

Transição Energética e Descarbonização: eficiência, competitividade, inovação na Indústria de Cimento Nacional e Políticas Públicas de apoio à sua transformação

Energy Transition and Decarbonization: efficiency, competitiveness, innovation of National Cement Industry and Public Policies to support its transformation

Paulo Rocha
Alfredo Cardeira

Resumo

O “Roteiro da Indústria Cimenteira Nacional para a Neutralidade Carbónica em 2050” representa o compromisso da Indústria Cimenteira em atingir emissões líquidas zero de CO₂, ao longo da cadeia de valor do cimento e do betão, até 2050.

O exercício reflete o contributo do setor para a descarbonização da economia, para a mitigação das alterações climáticas e para o cumprimento de objetivos definidos nos diplomas legislativos de referência, adotados por Portugal e pela União Europeia.

Apresenta uma visão estratégica e abrangente da cadeia de valor, através da abordagem “5C”: Clínquer, Cimento, Betão (*Concrete*), Construção e (re)Carbonatação. A metodologia identifica e caracteriza, para cada elemento citado, o recurso a tecnologia existente e a investigação e desenvolvimento de tecnologias disruptivas necessárias, bem como as medidas a implementar no sentido da redução de emissões de CO₂, os investimentos para a prossecução dos objetivos definidos e as políticas públicas de suporte adequadas ao cumprimento dos mesmos.

O Roteiro demonstra que, com empenho e colaboração entre os diversos intervenientes e de toda a sociedade, a neutralidade carbónica em 2050, poderá ser uma realidade.

Palavras-chave: Cimento / Betão / Roteiro / Descarbonização / Neutralidade carbónica / Política pública

Abstract

The National Cement Industry Roadmap for Carbon Neutrality in 2050 represents the cement industry's commitment to achieve zero net emissions, along the cement and concrete value chain, by 2050.

The exercise reflects the sector's contribution to the decarbonisation of the economy, to the mitigation of climate change and to the achievement of goals defined in the legislation of reference, adopted by Portugal and by the European Union.

It presents a strategic and comprehensive view of the value chain, through a “5C” approach: Clinker, Cement, Concrete, Construction and (re)Carbonation. The methodology identifies and characterizes, for each element mentioned above, the use of existing technology and research and development of disruptive innovations needed, as well as the adequate measures to be implemented in order to reduce CO₂ emissions, the key investments to pursue established goals and public support policies adequate to implement them.

The Roadmap demonstrates that, with the commitment and collaboration of stakeholders and of the all society, carbon neutrality in 2050 can be real.

Keywords: Cement / Concrete / Roadmap / Decarbonisation / Carbon neutrality / Public policy

Paulo Rocha

Diretor de Inovação e Sustentabilidade da CIMPOR

Alfredo Cardeira

Diretor na SECIL

Aviso legal

As opiniões manifestadas na Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.

Legal notice

The views expressed in the Portuguese Journal of Structural Engineering are the sole responsibility of the authors.

ROCHA, P. [et al.] – Transição Energética e Descarbonização: eficiência, competitividade, inovação na Indústria de Cimento Nacional e Políticas Públicas de apoio à sua transformação. **Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas**. Ed. LNEC. Série III. n.º 16. ISSN 2183-8488. (julho 2021) 117-126.

1 Introdução

A Comissão Europeia, no seu Pacto Ecológico Europeu, identifica a Indústria Cimenteira como indispensável para a economia europeia, dado ser parte insubstituível de cadeias de valor. O setor, a sua modernização e a sua descarbonização são assumidos como essenciais para a sociedade europeia. [1]

A Indústria do Cimento e do Betão têm desenvolvido esforços no sentido de atender às ambições manifestadas no Pacto Ecológico Europeu, nomeadamente, ao nível dos objetivos dos setores da construção, energia e transportes através da aplicação dos seus produtos e soluções inovadoras, sustentáveis e progressivamente descarbonizadas, acreditando, ainda, nos objetivos de circularidade da economia, dos quais faz parte o CO₂, para os quais tem vindo a contribuir de forma consolidada, e de neutralidade carbónica até 2050. De facto, o cimento e o betão, enquanto produtos de construção, revelam-se de vital importância para o desenvolvimento de uma infraestrutura de energia renovável, para a concretização de sistemas de transporte de baixo carbono e para a realização de um edificado cada vez mais sustentável, sendo inegável o papel central destes produtos para a concretização de um planeta mais resiliente e neutro em carbono.

O objetivo da União Europeia é claro – alcançar a neutralidade climática até 2050. Trata-se de um objetivo ambicioso, mas possível para o setor cimenteiro nacional. Exigirá, contudo, investimentos privados e públicos avultados. O setor tem atualmente um potencial limitado de redução de emissões de CO₂ dado que, em particular, daquelas emissões, as relacionadas com o processo associado à produção de clínquer têm uma margem escassa de diminuição quando considerados os meios convencionais. Este é precisamente um dos maiores desafios para a Indústria Cimenteira: conseguir reduzir as emissões de processo quando cerca de 2/3 das emissões de CO₂ derivam deste, concretamente da transformação do calcário em clínquer, o elemento base do cimento. [2]

