



AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA

# PERSPECTIVAS EM TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS

2  
0  
0  
8

Em apoio do Plano de Acção do G8

Sumário

Cenários e  
estratégias  
até 2050



# PERSPECTIVAS EM TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS

2  
0  
0  
8

## Cenários e estratégias até 2050

O mundo precisa de um acréscimo constante das fontes de energia para manter o crescimento e o desenvolvimento económico. Porém, os recursos energéticos estão sob tensão, e as emissões de CO<sub>2</sub> do consumo energético actual já ameaçam o clima. Que opções teríamos para um futuro energético mais limpo e eficiente? Quanto custaria? E de quais políticas precisaríamos?

Esta segunda edição da publicação *Energy Technology Perspectives (Perspectivas em Tecnologias Energéticas)* trata dessas questões, baseando-se na reconhecida perícia da Agência Internacional de Energia (AIE) e na sua rede de tecnologias energéticas.

Esta publicação atende ao pedido feito pelo G8 à AIE, de fornecer uma orientação aos responsáveis quanto à forma de equacionar o que está a acontecer com o que precisa ser feito, a fim de construir um futuro energético limpo, inteligente e competitivo.

A análise da AIE demonstra que um futuro energético mais sustentável está ao nosso alcance, e que a chave é a tecnologia. Uma maior eficiência energética, a captura e o armazenamento do CO<sub>2</sub>, as energias renováveis e a energia nuclear serão importantes. Devemos agir sem demora, se quisermos desbloquear o potencial de tecnologias actuais e emergentes e reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, com os seus efeitos subsequentes na segurança energética e no meio ambiente.

Este trabalho inovador demonstra de que forma as tecnologias energéticas podem fazer a diferença no âmbito de vários cenários mundiais até 2050. O estudo contém uma orientação para todos os sectores energéticos chave, incluindo a geração de electricidade, a construção, a indústria e o transporte. A publicação *Energy Technology Perspectives 2008* fornece uma avaliação detalhada sobre tecnologia e política, a fim de ajudar a centrar a discussão e o debate em torno da energia.

© OECD/IEA, 2008

No reproduction, copy, transmission or translation of this publication may be made without written permission.

Applications should be sent to:

International Energy Agency (IEA),  
Head of Communication and Information Office,  
9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France.

# SUMÁRIO

## Introdução

---

**Enfrentamos actualmente sérios desafios no sector energético.** A previsão de crescimento da economia global é de quatro vezes mais até 2050, podendo chegar a dez vezes mais em países em desenvolvimento, como a China e a Índia. Embora constitua a promessa de benefícios económicos e enormes melhorias nas condições de vida, também acarreta um aumento considerável do uso da energia. Se a procura de energia não for dissociada do crescimento económico e se a procura de combustíveis fósseis não diminuir, tensões insustentáveis nos recursos naturais e no meio ambiente serão inevitáveis.

**A situação tem vindo a deteriorar-se constantemente.** Desde a edição de 2006 da publicação *Energy Technology Perspectives (ETP, Perspectivas em Tecnologias Energéticas)*, as emissões mundiais de CO<sub>2</sub> e a procura de petróleo aumentaram regularmente. Situando-se 7% acima das perspectivas anteriores, as melhores previsões do cenário de referência “manutenção do status quo” prevêem um aumento de 70% na procura de petróleo até 2050 e uma subida de 130% das emissões de CO<sub>2</sub>. Isto é, na ausência de alterações políticas e de restrições no abastecimento. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), um crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> de tal magnitude poderia aumentar a média das temperaturas mundiais em 6°C (nível de estabilização) ou mais. As consequências seriam uma mudança significativa em todos os aspectos da vida e uma alteração irreversível do meio ambiente natural.

**Uma revolução global é necessária quanto às formas como a energia é fornecida e usada.** Uma eficiência energética muito maior é um requisito fundamental. As energias renováveis, a energia nuclear, bem como a captura e o armazenamento do CO<sub>2</sub> (CAC) devem ser implementadas em grande escala e devem ser desenvolvidos meios de transporte “carbon-free”, ou seja, sem emissões de carbono. **As políticas governamentais devem operar uma transformação radical** para criar um maior nível de segurança política a longo prazo em relação à procura futura de tecnologias com baixa produção de carbono, nas quais os decisores industriais se possam apoiar. **Níveis inéditos de cooperação entre todas as principais economias** serão cruciais, tendo em vista que menos de um terço das emissões mundiais do “status quo” em 2050 deverão provir dos países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico (OCDE).

Em suma, **a economia energética global deverá ser transformada** nas próximas décadas. O objectivo desta publicação é explicar de que maneira, através de uma revista detalhada das perspectivas e do estado actual das tecnologias energéticas limpas existentes e avançadas, oferecendo um **cenário de análise** da forma como a associação

dessas tecnologias pode fazer a diferença. Esta edição da publicação ***Energy Technology Perspectives*** propõe ainda **orientações globais sobre as 17 tecnologias** que do nosso ponto de vista podem fazer a diferença, evidenciando as acções necessárias para que cada uma delas libere seu pleno potencial.

