

## Energias renováveis – redução de emissões e economia global

71

MARIO MONZONI

**A** história dos países considerados desenvolvidos floresceu a partir de um modelo em que as preocupações com as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e mudanças climáticas não estavam no centro das atenções. Sendo assim, muito países calcaram a evolução de suas respectivas matrizes energéticas em fontes oriundas de combustíveis fósseis, extremamente emissores de GEE, principalmente por conta da boa relação custo-benefício associado às mesmas. Por outro lado, motivado inicialmente por questões de segurança energética, mas em um segundo momento também por conta do aquecimento global e sua perspectiva de aceleração, a geração de energia renovável passou a ser vista como um fator essencial para a transição rumo a uma economia de baixo carbono e, assim, o que se vê são tendências crescentes em termos de instalação de capacidade de geração e investimentos voltados a esse fim.

É evidente a inserção das energias renováveis no cenário energético mundial. Entre 2007 e 2008, a produção de biocombustíveis apresentou expansão tanto em etanol (34%) quanto em biodiesel (33%) e a capacidade global de geração de energia elétrica oriundas de fontes renováveis, excluindo-se grandes hidrelétricas (GHE), cresceu em 16%. Ainda no mesmo período, crescimentos significativos são verificados também na capacidade de geração de energias de fonte eólica (29%), solar fotovoltaica conectada (73%) e isolada da rede de transmissão (86%) (Quadro 1).

**Quadro I.** *Oferta de energia de fontes renováveis (2006 – 2008)*

Indicadores	2006	2007	Variação 2006-07	2008	Variação 2007-08	Unidade
Capacidade instalada de renováveis (excl. grandes hidrelétricas)	207	240	16%	280	16%	GW
Capacidade instalada de renováveis (incl. grandes hidrelétricas)	1.020	1.070	5%	1.140	7%	GW
Capacidade Energia Eólica	74	94	27%	121	29%	GW
Capacidade Energia Solar Fotovoltaica (conectada à rede)	5,1	7,5	47%	13	73%	GW
Produção Solar Fotovoltaica (anual)	2,5	3,7	48%	6,9	86%	GW
Capacidade Solar para Aquecimento de Água	105	126	20%	145	15%	GWth
Produção de Etanol (anual)	39	50	28%	67	34%	bilhões de litros
Produção de Biodiesel (anual)	6	9	50%	12	33%	bilhões de litros

Fonte: REN 21.

Em 2008, ao analisar apenas a capacidade de geração de eletricidade, a participação de fontes renováveis (1.140 GW) passou a representar 24% da capacidade instalada global. Descontando-se a capacidade das grandes hidrelétricas, dos 280 GW de capacidade instalada de energia elétrica de fontes renováveis, 43% encontra-se em países em desenvolvimento (119 GW), e 34% na União Europeia<sup>1</sup> (96 GW). China (27%), Estados Unidos (14%) e Alemanha (12%) respondem por 55% da capacidade global, enquanto o Brasil participa com aproximadamente 2% da capacidade instalada global de eletricidade renovável (5 GW), valor que atinge 8% quando a participação das grandes hidrelétricas (81 GW) é considerada (Quadro 2).

As fontes renováveis corresponderam a 25% (40 GW) do total adicionado em capacidade instalada de energia elétrica em 2008 (160 GW), levando-as a 6,2% da capacidade global. No mesmo período, as fontes renováveis corresponderam a 23% do acréscimo na geração de energia elétrica global, e a 4,4% do total de energia efetivamente gerada no ano.

1 EU-27: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Holanda, Irlanda, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Tcheca, Romênia e Suécia.

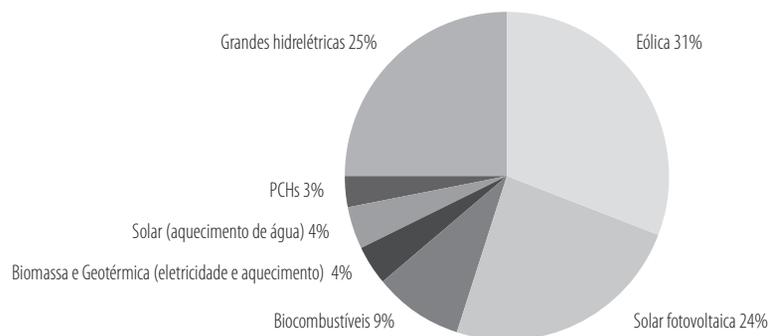
**Quadro 2.** Capacidade instalada de energia elétrica de fontes renováveis (2008)  
Gigawatts (GW)