Apesar do recurso a novas matérias-primas para a produção de clínquer e cimento (com menor teor em carbono) a par de inovações ao nível da produção de betão e da construção, os esforços para descarbonizar totalmente o setor dependerão fortemente da capacidade de captura de carbono nas fábricas de cimento e da sua subsequente utilização e armazenamento (tecnologia de captura, utilização e armazenamento de CO₂ – CCUS). Neste âmbito, podem ser delimitados dois períodos para a descarbonização da Indústria Cimenteira nacional: até 2030 a indústria apostará na maximização das tecnologias de ponta atualmente disponíveis e economicamente viáveis; entre 2030 e 2050 dar-se-á a entrada progressiva e acelerada de tecnologias de rutura, como é o caso das tecnologias CCUS, que estão a começar agora a ser testadas a nível de pilotos industriais, mas que ainda não são economicamente viáveis à escala comercial, eletrificação parcial do processo e uso massivo do hidrogénio. Assim, a captura de carbono em fábricas de cimento e a sua subsequente utilização e armazenamento será fundamental, numa 2.ª fase, para este setor. A Indústria Cimenteira está neste momento a estudar a tecnologia de captura de carbono ao nível de instalações-piloto, esperando-se que até meados da corrente década possa vir a ser provada com sucesso a uma escala industrial, antes de estar disponível a uma escala comercial.

O recentemente publicado “Roteiro da Indústria Cimenteira Nacional para a Neutralidade Carbónica em 2050” [3] (adiante designado por Roteiro) traça, à luz do antes exposto, o caminho exigente e ambicioso que o setor se propõe percorrer, ao longo da cadeia de valor do cimento e do betão, rumo à neutralidade carbónica em 2050. Apresenta o percurso proposto pelo setor para atingir, de forma socialmente responsável e economicamente viável, os objetivos que a legislação ambiental preconiza.

Este, encontra-se alinhado com os principais documentos de referência a nível nacional, como o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, o Plano Nacional Energia e Clima 2030 e a Estratégia Nacional para o Hidrogénio, embora apenas este último tenha dado alguma abertura para as tecnologias CCUS. Ao nível da União Europeia, está em consonância com o Pacto Ecológico Europeu, anteriormente mencionado, o Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE-Fase IV) e o Plano para atingir a Meta Climática em 2030. Ao nível internacional, enquadra-se no Acordo de Paris.

No entanto, o caminho a percorrer pela Indústria ainda é longo. Os elevados custos associados à implementação e à operação destas tecnologias mais disruptivas e necessárias para o efeito, bem como a necessidade de criação de infraestruturas adequadas e políticas de apoio que visem alcançar aquele fim, constituem ainda importantes barreiras à possibilidade de utilizar essas tecnologias num curto horizonte temporal.

O esforço promovido pela Indústria Cimenteira está longe de ser isolado, muito pelo contrário, implica o envolvimento de intervenientes diferenciados, desde investigadores a decisores políticos e sociedade civil; prevê a cooperação intersetorial, através da promoção de alianças e sinergias; considera investimentos públicos e privados estrategicamente direcionados e conta ainda um enquadramento regulatório consistente e articulado que aponte inequivocamente na direção da descarbonização.

2 O percurso da indústria cimenteira para a neutralidade carbónica e as políticas públicas necessárias

Os caminhos para a descarbonização da Indústria Cimenteira nacional, assentes na redução das emissões diretas de CO₂ da Indústria de Cimento e do Betão ao longo da respetiva cadeia de valor, estão identificados no Roteiro promovido pela Associação da Indústria de Cimento nacional – ATIC, em conjunto com as suas Associadas, Cimpor e Secil.

No Roteiro podem ser identificados dois sub-temas principais:

- Transição Energética e Descarbonização: eficiência, competitividade, inovação na Indústria de Cimento Nacional

Foi efetuada uma primeira avaliação do potencial de redução de emissões de CO₂ do setor cimenteiro nacional relativamente aos anos de 2030 e 2050, tendo por base o grande objetivo de atingir a neutralidade carbónica em 2050 e tomando como referência os anos de 1990 e 2017. A análise do potencial de redução das emissões de CO₂ do setor foi realizada com base na tipologia de medidas propostas no Roadmap Europeu promovido pela

Associação Europeia do Cimento - CEMBUREAU, uma vez que os desafios tecnológicos do setor são em larga medida idênticos, salvaguardando-se, contudo, a necessidade das devidas adaptações ao contexto e desafios nacionais. [4]

- Políticas públicas de suporte à neutralidade carbónica

O Roteiro representa o estado de arte da tecnologia e conhecimento e propõe a participação de diferentes áreas de saber, na investigação de soluções disruptivas. A aplicação das mesmas terá um efeito exponencial de alavancagem, que irá além das consequências diretas na cadeia de valor da indústria cimenteira, e nas sinergias com parceiros de alianças.

É fundamental que as políticas públicas sejam coerentes com este empenho setorial focado em soluções e em resultados sustentáveis e que valorizem a realização de investimentos avultados, com retornos razoáveis, bem como a investigação e desenvolvimento de novas tecnologias disruptivas de produção de clínquer, cimento e betão. Os investimentos em causa exigirão medidas inovadoras de financiamento e a atualização das regras de Auxílios de Estado.

Em termos de produção, as políticas públicas assumem um papel relevante no acesso a matérias-primas e a energia renovável, abundante e barata, bem como na viabilização do uso de combustíveis alternativos e de matérias-primas secundárias.