O nosso cenário de análise trata somente das emissões de CO<sub>2</sub> ligadas à energia, responsáveis pela maior parte das emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa. Contudo, a redução das emissões relacionadas com a energia dependerá de uma certa forma da possibilidade de redução de outras emissões. Por conseguinte, dedicamos um capítulo ao metano, outro importante gás com efeito de estufa.

A análise apresentada elabora modelos a partir dos elementos do secretariado da AIE e da perícia da rede internacional de colaboração em tecnologia energética da AIE. A publicação *Energy Technology Perspectives* completa o *World Energy Outlook 2007* da AIE, e retoma o cenário até 2030, estendendo-o até 2050. O presente estudo dá continuação à análise contida na edição 2006 da publicação ETP, à luz do 4º Relatório de Avaliação do IPCC, publicado em Novembro de 2007.

São apresentados vários cenários. A série ETP de 2008 dos “Cenários ACT” mostra como as emissões globais de CO<sub>2</sub> poderiam ser reduzidas para os níveis actuais até ao ano de 2050. A série ETP de 2008 dos “Cenários BLUE” visa uma redução de 50% das emissões de CO<sub>2</sub> até 2050. O presente sumário focaliza-se apenas num cenário de cada série: Quadro ACT e Quadro BLUE.

## Cenários ACT

---

**As tecnologias existentes, ou as que já se encontram num estado de desenvolvimento adiantado, podem reduzir a emissão global de CO<sub>2</sub> para os níveis actuais até ao ano de 2050.** As emissões devem culminar entre 2020 e 2030. O cenário Quadro ACT implica a adopção de um vasto leque de tecnologias com custos marginais até U\$ 50<sup>1</sup> por tonelada de CO<sub>2</sub> economizado, quando totalmente comercializadas. Este nível de esforço afecta profundamente certas actividades na área energética. Dobraria aproximadamente os custos de produção de uma central termoeléctrica a carvão sem sistema de captura e armazenamento de CO<sub>2</sub>. O custo marginal é duas vezes maior do que o estimado dois anos atrás pelo ETP de 2006, principalmente devido à tendência na aceleração das emissões de CO<sub>2</sub> e ao aumento dos custos de engenharia, cerca do dobro, na sequência da queda do dólar.

**A tarefa é difícil e onerosa.** O investimento adicional necessário no sector energético foi avaliado em 17 triliões de dólares americanos até ao ano de 2050. Em média, o valor ronda os 400 bilhões de dólares americanos por ano, o que é aproximadamente equivalente ao Produto Interno Bruto (PIB) da Holanda, ou a 0,4% do PIB mundial cada ano até 2050.

---

1. Todos os custos são baseados no valor do dólar americano de 2005.

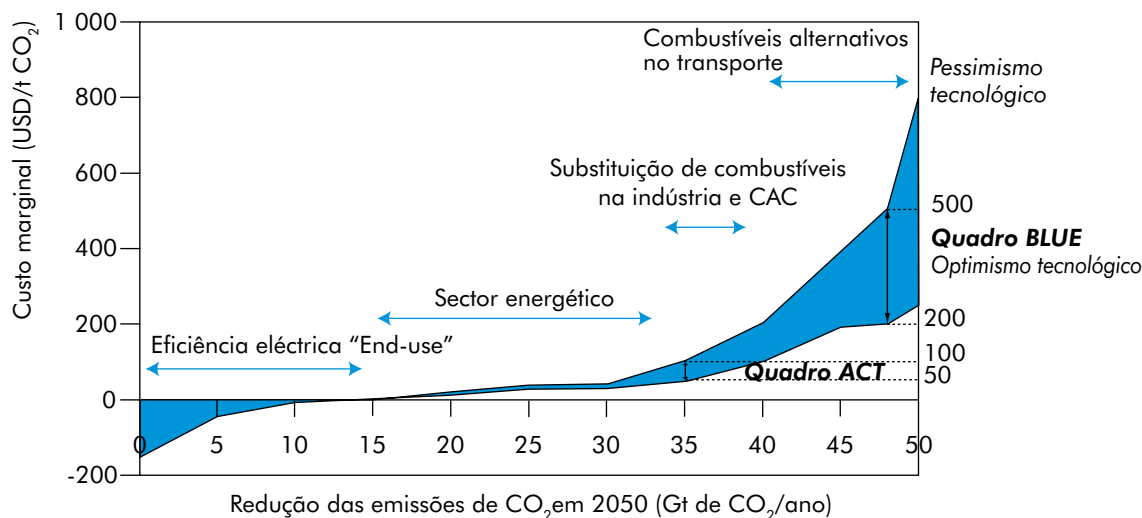
## Cenários BLUE

**Todavia, reduzir as emissões para o seu nível de 2005 pode não ser suficiente.** O IPCC chegou à conclusão que as emissões precisam de diminuir 50% a 85% até 2050, para manter o aquecimento global entre 2°C e 2,4°C. Em 2007, na reunião de Heiligendamm, os líderes do G8 concordaram com um objectivo de redução de 50 % do CO<sub>2</sub>.

**Reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> em 50% (partindo dos níveis actuais) até 2050 representa um grande desafio.** Este cenário implica uma mudança radical de direcção. Não somente os custos são muito maiores, como também muito mais incertos, já que os cenários BLUE exigem tecnologias ainda em desenvolvimento, cujo progresso e sucesso final são difíceis de prever. **Enquanto os cenários ACT são exigentes, os cenários BLUE requerem uma implementação urgente de políticas inéditas e de grande envergadura no sector energético.**

O cenário Quadro BLUE, baseado em suposições optimistas sobre o progresso de tecnologias chave, requer um desdobramento de todas as tecnologias envolvendo custos até U\$ 200 por tonelada de CO<sub>2</sub> economizado, quando totalmente comercializadas. Se o desenvolvimento destas tecnologias não alcançar as expectativas, os custos poderão elevar-se até U\$ 500 por tonelada. Por conseguinte, o cenário Quadro BLUE exige tecnologias pelo menos quatro vezes mais caras do que as opções tecnológicas de maior custo necessárias ao Quadro ACT. Contudo, o custo médio das tecnologias necessárias para o Quadro BLUE é bem menor do que o marginal, na faixa de U\$ 38 a U\$ 117 por tonelada de CO<sub>2</sub> economizado. O gráfico ES.1 mostra como os custos marginais relativos à redução do CO<sub>2</sub> em 2050 aumentam à medida que as economias visadas de CO<sub>2</sub> aumentam além daquelas no Quadro ACT a fim de alcançar os níveis mais altos necessários para o Quadro BLUE.

**Gráfico ES.1** ► Custo marginal da redução de emissão para o sistema global de energia em 2050



**O investimento adicional necessário para o cenário Quadro BLUE é de 45 trilhões de dólares americanos até 2050.** Inclui um aumento de Investigação e Desenvolvimento (I&D), um investimento maior nas tecnologias ainda não competitivas no mercado (mesmo com incentivos para a redução de CO<sub>2</sub>) e um investimento comercial em opções com baixa produção de carbono (estimuladas por incentivos para a redução de CO<sub>2</sub>). O total ronda 1,1 trilhão de dólares americanos por ano ou seja, aproximadamente o equivalente do PIB actual da Itália, ou 10% do PIB actual dos Estados Unidos. Este valor representa uma média de 1,1% do PIB mundial cada ano até 2050. Esta despesa reflecte uma reorientação da actividade económica e do emprego e não necessariamente uma redução do PIB. Os impactos no PIB mundial serão reais mais é difícil prevê-los no âmbito da presente análise.

## Benefícios do investimento

---

Embora os investimentos adicionais exigidos pelos cenários ACT e BLUE forneçam uma indicação da tarefa por realizar, os mesmos não representam custos líquidos. Isto porque os investimentos tecnológicos em termos de eficiência energética, em muitas energias renováveis e em energia nuclear reduzem as necessidades de combustível. **Em ambos cenários ACT e BLUE, a economia estimada no custo real do carvão, do petróleo e do gás até 2050 é superior ao investimento adicional tecnológico necessário** (avaliando-os segundo os preços de referência). Se descontarmos 3%, a economia nos combustíveis é superior ao investimento adicional necessário no cenário Quadro ACT, mas não nos cenários BLUE. Descontando 10%, o investimento adicional é superior à economia realizada nos combustíveis em ambos cenários.

Naturalmente, alguns investimentos são muito rentáveis, especialmente em termos de eficiência energética. Ao contrário, na parte mais onerosa da variação exigida para os cenários BLUE, alguns investimentos só se tornam económicos com um elevado incentivo para a redução do CO<sub>2</sub>. Contudo, nem todos os investimentos necessários reduzem os custos dos combustíveis. O investimento em Captura e Armazenamento do CO<sub>2</sub> (CAC) aumentará a quantidade de carvão necessária para a produção de electricidade, devido à redução da eficiência da central eléctrica.