Tecnologia	Mundo	Países em Desenvol- vimento	EU-27	China	Estados Unidos	Alemanha	Espanha	Índia	Japão	Brasil
Eólica	121	24	65	12,2	25,2	23,9	16,8	9,6	1,9	0,3
PCH	85	65	12	60	3	1,7	1,8	2	3,5	4,0
Biomassa	52	25	15	3,6	8	3	0,4	1,5	>0,1	1,0
Solar Fotovoltaica*	13	>0,1	9,5	>0,1	0,7	5,4	3,3	~0	2	~0
Geotérmica	10	4,8	0,8	~0	3	0	0	0	0,5	0
Solar Térmica	0,5	0	0,1	0	0,4	0	0,1	0	0	0
Energia dos Oceanos	0,3	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Total Renováveis (excl. grandes hidrelétricas)	280	119	96	76	40	34	22	13	8	5
<b>Para comparação</b>										
Grandes Hidrelétricas	860									81
Capacidade Total	4700									102

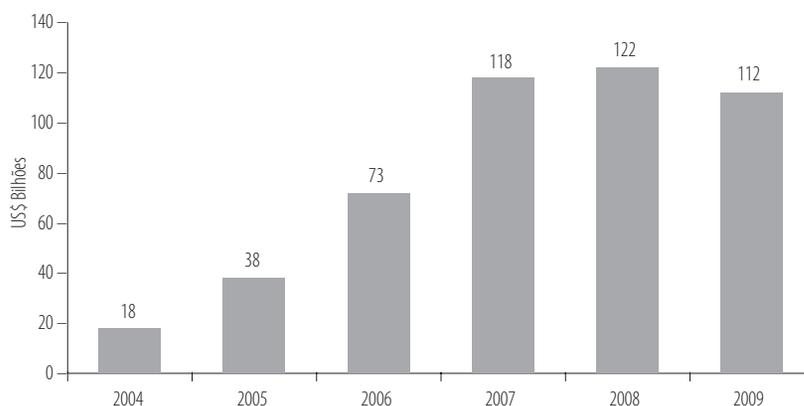
Fontes: REN 21 e Plano Decenal de Expansão de Energia 2008-2017 (EPE).

Em termos de investimentos, em 2008, os investimentos globais em energias renováveis foram da ordem de US\$ 160 bilhões, dos quais US\$ 40 bilhões (25%) em grandes hidrelétricas (Figura 1). O investimento em renováveis superou o de tecnologias baseadas em combustíveis fósseis (cerca de US\$ 110 bilhões) pela primeira vez na história. Foi também o primeiro ano em que mais energia de fonte renovável do que convencional foi adicionada à capacidade de geração de energia elétrica tanto nos Estados Unidos quanto na União Europeia.

Dos US\$ 120 bilhões investidos, 87% estão concentrados em energia eólica, solar fotovoltaica, e refinarias de biocombustíveis. Todavia, a recente crise econômica teve desdobramentos também sobre o setor de renováveis e, em 2009, houve uma queda de 8,6% frente a 2008, desconsiderando os investimentos em grandes hidrelétricas (Figura 2).

**Figura 1.** Investimentos globais em energias renováveis por fonte (2008)

Fonte: REN 21, UNEP (2009).

**Figura 2.** Investimento global em energia renovável (2004-2009)

Fonte: New Energy Finance

Os Estados Unidos lideraram o *ranking* de investimentos em 2008, com cerca de US\$ 24 bilhões<sup>2</sup>, com os principais destinos sendo a energia eólica e os biocombustíveis. Espanha, China e Alemanha tiveram investimentos na faixa de US\$ 15 a 19 bilhões, com o Brasil aparecendo como quinto maior *player* global no setor com US\$ 5 bilhões, graças principalmente aos biocombustíveis. Os demais principais países investidores em energias renováveis no ano de 2008 são apresentados em Quadro 3.

2 REN21, 2009.

**Quadro 3.** Principais países investidores em energias renováveis (2008)

Principais Países	#1	#2	#3	#4	#5
Investimentos para aumento de capacidade	Estados Unidos	Espanha	China	Alemanha	Brasil
Eólica Adicionada	Estados Unidos	China	India	Alemanha	Espanha
Solar FV Adicionada	Espanha	Alemanha	Estados Unidos		
Solar Térmica Adicionada	China	Turquia	Alemanha	Brasil	França
Produção Etanol	Estados Unidos	Brasil	China	França	Canadá
Produção Biodiesel	Alemanha	Estados Unidos	França		Brasil