De referir que é expectável um aumento significativo dos custos operacionais da Indústria Cimenteira, nomeadamente devido à necessidade de consumo de eletricidade produzida a partir de fontes renováveis, para reduzir emissões e implementar tecnologias como o CCUS. Para que tal seja economicamente viável, é imprescindível que continuem em vigor medidas de proteção contra o risco de “fugas de carbono”, ou que as mesmas sejam substituídas por outras, com efeitos equivalentes.

Não é demais salientar a este respeito que a competitividade da produção de cimentos e betão de baixo carbono em Portugal e na Europa só será possível se forem garantidas condições de concorrência justas e equitativas, no espaço económico global.

A jusante, as políticas públicas podem ainda promover a utilização de novos produtos e a implementação de soluções construtivas inovadoras, antecipando que os “produtos verdes” tendem a ser mais onerosos do que os produzidos tradicionalmente, com maiores custos ambientais.

Como metodologia, o Sumário Executivo do Roteiro para um Futuro Sustentável [5] identifica as políticas necessárias à neutralidade carbónica de acordo com a abordagem “5C”, i.e, considerando impactos no Clínquer, Cimento, Betão (*Concrete*), Construção e (re)Carbonatação. Numa vertente complementar, agrega as medidas favoráveis à descarbonização cronologicamente, distinguindo as de curto prazo e as médio prazo.

2.1 A abordagem dos “5C”

A metodologia presente em ambos os Roteiros nacional e europeu baseia-se nos “5C” para sintetizar o conjunto de medidas destinadas ao cumprimento da meta de neutralidade carbónica em 2050 ao longo da cadeia de valor do setor, nomeadamente:
















C1: CLÍNQUER	 FUEL SUBSTITUTION  CLINKER SUBSTITUTION & NOVEL CLINKERS  THERMAL EFFICIENCY  CCS/CCU
C2: CIMENTO	 PRODUCING LOW-CLINKER CEMENTS  IMPROVING ENERGY EFFICIENCY  DEVELOPING INNOVATIVE BINDERS
C3: BETÃO (CONCRETE)	 USING LOW-CLINKER CEMENT  OPTIMISING MIX  FINE TUNING ADDITIVES
C4: CONSTRUÇÃO	 Thermal mass allows to use less energy.  Supply chain optimisation and 3D printing drive down the construction sector's emissions.  Concrete structures can last several renovation cycles.  CONCRETE IS 100% RECYCLABLE
C5: (re)CARBONATAÇÃO	 <p>Up to 25% of the process emissions related to the production of the cement can be absorbed.</p>

Figura 1 Potencial de toda a cadeia de valor da construção na Abordagem dos “5C” da CEMBUREAU

2.1.1 C1: Clínquer

É previsível que a produção de clínquer venha a gerar um volume cada vez menor de emissões de CO₂. Elevadas taxas de coprocessamento (utilização de matérias-primas alternativas descarboxatadas e/ou com menor percentagem de calcário, combustíveis alternativos com frações elevadas de biomassa), hidrogénio ou, até mesmo, a eletrificação parcial dos fornos de clínquer a partir de energia renovável, permitirão substituir os combustíveis fósseis convencionais e uma parte das matérias-primas atualmente utilizadas por alternativas com menor pegada de carbono. O desenvolvimento e aplicação no futuro das tecnologias CCUS permitirão capturar as restantes emissões de CO₂ até à obtenção da neutralidade carbónica na totalidade da cadeia de valor do cimento e betão. Ao longo das últimas décadas, a Indústria Cimenteira tem vindo a investir significativamente na substituição de combustíveis e matérias-primas convencionais por alternativas, na eficiência energética térmica, na substituição de clínquer e I&D em novos tipos de clínquer e em projetos de I&D em CCUS, para reduzir as suas emissões diretas de CO₂.

Ao nível das políticas públicas adequadas a estas adaptações necessárias, o Roteiro prevê três áreas de actuação decisivas:

- Investimentos na modernização de instalações

Face aos avultados investimentos a realizar na modernização das instalações, é vital o desenvolvimento de um quadro legislativo adequado que enquadre o novo regime de Auxílios de Estado no contexto do setor, tendo em vista a “Descarbonização da Indústria”, pilar fundamental do Plano de Recuperação e Resiliência (PRR).

A criação de incentivos que permitam o retorno do investimento, num período de tempo considerado razoável do ponto de vista económico, é fundamental, bem como a instituição de um enquadramento legal do CELE que assegure previsibilidade até 2030, favorecendo a tomada de decisão no sentido de investir.

É indispensável criar condições equitativas e justas de concorrência face a países terceiros, que poderão passar pela adoção de um mecanismo de ajustamento fronteiriço de carbono (“*carbon border adjustment mechanism*” (CBAM)) compatível com as regras do comércio internacional definidas pela Organização Mundial do Comércio (OMC). É ainda entendimento do setor que estas deverão poder coexistir com a atribuição de licenças gratuitas até

2030. Só assim serão asseguradas condições que permitam uma concorrência justa, não prejudiquem as exportações, contribuindo simultaneamente para a mitigação de emissões de CO₂ a nível global.

- Substituição de combustíveis fósseis por resíduos e biomassa não recicláveis e consumo de matérias-primas secundárias descarboxatadas em substituição de matérias-primas virgens

Numa ótica de preservação de recursos naturais e de circularidade, é fundamental promover a substituição do uso de combustíveis fósseis convencionais por combustíveis alternativos não recicláveis, por uma fração importante de resíduos de biomassa e, conseqüentemente, menores emissões de CO₂. No mesmo sentido, o consumo de matérias-primas virgens deve ser substituído, sempre que possível, pelo de matérias-primas secundárias já descarboxatadas.