## Um mercado de petróleo mais equilibrado

---

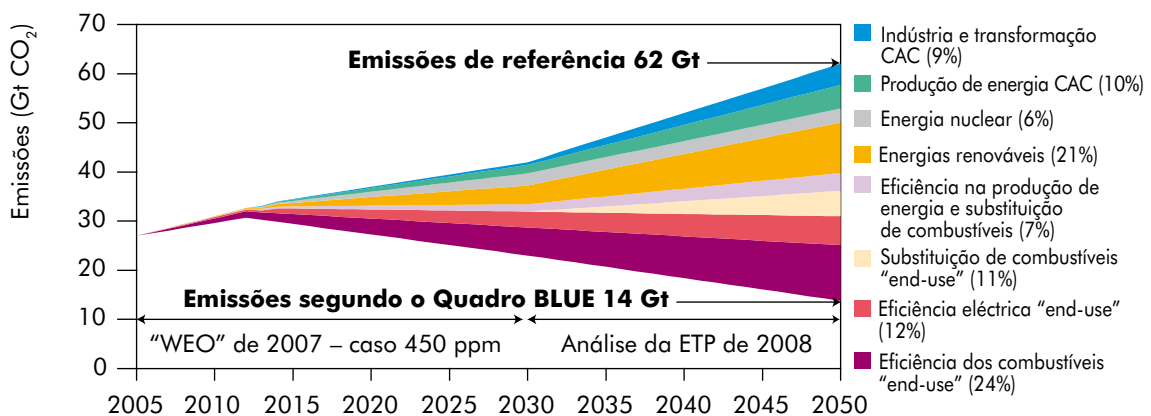
**Além das suas vantagens para o meio ambiente, os cenários ACT e BLUE mostram uma perspectiva mais equilibrada dos mercados de petróleo.** No cenário Quadro ACT, a procura de petróleo continua a aumentar. Aumenta 12% até 2050, o que é bem menos

do que na referência. O cenário Quadro BLUE mostra uma diferença mais vincada, com uma procura de petróleo 27% menor em 2050 em relação a hoje. No entanto, em todos os cenários, investimentos maciços serão necessários em abastecimento de combustível fóssil nas décadas futuras.

## A revolução tecnológica

Em ambos os cenários ACT e BLUE, **as melhorias em termos de eficiência energética nos edifícios, nos aparelhos, no transporte, na indústria e na produção eléctrica representam as economias mais importantes e menos onerosas.** Por ordem de importância, em segundo lugar estão as medidas para **descarbonizar substancialmente a produção eléctrica.** Podem ser alcançadas graças à combinação de energias renováveis, energia nuclear e ao sistema de CAC em centrais de combustíveis fósseis. Seja qual for a finalidade, a acção nessas áreas é necessária e urgente. É particularmente importante evitar um bloqueio com tecnologias ineficazes nas décadas futuras. No cenário BLUE, as opções mais onerosas como **a Captura e o Armazenamento do CO<sub>2</sub> (CAC) na indústria e os combustíveis alternativos de transporte, devem ser implementadas.** O gráfico ES.2 mostra as fontes de economia do CO<sub>2</sub> no cenário BLUE comparadas com o cenário de referência. Os decisores políticos devem recordar-se que é preciso muito tempo para implementar mudanças e que as prioridades em cada país variam de acordo com as circunstâncias nacionais. Além disso, a redução das emissões de metano provenientes do sector industrial também representa um item importante na estratégia global contra as alterações climáticas, já que essas emissões oferecem importantes oportunidades rentáveis, a curto prazo, para reduzir os gases com efeito de estufa.

**Gráfico ES.2** ▶ Comparativo entre *World Energy Outlook 2007* - caso 450 ppm - e o Cenário Quadro BLUE, 2005-2050



## Edifícios e aparelhos

Os cenários ACT poderão tornar-se uma realidade, se forem utilizadas em edifícios e aparelhos certas tecnologias hoje em dia amplamente disponíveis e economicamente viáveis, baseadas no custo do ciclo de vida. Os cenários BLUE, porém, requerem tecnologias novas e emergentes e, em alguns casos, tecnologias que só são económicas quando os custos de redução do CO<sub>2</sub> são relativamente altos, pelo menos quando inicialmente implementadas. O cenário contempla também a ampla conversão dos edifícios no sentido de um consumo de energia muito mais baixo ou mesmo, de um consumo “zero”. **As implicações políticas para as normas de eficiência dos edifícios e aparelhos são enormes.** A combinação de medidas de isolamento, bombas de calor, aquecimento solar, aparelhos e iluminação altamente eficientes reduzem as necessidades energéticas dos edifícios, tal como a troca do uso de combustíveis pelo uso de energias renováveis e de energia com baixo teor de carbono. É necessário um investimento adicional de 7,4 trilhões de dólares americanos nos edifícios residenciais e do sector dos serviços no Quadro BLUE, comparado com 2,6 trilhões de dólares americanos no cenário Quadro ACT.

