir, a partir de 2030, de uma forma mais radical, as emissões específicas de CO2 por tonelada de clínquer e cimento e dessa forma contribuir para a neutralidade carbónica da economia portuguesa. As fábricas nacionais poderão vir a encerrar e, eventualmente, a importação de clínquer (e até de cimento) poderá passar a fazer-se de países com políticas menos restritivas ao nível de CO2 e, portanto, ambientalmente menos desenvolvidos, ou de países da UE mais avançados em termos de implementação de tecnologias de baixo carbono (Camisolas Amarelas). É claramente o cenário menos desejável para economia portuguesa e para o sector cimenteiro pois, apesar do decréscimo do consumo de cimento, as emissões de CO2 não teriam a redução profunda desejada.

ANEXO 2: PROJEÇÕES DA PRODUÇÃO DE CLÍNQUER EM PORTUGAL POR CENÁRIO (C/ EXPORTAÇÃO)

Produção (Mtkk)	2010	2015	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Fora de Pista					4.876	4,452	4,450	4,465	4,450	4,452
Pelotão	6.484	5.626	4.413	5,600	5,300	5,121	5,100	5,138	5,100	5,124
Camisola Amarela					5.191	6,372	6,300	6,389	6,400	6,500

Comentário do sector cimenteiro: no que diz respeito à produção apenas para o cenário Fora de Pista foram assumidas pela equipa do RNC2050 as previsões do sector. Ainda que para os cenários Camisola Amarela e Pelotão o crescimento económico seja superior, estes cenários pressupõem uma otimização do processo construtivo, uma substituição de cimentos por outros materiais e outros aspetos associados a uma maior circularidade da economia. Neste sentido foi considerada uma estagnação/redução da produção de cimento em linha com:

- *Material Economics, The Circular Economy – A Powerful Force for Climate Mitigation* (2018).
- *The Mission Possible report - Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century* (ETC, 2018). (Quote: “improved building design could reduce total demand [cement] by 34%”). Estas previsões devem ser consideradas com muita cautela. Não podemos usar apenas as que interessam e deitar fora as que não interessam.

Deste modo para estes dois cenários não foi considerada pela equipa do RNC2050, em 2050, uma produção de cimento superior a 4.1 Mta. **Parece-nos que os estudos em questão não deverão ser a base, mas antes as previsões do sector.** De referir que o sector, nos próximos anos, continuará a depender da exportação, que se deverá manter em níveis elevados, para fazer face à contracção do mercado nacional. **Uma recuperação gradual da produção de clínquer até alcançar e estabilizar em torno de valores de 2009 (6 Mta kk) deve ser um objectivo legítimo a perseguir pelo sector, em primeiro lugar, porque é uma produção perfeitamente consentânea com o grau de desenvolvimento de Portugal, da evolução da sua população e do seu PIB, em segundo lugar, porque permite ao sector, simultaneamente e em articulação com os demais sectores, contribuir de forma activa para o desenvolvimento da economia nacional no médio e longo prazo.**



ANEXO 3: PROJEÇÕES DA PRODUÇÃO DE CIMENTO E CLÍNQUER

Produções tendo em conta os cenários socioeconómicos apresentados as projeções da produção de cimento, assim como as suposições consideradas (consumo nacional e exportações) ou outras:

Considerou-se “Pelotão” como o cenário de referência para o sector, sendo “Camisola Amarela” o cenário mais optimista que contribui para o crescimento do VAB do sector e para o maior aumento do PIB nacional e o cenário “Fora de Pista” o mais pessimista e pior para o PIB. Consideramos o cenário “Pelotão” como o mais provável mas, na eventualidade do mercado evoluir no sentido mais favorável do cenário “Camisola Amarela”, o aumento potencial das emissões de CO2 seria automaticamente contrariado, em resultado da maior geração de recursos, por um investimento mais intenso em novas tecnologias que, feitas as contas, teria um efeito mais acentuado na mitigação das emissões de CO2 com efeitos mais benéficos. No caso do cenário “Fora de Pista”, a queda do mercado não geraria os recursos necessários aos investimentos em novas tecnologias.