De referir que do ponto de vista técnico, é possível atingir níveis de coprocessamento superiores a 90% [4], no entanto, é necessário que as políticas públicas contribuam para a disponibilidade de resíduos não-recicláveis, em quantidade e com qualidade adequadas.

A revisão da taxa de gestão de resíduos (TGR) pode constituir-se como mecanismo facilitador para o cumprimento dos objetivos supracitados. Aumentar a TGR, isentar as operações de coprocessamento, promover medidas de incentivo à produção nacional de combustíveis alternativos e de matérias primas secundárias, com qualidade e preço competitivo, em especial no que respeita aos resíduos de construção e demolição, representam contributos significativos para a circularidade da economia.

Importa sublinhar que o acesso a fontes de resíduos de biomassa deve ser possível em condições concorrencias justas face a outros setores. O objetivo de “zero deposição em aterro” destes resíduos não recicláveis e a promoção da valorização de combustíveis alternativos e matérias-primas secundárias podem representar uma alavanca significativa para a descarbonização. Mais ainda se for viabilizado o acesso à utilização de resíduos de construção e demolição e de outros resíduos já existentes em aterro que apresentem viabilidade de utilização.

Não é demais assinalar que a produção nacional de resíduos é atualmente insuficiente para as necessidades de consumo e que este tende a aumentar. Nesse sentido, e em especial se não forem tomadas medidas adequadas, será necessário recorrer à aquisição

de combustíveis alternativos com origem em outros países da União Europeia.

- Tecnologias CCUS e estrutura integrada nacional para o transporte, a reutilização e armazenamento do CO₂ capturado

As tecnologias disruptivas exigem normalmente avultados investimentos e tal não é exceção na indústria de cimento. De facto, é imprescindível assegurar fundos de financiamento europeus e nacionais que permitam a investigação e o desenvolvimento de novas tecnologias à escala de utilização industrial, para capturar, armazenar e utilizar o CO₂. Só assim, as tecnologias emergentes poderão contribuir, como previsto no Roteiro, para as reduções de emissões expectáveis no período 2030-2050.

Está ainda por realizar, de uma forma mais sistemática, o levantamento dos potenciais emissores e utilizadores de CO₂, a identificação dos locais geológicos de armazenamento e a construção das interligações necessárias, incluindo redes internacionais para desenvolvimento de uma infraestrutura otimizada para utilização destas novas tecnologias. O desenvolvimento de uma tal infraestrutura só será possível com o recurso a fundos a disponibilizar para o efeito.

Desta forma, é evidente a necessidade de enquadrar a aplicação do regime dos Auxílios de Estado no contexto de desenvolvimento da infraestrutura necessária pois esta é imprescindível para a descarbonização da indústria. É ainda entendimento do setor que o quadro regulatório para os projetos CCUS de infraestrutura de transporte e armazenamento de CO₂, H₂, O₂, entre outros, deverá seguir a legislação europeia nesse domínio.

O uso de CO₂ deverá ser reconhecido para efeitos de contabilização, no sistema geral de rastreabilidade de CO₂ que venha a ser instituído, pois só dessa forma se incentivará a sua captura

O acesso a energia renovável, a preços acessíveis à indústria, pode ser viabilizado através de incentivos, tais como a isenção de taxas para utilização industrial ou mecanismos de compensação adequados.

O setor prevê ainda promover a constituição de uma Aliança Industrial Nacional de Baixo Carbono que agregue diversos setores e contribua para alcançar as metas ambientais definidas pelo Governo, a nível nacional e pela União Europeia, a nível do espaço comunitário. É fundamental a conjugação de esforços que permitam criar sinergias para o desenvolvimento conjunto de projetos circulares que contribuam para a neutralidade carbónica da economia nacional e que respondam às linhas gerais da Estratégia Industrial Europeia, que passa, necessariamente, pela criação de todas as condições necessárias ao renascimento da indústria europeia.

2.1.2 C2: Cimento

O clínquer tenderá, no futuro, a ser mais reativo, permitindo que menor quantidade de clínquer seja incorporada na produção de cimento. O cimento será produzido com as melhores tecnologias disponíveis, incluindo a moagem em separado dos seus vários constituintes para redução do consumo energético (em combinação com novos adjuvantes de moagem), menor segregação e maior fluidez em silo e, crucial, otimização da curva de distribuição granulométrica das partículas de cada um deles. Tal possibilitará

misturá-los posteriormente e produzir vários tipos de cimento “por medida” em equipamentos de mistura que permitam obter produtos com propriedades diferenciadoras, mais adequados, e melhor consistência de desempenho para cada aplicação específica evitando a sua sobredosagem no betão e em argamassas. Isso permitirá, também, reduzir o consumo específico de energia elétrica de moagem.

Também a adição, em substituição do clínquer, de materiais cimentícios suplementares, como é o caso de argilas calcinadas, filler calcário selecionado e finos carbonatados de betão reciclado, aumentará substancialmente de forma a reduzir a pegada de CO₂ dos futuros tipos de cimento, de uma forma sustentada. No entanto, terão ainda de ser ultrapassadas condicionantes atuais, como por exemplo, as relativas à normalização que deverá evoluir no sentido de satisfazer critérios de desempenho em vez de simples critérios de composição química.