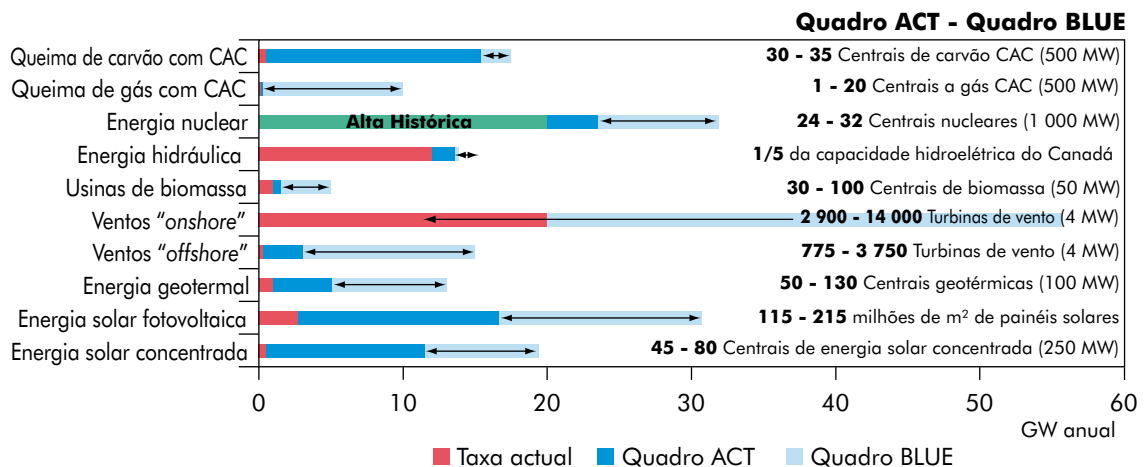
## O sector energético

**A captura e o armazenamento do CO<sub>2</sub> para a produção de energia e para a indústria é a nova tecnologia mais importante** nas economias de CO<sub>2</sub> em ambos os cenários Quadro ACT e BLUE, representando 14% e 19% respectivamente das economias totais de CO<sub>2</sub>. O Quadro BLUE inclui aplicações com um custo mais elevado de CAC para a indústria e as centrais a gás. **Existe uma mudança maciça a favor das energias renováveis na produção de electricidade, nomeadamente a energia eólica, a energia fotovoltaica, a energia solar concentrada e a biomassa.** Em 2050, no cenário Quadro BLUE, 46% da energia mundial provirá das energias renováveis. A aplicação de todas as tecnologias renováveis combinadas, em todos os sectores, representa 21% das economias de CO<sub>2</sub> no cenário Quadro BLUE comparado com o cenário de referência. Uma mudança considerável para o uso de energia nuclear contribui com 6% para as economias de CO<sub>2</sub>, com base na produção de uma capacidade de 32 GW cada ano até 2050. A energia nuclear é responsável por aproximadamente um quarto da produção eléctrica no Quadro BLUE e a energia hidráulica é responsável pela metade, tendo em conta o papel importante que ambas tecnologias já desempenham no cenário de referência. O gráfico ES.3 ilustra as taxas anuais que deveriam ser acrescentadas em cada cenário na nova capacidade de produção eléctrica.

Examinando a grande quantidade de cenários para a produção eléctrica, nota-se que **existe uma flexibilidade considerável para cada país escolher a combinação de CAC, energias renováveis e tecnologia nuclear que poderá utilizar na descarbonização do**

**sector energético.** O investimento adicional total no sector (excluindo a transmissão e a distribuição) é de 0,7 trilhões de dólares americanos no cenário Quadro ACT e de 3,6 trilhões de dólares americanos no cenário Quadro BLUE. Estes valores são o resultado da combinação de custos mais elevados do capital por unidade de capacidade e da redução de um quinto da produção eléctrica devido à economia da energia destinada ao consumidor final (“end-use”). **Os cenários BLUE apresentam uma importante contracção antecipada do capital,** por exemplo, um terço das centrais eléctricas alimentadas a carvão inadequadas à CAC terão de ser fechadas antes do fim da sua vida útil. Reconhece-se que isso será um grande passo para os países extremamente dependentes do carvão, porém um passo necessário que exige uma gestão cuidadosa.

**Gráfico ES.3** ▶ Média anual do investimento necessário no setor elétrico nos cenários Quadro ACT e Quadro BLUE, 2005-2050



## Transporte

No cenário Quadro ACT, a energia e as emissões no sector do transporte são economizadas em grande parte através de grandes **melhorias na eficiência dos veículos convencionais** e de uma maior penetração dos veículos híbridos. Os biocombustíveis com baixa pegada de carbono (“low-carbon footprint”) destacam-se, principalmente como substituição da gasolina nos automóveis. É essencial que a tendência actual abranja os veículos maiores e mais pesados.

**O cenário Quadro BLUE é um grande desafio** para o sector do transporte e **exige uma importante descarbonização do transporte**, o que provavelmente terá um custo elevado num sector dominado por produtos petrolíferos e pelo motor a combustão interna. Os biocombustíveis “low carbon” deverão desempenhar um papel significativo no cenário Quadro BLUE, dentro dos limites permitidos de produção e de colheita. Os camiões, o transporte hidroviário e

aéreo são os principais consumidores de biocombustíveis, já que as outras opções não hidrocarbônicas seriam provavelmente muito caras para essa utilização. Apesar das baterias elétricas e das células de hidrogénio constituírem actualmente as principais alternativas para os automóveis, é difícil avaliar qual destas tecnologias - ou qual combinação delas - será a mais competitiva. Com base em suposições razoavelmente optimistas sobre o progresso tecnológico e as reduções de custos, calcula-se que veículos eléctricos com células a combustível custarão, em 2050, aproximadamente 6500 dólares americanos a mais do que veículos convencionais. No cenário Quadro BLUE, por volta de um bilhão de veículos eléctricos com células a combustível estarão em circulação em 2050. O transporte representa a maior área individual de investimento nos cenários. O investimento adicional necessário no transporte é de 33 trilhões de dólares americanos no Quadro BLUE e de 17 trilhões de dólares americanos no Quadro ACT.