MI Cimento, Mta

- **Cenário “Pelotão”:** 2,842 (2020); 3,171 (2030) 3,261 (2040) 3,311 (2050) | consumo per capita: 278-371 kg cimento / hab.
- **Cenário “Camisola Amarela”:** 3,226 (2020); 3,605 (2030); 3,709 (2040); 3,766 (2050) | consumo per capita: 316-368 kg cimento / hab.
- **Cenário “Fora de Pista”:** 2,457 (2020); 2,737 (2030); 2,814 (2040); 2,856 (2050) | consumo per capita: 240-331 kg cimento / hab.

Exportações líquidas de Cimento & Clínquer, Mta

Tecnologia	Ano previsto de entrada	Modificações a nível do combustível	Estimativa aproximada nos ganhos com eficiência energética
Fornos	A partir de 2030 (2035): 60% CA c/ 25% Bio (65% CA) A partir de 2030: CCUS pós-combustão para 10 a 20% das emissões (a substituir por CCUS Oxyfuel) A partir de 2035: CCUS Oxyfuel	Substituição de petcoke por combustíveis alternativos: 60% CA sendo 25% biomassa (2030); 65% CA sendo 30% biomassa (2050)	Redução consumo energia térmica de 10 a 20% / Aumento consumo de energia eléctrica de 2,5x (c/ CCUS Oxyfuel)
Fornos /WHRPG	A partir de 2025: recuperação de calor residual de processo para produção de energia eléctrica	n.a.	Redução consumo energia eléctrica de 15 a 20% face situação actual
Moagens de cru / cimento	A partir de 2030 e até 2050: novas tecnologias de moagem serão gradualmente desenvolvidas	n.a.	Redução consumo energia eléctrica de 20% (2030)/40% (2050) face situação actual
Energia renovável (PV + W)	A partir de 2030: 30 MW (2030); 50 MW (2040) e 70 MW (2050) em regime de autoconsumo	n.a.	Penetração 30 a 40% da FER (PV+W) autoconsumo nas fábricas de cimento + rede 100% FER (até 2050)
Argilas calcinadas	A partir de 2030: incorporação no cimento 2% (2025); 4% (2040); 8% (2050)	n.a.	Redução consumo energia térmica 50% relativamente a clínquer.



ANEXO 5: CUSTOS POR TIPO DE TECNOLOGIA CCUS

CO2 Capture (investment + increased operational costs/t cement):

Custos de investimento (CCUS Post-Combustion / CCUS Oxyfuel) (apenas captura)	150 a 200 €/tkk
Custos fixos de operação e manutenção (CCUS Oxyfuel / CCUS Post-Combustion) (apenas captura)	+15 a 25€/t cimento

CO2 Capture (+ Transportation/250 km + Storage):

- **CCS Post-Combustion (2025):** 50-100 (70) €/tCO2 (capture); + 1-5 €/tCO2/250km (transporte); +10-20€/tCO2 (sequestro)
- **CCS Oxyfuel combustion (2030):** 40-60 (50) €/tCO2 (capture); + 1-5 €/tCO2/250km (transporte); +10-20€/tCO2 (sequestro)
- **Longo-prazo (2050):** 30-50 (40) €/tCO2 (capture); + 1-5 €/tCO2/250km (transporte); +10-20€/tCO2 (sequestro)

NOTE: Custos de compressão e armazenamento de CO2 e modalidades de conversão de CO2 (uso) não foram estimadas.

Multiple possibilities for combining CCU+S (CCUS):

“CCU technologies will play a major role in the future when it comes to adapting to the changing raw material market – in the energy sector as well as in the chemical sector. CCU can deliver solutions to major challenges: To support the transition of the energy system towards fluctuating renewable energies, CCU technologies can provide the means for large-scale energy storage with minimal land use requirements. It can also support the transition of the transport sector by providing technologies for clean fuel production from non-fossil sources with an extremely low carbon footprint. A major contribution is, however, the provision of an alternative raw material base for the chemical industry. By developing CO2-based production routes for base chemicals, the dependency on fossil carbon sources of the chemical industry and all subsequent production routes will decrease. Furthermore, as an additional benefit, all these factors also help to mitigate greenhouse gas emissions significantly.