Consciente de que uma utilização mais eficiente do clínquer de cimento Portland é uma etapa essencial no processo de descarbonização, a Indústria Cimenteira tem vindo a realizar um esforço significativo de investigação, no sentido de desenvolver novos cimentos, com baixa incorporação de clínquer, novas composições químicas e melhor desempenho ambiental. Em consonância com este desígnio, o Roteiro considera uma redução da incorporação de clínquer de 76% (em 2017) para 65% em 2030 e 60% em 2050.

Configuram-se como políticas necessárias para o cumprimento deste objetivo:

- Maior rapidez no processo normativo referente aos novos produtos, que viabilize a colocação imediata dos mesmos no mercado, depois de cumpridos os testes de conformidade;
- Criação de um quadro regulatório e fiscal que promova a utilização destes novos tipos de cimento, inovadores e com menor pegada ambiental.

As compras públicas verdes, nomeadamente através dos cadernos de encargos, e as políticas para produtos sustentáveis podem dar um contributo inestimável nesta área, ao incentivarem a utilização de produtos mais sustentáveis.

2.1.3 C3: Betão (*Concrete*)

O betão, produto final do cimento, é o material mais usado no planeta, a seguir à água [4]. É um material de construção por excelência, resistente e durável, que apresenta uma gama de aplicações muito alargada. Utiliza matérias-primas abundantes na natureza e é de produção local. Não só permite a reciclagem de resíduos da construção e demolição, como é, ele próprio, um material reciclável. Acrescem às suas características particulares, o excelente contributo do betão para um desempenho sustentável do edificado.

A conceção de novos produtos de valor acrescentado que não coloque em risco a integridade das soluções construtivas aponta para que o caminho futuro na indústria seja, o da menor incorporação de calcário no clínquer, menor incorporação de clínquer no cimento, menor incorporação do cimento no betão, menor incorporação de betão nas estruturas e infraestruturas em betão, e maior reciclagem

do betão de Resíduos de Construção e Demolição (RC&D) como matéria-prima para a produção de cimento e agregados para a produção de betão. A pegada de carbono do cimento pode ser reduzida mantendo-se o mesmo desempenho através da utilização de cimentos com baixa incorporação de clínquer, de otimizações de 10% a 20% de incorporação de cimento no betão – redução do potencial efeito de aquecimento global do betão, e da afinação do uso de aditivos – CO₂ pode ser utilizado para produzir betão com agregados reciclados.

Assinale-se a este respeito o imperativo das políticas públicas respeitarem o princípio da neutralidade do material e a importância de valorizarem a análise berço a berço e a promoção de soluções construtivas visadas pela metodologia de ciclo de vida. Esta considera o contributo do produto para o desempenho global dos edifícios, abrangendo as fases de projeto, construção, uso, demolição e reciclagem.

Constata-se, uma vez mais, a articulação entre políticas públicas e necessidade de investimento por parte do setor. O desafio de neutralidade carbónica na construção e as normas de avaliação de sustentabilidade dos edifícios vão colocar desafios acrescidos aos produtos e exigir o desenvolvimento de competências técnicas e de inovação na construção.

Neste sentido, a Indústria está a desenvolver esforços para que, por exemplo, através do recurso à análise de padrões de dados e inteligência artificial, a fabricação venha a ser controlada digitalmente. Este será um passo importante para a adequação do produto a cada uma das aplicações a que se destina, assegurando, em simultâneo, consistência e qualidade no fornecimento. O desenvolvimento do produto é fundamental para que o desempenho da solução construtiva seja o pretendido.

Como tal, o Roteiro sublinha que uma estratégia para a construção sustentável implica necessariamente a cooperação alargada entre arquitetos, projetistas, engenheiros, autoridades locais, academia, indústria, decisores políticos, entre outros *stakeholders*.

As políticas públicas têm o potencial de promover o desenvolvimento de projetos energeticamente eficientes e ecológicos, nos quais o uso de betão com baixo conteúdo carbónico e as tecnologias inovadoras assumirão um papel de relevo.

2.1.4 C4: Construção

A abordagem circular aos edifícios é indispensável para se atingir a neutralidade carbónica. O betão contribui com aspetos muito positivos para a sustentabilidade dos mesmos, através de características inerentes ao material, tais como a inércia térmica, determinante para a eficiência energética do edificado.

É assim, fundamental considerar todo o ciclo de vida dos edifícios (desde a fase de projeto passando pela construção até à sua demolição) para se atingir um maior potencial de redução de emissões de CO₂: a inércia térmica permite consumir menos energia ao longo da vida útil dos edifícios; a otimização da cadeia de fornecimento e impressão 3D conduzem à redução das emissões de CO₂ no setor da construção; as estruturas em betão podem sofrer vários ciclos de renovação dada a sua durabilidade. Além disso, o betão é 100% reciclável no final do seu ciclo de vida.

De salientar que para além dos edifícios, o betão é também um material de construção essencial para o desenvolvimento de infraestruturas de energia renovável, sistemas de transporte de baixo carbono e nas soluções para a adaptação às alterações climáticas.

No sentido de alavancar as possibilidades supracitadas, é fundamental que as políticas públicas valorizem os benefícios proporcionados pelo material e considerem o contributo do betão ao longo do ciclo de vida dos edifícios, desde a fase de projeto, construção, uso, demolição e reciclagem. A mesma abordagem deve privilegiada nos futuros códigos de construção.