Fonte: REN 21

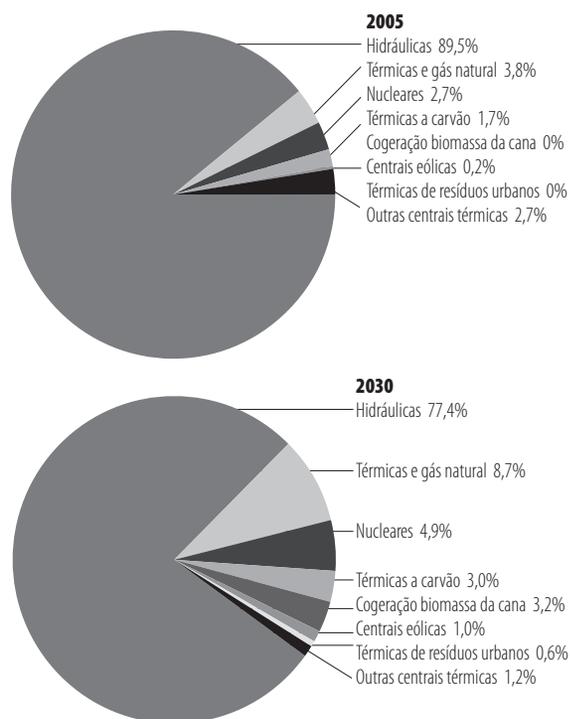
Em termos mundiais, o Brasil ocupa papel de destaque quando o assunto é geração de energia e mudanças climáticas. Tal posição advém principalmente por esse país ter uma matriz energética em grande parte renovável, com particular destaque para a energia oriunda do etanol da cana-de-açúcar e a eletricidade proveniente de fontes hídricas e de cogeração a partir de biomassa. O país oferta cerca de 85% de energia elétrica a partir de alternativas renováveis e ao somar-se o etanol e cogeração de eletricidade, os produtos de cana-de-açúcar responderam por 28% da oferta interna total de energia do país. Além disso, o Brasil apresenta aproximadamente 45% da oferta total de energia – que inclui eletricidade e combustíveis – proveniente de fontes renováveis. É um valor expressivo no contexto internacional, mas que apresenta tendência de baixa se comparado com 2007.

A existência de políticas públicas que incentivem investimentos em fontes energéticas dessa natureza se iniciaram como uma resposta à crise de energia decorrente dos choques de petróleo da década de 70. Hoje, o Brasil ainda colhe os frutos desses investimentos, uma vez que eles reduziram significativamente a dependência do petróleo para geração de energia do país, promovendo assim maior segurança energética; viabilizaram que o país estabelecesse a liderança tecnológica para produção de etanol e, concomitantemente, fizeram com que o Brasil se fixasse como um dos países menos emissores de gases de efeito estufa para gerar energia no mundo.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), a demanda por energia no país crescerá nos próximos dez anos em mais de

60%<sup>3</sup>, de modo que surge, em primeiro lugar, a necessidade de se investir em fontes de energia que ajudarão a supri-la e dar continuidade a garantia de segurança energética nacional, mas também se evidencia a oportunidade de traçar um caminho de desenvolvimento de baixa intensidade de emissão de gases de efeito estufa. Segundo o PDE 2010-19, a contribuição de energias renováveis no país deve cair para 79% em 2013 e 83% em 2019.

**Figura 3.** Estrutura da matriz de eletricidade brasileira em 2005 e 2030



Entre 2010 e 2019, a oferta de energia elétrica aumentará 49%, incluindo à rede 54 GW adicionais, de maneira a atingir 167 MW de oferta total ao final do período. Desse aumento, 57% se refere à parcela não-renovável e 43% à renovável. Dos 44,2 GW previstos para serem adicionados à parcela renovável até 2019, 83% são hidrelétricas – 33,5 GW em grandes

3 Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2020). Matriz energética terá aumento de participação das renováveis nesta década. Rio de Janeiro, RJ. Acessado em 06/06/2011. [http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20110606\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20110606_1.pdf)

hidrelétricas e 2,9 GW em pequenas centrais hidrelétricas – 10% de energia eólica (4,6 GW) e 7% em biomassa (3,1 GW). Sendo assim, em 2019, as hidrelétricas responderiam por aproximadamente 70% da oferta de energia elétrica no país.<sup>4</sup>

Assim, o que se vê é que o Brasil hoje depende de uma matriz energética hídrica. De acordo com o PDE, a participação de energia oriunda de fontes hidrelétricas cairá de 76% em 2010 para 67% em 2020. Apesar dessa aparente diversificação da matriz energética, a dependência prioritariamente em uma só fonte energética pode ameaçar a segurança energética do país, conforme ilustrado pela crise de apagão de 2001 a 2002, época cuja a falta de chuvas no país fez com que os reservatórios das represas atingissem níveis inferiores aos desejados e, assim, reduzissem a capacidade a geração de energia a partir de fontes hídricas. Similarmente aos choques de petróleo de 1970, a crise do apagão de 2001 a 2002 mostrou os impactos financeiros e não-financeiros de depender majoritariamente de uma só fonte energética.