CCS is basically a non-profit technology, where every step is costly. CCU however has the potential to produce value-added products that have a market and can generate a profit. Secondly, the primary aim of CCS is the mitigation of climate change by storing large amounts of carbon dioxide underground. There is no inclination to add value to the captured carbon. In contrast, CCU’s major driver is to substitute fossil carbon as a raw material by recycling CO2. CCU and CCS are related technologies with regard to carbon capture, but CCU should not be limited as being just an enabler for CCS, as it can do so much more than simply deposit carbon dioxide underground.”

<https://setis.ec.europa.eu/setis-reports/setis-magazine/carbon-capture-utilisation-and-storage>

A. CCU: Use → profit to cover storage costs (limited by market)

- High-valued products, small market
- Energy storage options (fuels)

B. CCS: Storage → costs (cost dependent on storage site)

- correct for market
- correct for hydrogen availability

C. Both CCS+CCU CCUS → combined result, may be profitable

“Therefore, the extent to which CO2 may or should be utilized will depend on multiple factors such as the market size of the final product, the availability of renewable feedstock, and of course on the economic and environmental impacts of the technology chosen. Taking these factors into consideration, it is unlikely that CCU could ever completely replace CCS. Instead, the combination between the two approaches – CCUS – may be the optimal solution. For large-scale applications such as cement plants, most of the CO2 will need to be sequestered, but utilization of a fraction up to 10% of the CO2 may be beneficial.

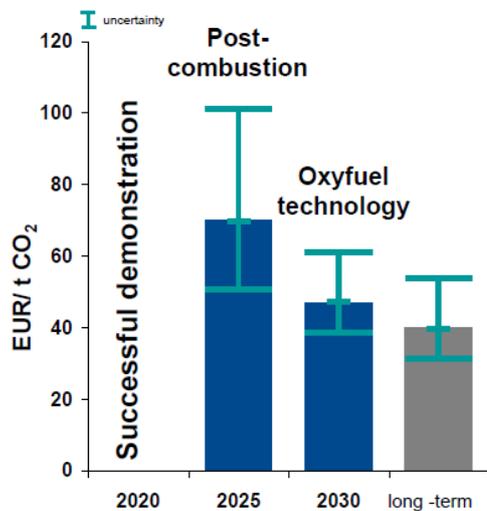


we have some evaluations on how the addition of a CO₂ utilization component to the CCS chain –thus making it a CCUS chain – affects the CO₂ avoidance costs. The report shows that the outcome can be either positive (lowering the cost of CO₂ and even turning the full CCUS chain into a profitable business) or negative, depending on the final product characteristics.

Amongst the main characteristics affecting the CCUS chain performance are the product price, the market size, and the CO₂ avoidance of the technological route. While this performance evaluation has to be made case by case, the routes described hereinafter may serve as guidance for the evaluation of similar products. We need to obtain as complete as possible figures (market size (t/y), product price (€/t); CO₂ uptake potential (t/t of product); CO₂ uptake potential (t/y), state-of-the-art production technology, etc.) in supporting the evaluation of CCUS routes.”

Challenges of carbon capture:

- Significant increase in production costs.
- Currently, the legal and economic conditions of these technologies would impair the competitiveness of cement production.
- **CO₂ storage or reuse strategy and infrastructure**
- **Post-combustion** requires further development of high-performance capture materials to reduce energy demand (commercialization horizon not before 2020). Doubling of electrical and thermal energy demand per tonne of cement produced. Commercially available in other industry sectors. Pilot scale testing in cement industry initiated. End-of-pipe technology; minimal impact on existing cement kiln process. Pure CO₂ stream for compression (90 -99 vol.%).
- **Oxyfuel combustion** still requires R&D (commercialization horizon not before 2025). Doubling of power demand per tonne of cement produced but thermal energy demand could be reduced. Oxygen enrichment has been applied to cement kilns. Oxyfuel technology still requires some R&D, but ready for demonstration. Integrated concept; process and material reaction are influenced. CO₂ from the combustion (~85 vol.%) process is concentrated and purified in CO₂ purification unit (CPU).