2.1.5 C5: (re)Carbonatação

O betão é um poderoso sumidouro de CO₂. As fases não-hidratadas de cimento presentes no betão e nas argamassas absorvem CO₂ de uma forma natural ao longo do seu ciclo de vida, um processo conhecido como (re)carbonatação. Sabe-se que até 25% das emissões de CO₂ de processo emitidas durante a produção de cimento (clínquer) podem ser absorvidas ao longo da vida útil das estruturas e infraestruturas em betão e até mesmo depois, já durante as fases de demolição e reciclagem [6], pois o aumento da superfície de resíduos expostos ao ar acelera o processo de recarbonatação. Pesquisas recentes demonstraram que este processo pode ser acelerado colocando os RC&D em contacto direto com os gases de exaustão de um forno de cimento, com maior teor em CO₂ do que o ar ambiente, e a uma temperatura mais elevada. Minerais naturais, como a olivina e o basalto, depois de triturados, também podem ser recarbonatados pelo mesmo processo. A quantidade real de absorção de CO₂ dependerá de uma série de parâmetros, incluindo a classe de resistência, as condições de exposição, a espessura do elemento de betão, o cenário de reciclagem e uso secundário.

As políticas públicas podem, também, contribuir para a valorização da (re)carbonatação durante o ciclo de vida do betão, caso esta venha a ser reconhecida na contabilização de emissões de CO₂, nas metodologias de determinação da pegada carbónica e através da sua certificação como método de remoção de CO₂.

2.2 Definição dos objetivos de descarbonização da Indústria Cimenteira Nacional a dois tempos: 2030 e 2050

No período 1990-2017, o setor cimenteiro nacional atingiu uma redução superior a 14% nas emissões específicas de CO₂ por tonelada de cimento, considerando a totalidade das emissões de CO₂ (*Scope 1, 2 e 3*). As melhorias na área de eficiência térmica, bem como a redução da incorporação de clínquer no cimento e o aumento do consumo de combustíveis alternativos contendo biomassa como substitutos de fontes de energia fóssil, tornaram possível esta evolução.

Estima-se ser possível alcançar até 2030 uma redução das emissões de CO₂ ao longo de toda a cadeia de valor de 48% face a 1990, sem o recurso a tecnologias de natureza mais disruptiva como é o caso das tecnologias CCUS e do Hidrogénio, cuja disponibilidade a uma escala comercial só deverá ocorrer a partir de 2030.

Até 2050, é esperada uma redução das emissões de CO₂, face a 1990,

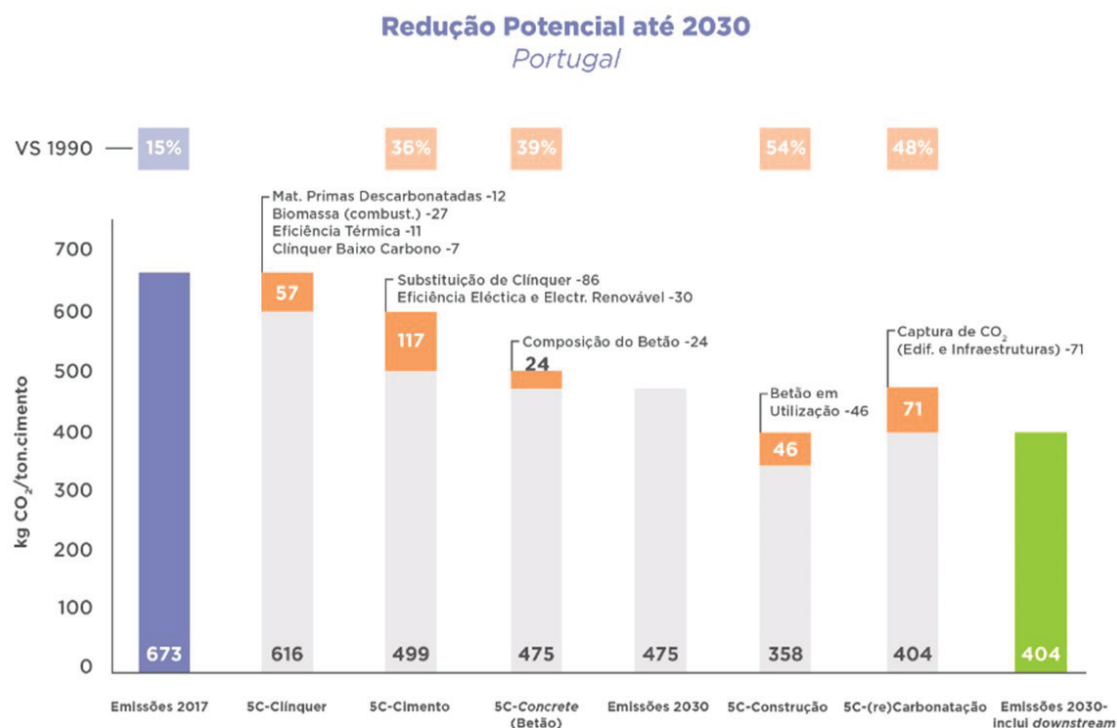


Figura 2 Portugal 2030: Potencial de redução das emissões de CO₂ por elemento da cadeia de valor "5C"