## Indústria

Directa ou indirectamente, a indústria manufactureira é responsável por mais de um terço do uso da energia mundial e das emissões de CO<sub>2</sub>. As indústrias do ferro, do aço e do cimento representam aproximadamente metade das emissões industriais; as indústrias químicas e petroquímicas são outras grandes fontes emissoras. Nos últimos anos, a indústria pesada registou ganhos significativos em matéria de eficiência energética, devido à necessidade de controlar os custos energéticos. No entanto, existe ainda um importante potencial para ganhos adicionais em eficiência, sobretudo nas indústrias de menor consumo energético, principalmente através de sistemas de alimentação dos motores e da combinação de calor e energia. Existem também potencialidades em termos de avanços tecnológicos específicos a cada indústria e na aplicação de CAC.

**É difícil para as indústrias reduzirem significativamente as emissões de CO<sub>2</sub>.** No cenário Quadro ACT essas emissões, relacionadas com a energia proveniente da indústria, serão 63% superiores em 2050 do que em 2005. No cenário Quadro BLUE, estarão 22% abaixo do nível actual, reflectindo amplamente a aplicação generalizada da CAC nas centrais energéticas intensivas. Economias directas e indirectas de CO<sub>2</sub> no cenário Quadro BLUE são substanciais em quase 10 GT de CO<sub>2</sub> por ano. O cenário Quadro BLUE exige um investimento adicional de 2,5 trilhões de dólares americanos acima do cenário de referência, na melhoria das instalações industriais - principalmente aço, cimento e celulose - e uma intensificação da aplicação de CAC.

## Tendências da eficiência energética

---

**Grandes melhorias serão necessárias, comparadas com as tendências recentes da eficiência energética.** Ultimamente, a

eficiência energética, nos países da OCDE, tem melhorado um pouco menos de 1% ao ano. Houve quedas importantes do índice comparado com os anos posteriores à crise do petróleo, no início dos anos 70. O cenário Quadro ACT exige melhorias globais estáveis da eficiência energética de 1,4% ao ano e o cenário BLUE de 1,7%. Embora as diferenças percentuais pareçam pouco significativas, 0,3 ponto permite uma economia final adicional de 1544 Megatoneladas em 2050, ou seja, 20% da utilização energética total mundial actual.

## Investigação, desenvolvimento e demonstração

**Algumas das tecnologias necessárias para os cenários BLUE, ainda não estão disponíveis. Várias outras têm ainda de ser aperfeiçoadas e diminuir o seu custo. Por conseguinte, será necessário um esforço enorme em matéria de investigação, desenvolvimento e demonstração (ID&D).** Contudo, a despesa pública e privada na ID&D em energia, comparada com os níveis dos anos 70-80, tem declinado, estabilizando-se a um nível relativamente baixo. Vários países da OCDE gastam menos de 0,03% do PIB. O Japão é a excepção, com 0,08%. A despesa privada em ID&D na área da energia ultrapassa actualmente a do sector público. Mesmo sendo difícil estabelecer detalhes, estudos independentes sugerem que a ID&D do sector público precisa de aumentar duas a dez vezes mais em relação ao seu nível actual. Não é definido um alvo específico, porém é óbvio que **é preciso aumentar o esforço em ID&D**, a fim de desenvolver novas tecnologias e reduzir os custos das energias disponíveis. **Soluções avançadas e mais baratas serão necessárias para tecnologias cruciais, tais como: solar fotovoltaica, centrais a carvão avançadas, combustíveis biológicos avançados, captura de CO<sub>2</sub>, baterias eléctricas, células a combustível e produção de hidrogénio.** Mesmo com grandes aumentos, o custo de I&D é relativamente modesto – a ordem de grandeza ficaria abaixo dos programas de demonstração e distribuição. **A I&D em energia bem gerida representa um excelente investimento.**

O apoio governamental é igualmente necessário para demonstrações das novas tecnologias em maior escala, reduzindo assim os riscos da primeira fase de comercialização. **Há uma necessidade urgente de demonstração de escala completa de centrais a carvão com CAC.**

A ciência básica, nas áreas de geologia, física, química, materiais, bioquímica, nanotecnologias e matemáticas aplicadas, pode conduzir a descobertas em áreas críticas. **É fundamental realçar a base científica e as suas ligações com os tecnólogos.**

## Distribuição e aprendizagem tecnológica (technology learning)

A maioria das novas tecnologias tem um custo superior às antigas. Os custos serão reduzidos e os produtos adaptados ao mercado somente através da *aprendizagem tecnológica*, que resulta da distribuição no mercado. **Os governos devem intensificar os seus programas de distribuição.** As energias renováveis de segunda geração, por exemplo; solar e combustíveis biológicos, estão entre as tecnologias com maior potencial. No cenário Quadro ACT, considera-se que serão necessários, até 2050, custos adicionais (acima do valor do mercado) de 2,8 trilhões de dólares americanos para a aplicação de novas tecnologias. Já no cenário BLUE, serão necessários 7 trilhões de dólares americanos.