Depois dessas experiências e para diversificar a sua matriz e gerar energia em tempos de poucas chuvas, o país vem investindo na alternativa de termelétricas. Essa alternativa, embora seja eficaz e relativamente barata para ajudar a suprir a demanda energética do país, é, em sua grande maioria, movida à gás, carvão e óleo combustível e, ao tornar a matriz energética mais intensiva em carbono, o país pode deixar passar a oportunidade de se desenvolver de forma sustentável.

Similarmente, a opção brasileira de privilegiar grandes hidrelétricas na sua estratégia de geração de energia está sendo cada vez mais questionada. Apesar de ser uma fonte de energia que não emite GEE diretamente a partir de sua geração, a sustentabilidade dessa fonte energética é discutível, dados os impactos ambientais e sociais das mesmas, sobretudo associados à inundação de grandes áreas e a subsequente perda de biodiversidade e efeitos nas comunidades que vivem no entorno. Além disso, a literatura também aponta para a possibilidade de que a formação de represas e a decomposição de matéria orgânica decorrente é fonte relevante de emissão de GEE.

Por conta de tamanha complexidade relacionada aos projetos de grandes centrais hidrelétricas, as quais envolvem múltiplos *stakeholders*, geralmente são longos os períodos para obtenção de Licenças Ambientais Prévias. Esse foi o caso do Belo Monte, que por conta dos questionamentos relativos a susten-

---

4 (PDE 2010-2019).

tabilidade do projeto e as consequências para as comunidades nativas e a biodiversidade da região, teve uma longa jornada para obter sua aprovação. O que se vê é que o PDE privilegia a expansão através de termelétricas, de preferência movidas a gás natural, como alternativa aos casos de atrasos de projetos de hidrelétricas.

Da forma similar, a eficiência de grandes hidrelétricas também é questionada por conta das perdas de energia relativas à distribuição. Em vários casos, a energia gerada por grandes centrais hidrelétricas é transportada a longas distâncias, já que cada vez mais elas se encontram distantes dos centros consumidores. Ao longo desse processo, consideráveis quantidades de energia são desperdiçadas, reduzindo assim a eficiência das grandes centrais hidrelétricas.

Diversas evidências apresentadas pela literatura apontam que o país não deve se contentar com o resultado de decisões de três a quatro décadas atrás, que o colocaram em condição de principal protagonista no cenário energético internacional. São conquistas expressivas, inegavelmente, que conferem ao país uma condição confortável, mas que não devem fazê-lo acomodar-se frente aos desafios e oportunidades que a questão energética coloca à humanidade no século XXI.

Ao considerar o desenvolvimento projetado para o país e a crescente preocupação climática, questionamentos permanecem acerca de como pode ser suprida a demanda energética, não somente da geração atual, mas das futuras gerações brasileiras de maneira barata. Logo, o Brasil precisa decidir entre aumentar a matriz energética utilizando as tecnologias de produção de etanol e grandes centrais hidrelétricas, as quais, como apresentado, representam projetos discutíveis em termos de sustentabilidade, ou investir em desenvolvimento tecnológico de energias renováveis que, no longo prazo, representem o maior percentual da matriz energética do país.

Vale ressaltar que o privilégio ou o descaso com alguma dessas alternativas é mais que uma opção por uma matriz energética mais ou menos renovável: significa também priorizar ou abdicar do desenvolvimento tecnológico do país em relação a alternativas de energias renováveis. Nesse contexto, vale perguntar se o aproveitamento do potencial hidrelétrico e a expansão da produção e do comércio internacional de etanol seriam as únicas oportunidades relacionadas ao setor energético para o Brasil nos anos que estão por vir.

Com esse fim, é de suma importância que o país viabilize e dê suporte para que ocorram investimentos diretos em novas tecnologias limpas com o fim de mantê-la renovável. Atualmente, o Brasil se destaca prioritariamente

em investimentos para aumento da capacidade instalada para geração de energia renovável e na produção de etanol e biodiesel.