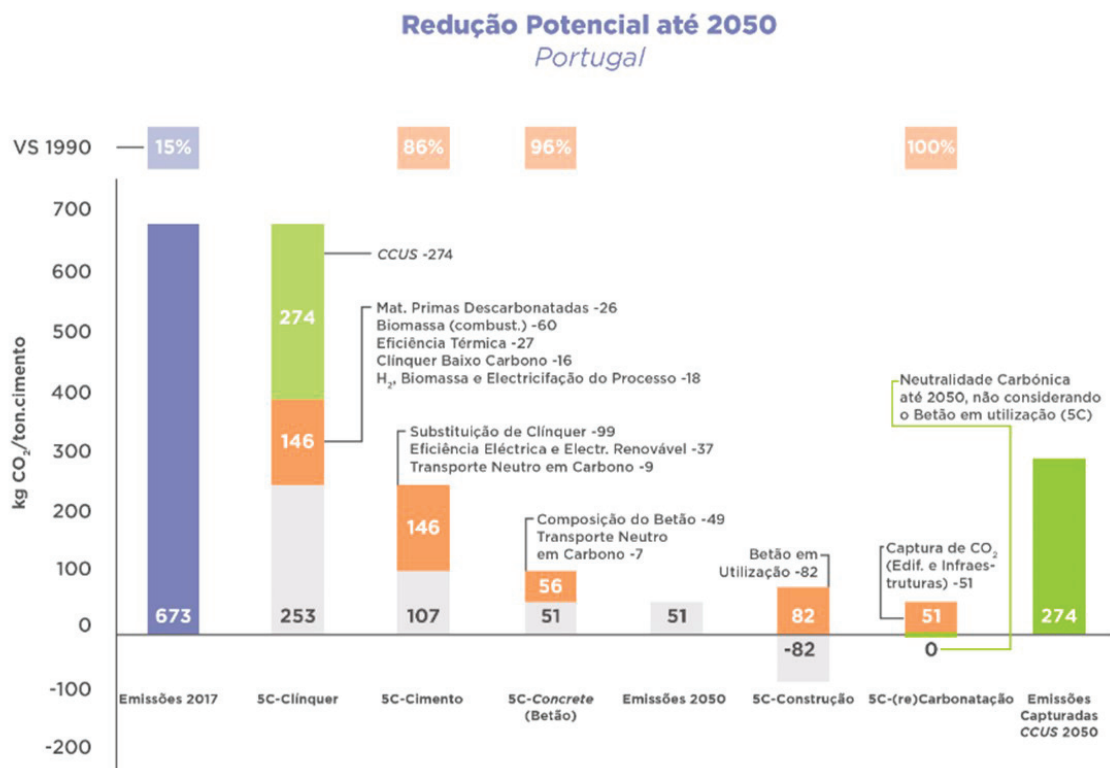


Figura 3 Portugal 2050: Potencial de redução das emissões de CO₂ por elemento da cadeia de valor "5C"

de cerca de 65% (até 274 kg CO₂ por tonelada de cimento) sem o recurso a tecnologias de ruptura como as CCUS e do Hidrogénio. Essas permitirão eliminar os restantes 35% das emissões de CO₂ que separam o setor da neutralidade carbónica até 2050, ao longo da cadeia de valor completa. Para além da utilização das tecnologias supra, as emissões de CO₂ podem ser reduzidas atuando em cada estágio da cadeia de valor, i.e., ao longo dos “5C” graças à utilização de tecnologias já existentes e novas tecnologias.

O potencial de redução das emissões por via do betão em utilização (5C: Construção) mencionado na figura 3 não foi incorporado nos cálculos do Roteiro relativos à redução potencial até 2050. Apenas se considera para efeitos da Neutralidade Carbónica atingida até 2050 a redução das emissões de CO₂ realizadas no setor. No entanto, é importante sublinhar que o betão, como material de construção, proporciona reduções de CO₂ adicionais devido a algumas das suas propriedades, como é o caso, da inércia térmica que permite melhorar a eficiência energética dos edifícios. Contribui ainda para reduções indiretas de CO₂, através da respetiva utilização em barragens, fundações e fustes de aerogeradores, e outras aplicações

similares que possibilitam o desenvolvimento de fontes de produção de energia renovável. Por exemplo, o betão é um material de eleição para equipamentos de energia renovável ou infraestruturas de transporte.

A possível atuação ao nível da cadeia de valor para que os objetivos propostos sejam alcançáveis no contexto nacional está identificada na figura 4.

3 Conclusão

A inevitável descarbonização da Indústria de Cimento vai obrigar a um enorme processo de transformação. Nesse sentido, e enquanto ator relevante na economia nacional, o setor está a trabalhar para a concretização dos compromissos de Portugal no âmbito do Pacto Ecológico Europeu, em consonância com os objetivos nacionais de descarbonização da economia.

O caminho traçado assenta necessariamente em mais inovação, novas e melhores tecnologias e infraestruturas, estreita cooperação