### Regulamentação

Os obstáculos para a distribuição das novas tecnologias não são sempre de ordem económica. Regulamentações e normas, cuidadosamente projectadas, são as medidas políticas mais eficazes para ultrapassá-los. Em todos os cenários, **regulamentos rigorosos em matéria de eficiência energética serão essenciais no domínio da construção, dos aparelhos e dos veículos.** Nos países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento, o reforço da regulamentação em matéria de eficiência energética, bem como da sua aplicação representam, frequentemente, opções de políticas atractivas em termos de custo-benefício e de acção imediata. Um elemento crítico para o sucesso dos cenários BLUE será a aceitação pública dos padrões necessários para se conseguir construções de “baixa energia”, de “energia-zero” e dividir por quatro as emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos.

### Incentivos

O investimento do sector privado é - e permanecerá - o factor primordial que facilita a distribuição e propagação tecnológica. A AIE discutiu as implicações dos cenários BLUE e ACT com responsáveis tecnológicos de 30 das principais companhias internacionais, produtoras de energia. Estas insistirão na **necessidade urgente de projectar e implementar uma série de medidas políticas para criar incentivos económicos reais, previsíveis e a longo prazo, para a redução do CO<sub>2</sub> no mercado.** Só assim, o mercado poderá empreender os enormes programas de investimento necessários.

Esta análise não tenta especificar os mecanismos necessários, reconhecendo que de certa forma isso diz respeito às negociações da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Global do Clima (CQNUMC). Os cenários ACT consideram que estes mecanismos deverão ser suficientes para incentivar tecnologias, que quando comercializadas inteiramente, terão um custo marginal de US\$ 50 por tonelada de CO<sub>2</sub> economizado. No cenário BLUE, o valor é

de pelo menos U\$ 200 por tonelada e poderá ascender a U\$ 500 se o progresso das tecnologias chave não for o esperado. Os incentivos devem ser aplicados globalmente nas principais economias através de diversas medidas políticas, embora não precisem de ser necessariamente incentivos uniformes, com o mesmo valor, para todas as tecnologias. Especialmente nos cenários BLUE, **pode ser apropriado ter alvos específicos para tecnologias mais caras**. Uma série de medidas, que poderiam assumir uma variedade de formas, deve estar pronta nos países da OCDE, em 2020 e nos outros principais países, em 2030. Os cenários BLUE supõem restrições muito maiores além destas datas. Para conseguir um impacto total e uma transição suave, é essencial definir clara e antecipadamente os alvos e os incentivos.

## Opinião pública

**Os governos deverão liderar a opinião pública**, estabelecendo a ligação entre a necessidade urgente de fazer face às mudanças climáticas, o que é amplamente reconhecido, e projectos específicos necessários, que muitas vezes são rejeitados pelo público. Nem o cenário ACT nem o cenário BLUE poderão ser alcançados sem uma mudança significativa de prioridades. No segundo caso, a mudança deve ser **radical e urgente**.

## Desenvolver a colaboração internacional

---

**A colaboração internacional é essencial para acelerar o desenvolvimento e a distribuição global de tecnologias energéticas sustentáveis de maneira mais eficaz**. Para tal, existe uma rede. A própria AIE dispõe da rede a mais extensa, com milhares de peritos tecnológicos no mundo inteiro que coordenam os seus programas tecnológicos de energia. “Os Programas Tecnológicos de Energia da UE”, a “Parceria Ásia-Pacífico”, o “Fórum de Liderança em Sequestro de Carbono”, a “Parceria dos Combustíveis Biológicos”, a “Parceria Internacional Para a Economia do Hidrogénio”, a “4º Geração do Fórum Internacional” e a “Parceria Global da Energia Nuclear” são outros exemplos importantes. **Estas redes precisam de uma forte liderança internacional de nível superior**.

**Esta publicação é uma primeira tentativa de fornecer orientações globais para tecnologias energéticas chave**. Foram identificadas 17 tecnologias chave para a eficiência energética, a produção de electricidade e o transporte. Estas estão no âmago da revolução tecnológica da energia. Descrevemos as acções necessárias para libertar esse potencial. São específicas para cada tecnologia e dependem em parte do seu estado actual de desenvolvimento. Tais orientações podem ser especialmente úteis quando indicam a redução possível em cada sector e tecnologia como no decurso do processo. ○

**desenvolvimento destas directivas, sob orientação internacional – reunindo programas tecnológicos energéticos das principais economias e em estreita colaboração com a indústria – poderá chamar a atenção necessária para a colaboração internacional indispensável para que se opere uma revolução tecnológica global na área energética.** A AIE está disposta a continuar os seus esforços para atingir um futuro energético mais sustentável.