Reference cement plant with CCUS:

- 90% CO₂ captured (80% CO₂ for storage + 10% CO₂ for use)
- 10% CO₂ released into the atmosphere

Transportation and storage cost (excluding capture cost) varied between US\$10–300 per ton CO₂, depending on model and storage type. All of the models considered transportation and storage costs at the lower end of this range. Models that also considered high transportation and storage cost include the POLES model (upper range value of \$300 USD) and the GRAPE model (upper range cost of USD\$ 262). The higher values for storage cost are associated with options that were offshore, enhanced coal bed methane (ECBM) and at greater depths (e.g., 2000–3000m).

In “Carbon capture and storage (CCS): the way forward”; Mai Bui,ab Claire S. et al.



ANEXO 6: Custos por tipo de tecnologia CCUS

“PELOTÃO”	2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
t CO ₂ por t clínquer	0.840	0.800	0.740	0.630	0.600	0.417	0.209	0.209
t CO ₂ por t cimento	0,630	0,600	0,550	0,466	0,441	0,304	0,152	0,150
c/kk	0,75	0,75	0,745	0,74	0,735	0,73	0,725	0,72

ANEXO 7: TECNOLOGIAS & PROCESSOS PRODUTIVOS PARA ESTA MELHORIA AO LONGO DO TEMPO

Tecnologias/processos produtivos podem contribuir para esta melhoria ao longo do tempo:

- **A partir de 2018 até 2035:** i) substituição gradual de clínquer por adições (calcário, argilas calcinadas + calcário, outros); ii) aumento de combustíveis alternativos (CDR, lamas ETAR, resíduos de biomassa, pneus, etc); iii) uso de matérias-primas descarbonatadas de outros sectores;
- **A partir de 2020/2025:** WHRPG (2020) combinado com CSP (2025);
- **Até 2035:** desenvolvimento de clínqueres / cimentos com menor pegada de carbono (redução ao nível das emissões de processo) e.g., clínqueres belíticos (-10%) e outros tipos de clínquer (-20 a 25%), para algumas aplicações; betões e pré-fabricados com absorção de CO₂ (mineralização).
- **A partir de 2030:** introdução temporária de CCUS Post-Combustion (mais adiantada) para captura parcial de emissões (10 a 20%) enquanto não é introduzida a tecnologia CCUS Oxyfuel (mais atrasada) que terá CAPEX superior mas OPEX inferior à primeira.
- **A partir de 2035:** introdução de fornos CCUS Oxyfuel; possibilidade de electrificação do processo de fabrico de clínquer.
- **A partir de 2025:** recurso crescente a autoconsumo de energia com base em FER.



ANEXO 8: FEEDBACK DO SECTOR CIMENTEIRO

Tecnologias podem vir uma opção para o sector cimenteiro no âmbito da neutralidade carbónica nacional:

- CCUS Oxyfuel; Electrólise água (O₂, H₂) a partir de energias renováveis (solar + eólica) + Conversão de CO₂ capturado em metano / metanol (tecnologias de armazenagem de energia P2G2P), noutros produtos químicos e em produtos de base cimentícia que funcionam como sumidouro definitivo de CO₂ capturado (mineralização), nomeadamente, ao nível da pré-fabricação.
- Betões ecoeficientes com menor incorporação de cimento, água, etc.
- Betões de alta resistência.
- Betões e produtos pré-fabricados que absorvem CO₂ (mineralização).
- Novos ligantes hidráulicos de menor pegada carbónica (emissões de processo + emissões de combustão).
- Produtos destinados ao aumento da eficiência energética de edifícios.
- Novas tecnologias de moagem de cru e cimento.
- Recuperação de calor residual de processo para produção de energia eléctrica (WHRPG).
- Electrificação do processo de fabrico de clínquer.

Informações para o âmbito do presente trabalho ou informações relacionadas com as questões colocadas:

- Construção de infraestrutura nacional interligada destinada à armazenagem de energia (P2G2P) resultante da intermitência das renováveis que sirva de plataforma a vários sectores (interligação de rede eléctrica 100% descarbonizada, rede de gás natural, rede de hidrogénio, rede de CO₂, rede de oxigénio; interligação a redes / hubs europeus; partilha de sistemas de compressão e transporte, partilha de sistemas de produção de O₂ e H₂, etc.)
- Energia eléctrica usada no processo e nas futuras tecnologias do sector cimenteiro será em larga medida obtida a partir de FER (solar + eólica).