Objetivo 2030 : – 48% Emissões CO ₂ vs.1990		Objetivo 2050: Neutralidade Carbónica
<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência energética térmica: + 4% • Combustíveis alternativos: 60 a 70% (30% biomassa de resíduos) • Matérias-primas descarbonatadas: 3,5% • CCUS: Não disponível ainda à escala comercial até 2030 (apenas instalações-piloto) 	C1: CLÍNQUER	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência energética térmica: +14% • Combustíveis alternativos: 90% (50% biomassa de resíduos) • Hidrogénio: 10% • Matérias-primas descarbonatadas: 8% • CCUS: disponível à escala comercial (pós-2030) (35%) • <i>Bioenergy with carbon capture and storage</i>: Possibilidade de emissões negativas de CO₂
<ul style="list-style-type: none"> • Ajustamento portfolio produtos: CEM II/C, cimentos com argilas calcinadas • Redução da incorporação de clínquer: 65% 	C2: CIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustamento portfolio produtos: CEM II/C & CEM VI, cimentos com argilas calcinadas • Redução da incorporação de clínquer: < 60% • Novos tipos de ligantes hidráulicos
<ul style="list-style-type: none"> • Otimização da utilização do betão em função dos requisitos (e.g., classes de exposição / resistência), qualidade do betão, novos plastificantes, redução ligante 	C3: BETÃO (<i>Concrete</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização da utilização do betão em função dos requisitos (e.g., classes de exposição / resistência), qualidade do betão, novos plastificantes, redução ligante
<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria dos métodos de construção em betão para redução consumo de ligante e desperdício em obra • Industrialização da construção: pré-fabricação, <i>3D-printing</i> de betão, construção modular • Reuso e reciclagem de materiais 	C4: CONSTRUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria adicional dos métodos de construção em betão para redução consumo de ligante e desperdício em obra • Industrialização da construção: pré-fabricação, <i>3D-printing</i> de betão, construção modular • Reuso e reciclagem de materiais
<ul style="list-style-type: none"> • (re)Carbonatação de 20% das emissões de processo (metodologia IVL, Swedish Environmental Research Institute) 	C5: (re)CARBONATAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • (re)Carbonatação de 20% das emissões de processo (metodologia IVL, Swedish Environmental Research Institute)

Figura 4 Ação para a concretização dos Objetivos 2030 e 2050

entre os diferentes operadores ao longo da cadeia de valor, bem como nas sinergias intersectoriais.

No entanto, para que tal seja possível, a Indústria necessitará que sejam tomadas e concretizadas decisões de ação política em áreas-chave. Terão que ser garantidas condições de concorrência equitativas que permitam a competitividade da produção de “produtos verdes” como os cimentos e betão de baixo carbono em Portugal e na Europa. Simultaneamente, estes produtos terão de ser promovidos, tendo em consideração que os mesmos tendem a ser consideravelmente mais caros do que os tradicionalmente produzidos. As “compras públicas verdes” poderão ter um papel decisivo nesta área, ao liderar uma tendência de consumo coerente e responsável. Será também fundamental a colaboração de todos os stakeholders ao longo da cadeia de valor da construção para tornar real a integração dos princípios da sustentabilidade e da neutralidade carbónica em temas como o ambiente, a segurança, a durabilidade e o desempenho dos produtos.

Atingir a neutralidade carbónica é um objetivo ambicioso que terá custos significativos. Serão necessários grandes investimentos para implementar as novas tecnologias nas seis fábricas nacionais. Esses investimentos exigirão formas inovadoras de financiamento. Os custos operacionais sofrerão também impactos importantes, por exemplo, através do aumento do consumo de eletricidade produzida a partir de fontes renováveis para reduzir as emissões e implementar tecnologias como o CCUS.

Neste âmbito, dois fatores se revelam essenciais para a Indústria de Cimento ser bem-sucedida no plano proposto para a Neutralidade Carbónica até 2050:

- A necessidade de desenvolvimento de uma infraestrutura para o CO₂ assente no indispensável mapeamento integrado e na definição de um quadro de incentivos adequados à captura de CO₂, independentemente de este vir a ser utilizado ou armazenado, reconhecendo a rede partilhada de infraestruturas de CO₂ como uma instalação essencial, com os respetivos termos de acesso bem definidos.

- A premência de se criarem condições que fomentem a cooperação intersectorial tendo em vista a descarbonização da economia, permitindo a identificação de sinergias industriais, para além da cadeia de valor do setor, e o desenvolvimento de alianças intersectoriais para que as Indústrias Intensivas em Energia, como é o caso da Indústria Cimenteira, possam potenciar o efeito das suas estratégias e iniciativas individuais de redução de emissões de cada setor e desenvolver um conjunto de projetos circulares.

No sentido de viabilizar a proposta da Indústria Cimenteira rumo à neutralidade carbónica em 2050, com benefícios inequívocos em termos ambientais, sociais e económicos, são necessários investimentos consideráveis e políticas públicas adequadas. Com um quadro normativo adequado e ações políticas articuladas, de longo prazo, em áreas-chave, este será um objetivo viável.

Referências

- [1] European Commission – Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, The European Green Deal, COM(2019) 640 final.
- [2] Sanjuán, M. A. et al. – Carbon Dioxide Uptake by Mortars & Concretes Made with Portuguese Cements, *Applied Sciences*, 2020, 10(2):646.
- [3] Associação Técnica da Indústria do Cimento (ATIC) – Roteiro da Indústria Cimenteira Nacional para a Neutralidade Carbónica em 2050, 2021.
- [4] European Cement Association (CEMBUREAU) – Cementing the European Green Deal, Reaching Climate Neutrality along the Cement and Concrete Value Chain by 2050, 2020.
- [5] Associação Técnica da Indústria do Cimento (ATIC) – *Roteiro para um Futuro Sustentável. Rumo à Neutralidade Carbónica da Indústria Cimenteira Portuguesa até 2050. Sumário Executivo*, 2021.
- [6] Stripple, H. et al. – CO₂ uptake in cement containing products. Background and calculation models for IPCC implementation, *IVL Swedish Environmental Research Institute*, 2018.