**Tabela ES.1** ► Directivas chave deste estudo

Fornecimento	Procura
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Produção energética de combustível fóssil e CAC – Centrais nucleares</li> <li>■ Ventos “onshore” e “offshore”</li> <li>■ Biomassa: Gaseificação integrada com ciclo combinado (GICC) e co-combustão</li> <li>■ Sistemas fotovoltaicos</li> <li>■ Energia solar concentrada</li> <li>■ Carvão: Sistemas de GICC</li> <li>■ Carvão: Ciclo de vapor ultra-supercrítico</li> <li>■ Combustíveis biológicos de segunda geração</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Eficiência energética nas construções e dispositivos</li> <li>■ Bombas de calor</li> <li>■ Aquecimento de água e aquecimento ambiente através da energia solar.</li> <li>■ Eficiência energética no transporte</li> <li>■ Veículos eléctricos</li> <li>■ Veículos de célula combustível</li> <li>■ CAC: indústria, H<sub>2</sub> e transformação do combustível</li> <li>■ Sistemas industriais motorizados</li> </ul>

# The Online Bookshop

International Energy Agency



All IEA publications may be bought  
online on the IEA website:

[www.iea.org/books](http://www.iea.org/books)

You may also obtain PDFs of  
all IEA books at 20% discount.

Books published before January 2007  
- with the exception of the statistics publications -  
can be downloaded in PDF, free of charge  
from the IEA website.

## IEA BOOKS

**Tel: +33 (0)1 40 57 66 90**  
**Fax: +33 (0)1 40 57 67 75**  
**E-mail: [books@iea.org](mailto:books@iea.org)**

**International Energy Agency**  
**9, rue de la Fédération**  
**75739 Paris Cedex 15, France**

### CUSTOMERS IN NORTH AMERICA

Turpin Distribution  
The Bleachery  
143 West Street, New Milford  
Connecticut 06776, USA  
Toll free: +1 (800) 456 6323  
Fax: +1 (860) 350 0039  
[oecdna@turpin-distribution.com](mailto:oecdna@turpin-distribution.com)  
[www.turpin-distribution.com](http://www.turpin-distribution.com)

*You may also send*

*your order*

*to your nearest*

*OECD sales point*

*or use*

*the OECD online*

*services:*

**[www.oecdbookshop.org](http://www.oecdbookshop.org)**

### CUSTOMERS IN THE REST OF THE WORLD

Turpin Distribution Services Ltd  
Stratton Business Park,  
Pegasus Drive, Biggleswade,  
Bedfordshire SG18 8QB, UK  
Tel.: +44 (0) 1767 604960  
Fax: +44 (0) 1767 604640  
[oecdrow@turpin-distribution.com](mailto:oecdrow@turpin-distribution.com)  
[www.turpin-distribution.com](http://www.turpin-distribution.com)

## **INTERNATIONAL ENERGY AGENCY**

---

The International Energy Agency (IEA) is an autonomous body which was established in November 1974 within the framework of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) to implement an international energy programme.

It carries out a comprehensive programme of energy co-operation among twenty-seven of the OECD thirty member countries. The basic aims of the IEA are:

- To maintain and improve systems for coping with oil supply disruptions.
- To promote rational energy policies in a global context through co-operative relations with non-member countries, industry and international organisations.
- To operate a permanent information system on the international oil market.
- To improve the world's energy supply and demand structure by developing alternative energy sources and increasing the efficiency of energy use.
- To promote international collaboration on energy technology.
- To assist in the integration of environmental and energy policies.

The IEA member countries are: Australia, Austria, Belgium, Canada, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Japan, Republic of Korea, Luxembourg, Netherlands, New Zealand, Norway, Portugal, Slovak Republic, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom and United States. Poland is expected to become a member in 2008. The European Commission also participates in the work of the IEA.

## **ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT**

---

The OECD is a unique forum where the governments of thirty democracies work together to address the economic, social and environmental challenges of globalisation. The OECD is also at the forefront of efforts to understand and to help governments respond to new developments and concerns, such as corporate governance, the information economy and the challenges of an ageing population. The Organisation provides a setting where governments can compare policy experiences, seek answers to common problems, identify good practice and work to co-ordinate domestic and international policies.

The OECD member countries are: Australia, Austria, Belgium, Canada, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Japan, Republic of Korea, Luxembourg, Mexico, Netherlands, New Zealand, Norway, Poland, Portugal, Slovak Republic, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom and United States.

The European Commission takes part in the work of the OECD.

**© OECD/IEA, 2008**

International Energy Agency (IEA),  
Head of Communication and Information Office,  
9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France.

*Please note that this publication is subject to specific restrictions that limit its use and distribution. The terms and conditions are available online at <http://www.iea.org/Textbase/about/copyright.asp>*