Ainda que originalmente tal sorte de investimento fosse visto em grande parte como um meio para se atingir graus mais elevados de independência do petróleo, hoje, as energias renováveis tomam um espaço crescente e significativo na economia brasileira também por conta de outros fatores, tais como a competitividade dos setores produtivos.

No caso do Brasil, o setor industrial e o de transportes são os maiores consumidores de energia, representando 39,6% e 29,1% da demanda energética interna, respectivamente<sup>5</sup>. Estima-se que em 2020, esses dois setores serão responsáveis por 2/3 do consumo de energia do país<sup>6</sup>. Em termos mundiais, é estreita a correlação entre uso de energia e emissões de GEE para produção de um determinado bem. Nesse sentido, principalmente por conta do Brasil ter uma matriz energética pouco intensiva em carbono, os setores produtivos, e particularmente a indústria, acabam ganhando um diferencial competitivo.

Sendo assim, no caso da indústria nacional, ainda que seu consumo energético seja alto em relação aos outros setores econômicos, ela apresenta índices relativamente baixos de emissão<sup>7</sup> em comparação com seus pares internacionais, os quais estão prioritariamente atrelados à matriz energética renovável do Brasil.

Esses fatores são importantes quando o assunto é competitividade, dado que uma matriz energética menos emissora aumenta a probabilidade de acesso de produtos brasileiros a mercados cada vez mais exigentes em termos de pegada carbônica. No caso da União Europeia, a partir da implementação de diversas políticas climáticas, a exemplo do programa de comercialização de permissões de emissões de gases de efeito estufa, o EU ETS, já sinaliza um aumento da rigorosidade com relação ao impacto que as atividades econômicas têm para o clima como um todo.

---

5 EPE 2009.

6 Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2020). Matriz energética terá aumento de participação das renováveis nesta década. Rio de Janeiro, RJ. Acessado em 06/06/2011. [http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20110606\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20110606_1.pdf)

7 O inventário nacional brasileiro não apresenta, de forma direta, o total emitido pela indústria do Brasil. Esses dados estão desagregados, posto que parte das emissões da indústria estão contabilizados como emissões de energia; outra está dentro de processos industriais; outra dentro de tratamento de resíduos; e assim por diante.

Dessa forma e com o fim de manter sua competitividade em termos globais, a indústria brasileira precisará se adequar às exigências climáticas internacionais impostas por diversos países, consequências de seus próprios arca-bouços para mitigação de emissão de gases de efeito estufa e a manutenção de uma matriz energética prioritariamente renovável ganha mais importância.

Assim, para suprir a crescente demanda por energia, aumentar a competitividade da indústria e garantir a segurança energética do país, alternativas de energias renováveis devem ser consideradas como diversificação do portfólio energético brasileiro. Dentro do espectro tecnológico considerado, as fontes eólica e solar fotovoltaica se destacam em termos de maturidade e potencial de geração em território nacional. Estima-se que nos próximos dez anos, a participação de fontes alternativas de energia crescerá de 8% a 16%, com destaque na participação de energia eólica no país, que crescerá de 1% a 7%<sup>8</sup>.

Apesar de investir pouco na alternativa eólica (representou 0,38% do total gerado em 2009), o Brasil é visto como um dos países com o maior potencial de geração do mundo, estimado em 143,5GW, principalmente por conta da velocidade, constância e estabilidade do vento brasileiro. Similarmente, o país apresenta um enorme potencial de geração de energia solar, haja vista a alta incidência de raios solares no país, representando mais de 2.200 horas de insolação anual e equivalente a 15 trilhões de MWh.<sup>9</sup>

Hoje, o preço da energia eólica já é competitivo com outras fontes de energia elétrica – US\$ 68-109/MWh para *on-shore* e US\$ 109-205/MWh para *off-shore*<sup>10</sup>. O investimento crescente nessa fonte energética e o aumento da entrada de fabricantes de componentes para fazendas eólicas apontam para futuras reduções de custos dessa alternativa energética.<sup>11</sup>

Ao diversificar o portfólio energético do país com as fontes alternativas de energia eólica e solar fotovoltaica, reduz-se a vulnerabilidade do país em relação à dependência nas chuvas para gerar energia hidrelétrica. A entrada dessas energias atingiria o mesmo objetivo das termelétricas, sendo utilizadas quando os níveis dos reservatórios das hidrelétricas encontram-se baixos.

---

8 Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2020). Matriz energética terá aumento de participação das renováveis nesta década. Rio de Janeiro, RJ. Acessado em 06/06/2011. [http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20110606\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20110606_1.pdf)

9 INPE. Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006.

10 New Energy Finance.

11 UNEP. Global Trends in Sustainable Energy Investment 2009.

Diferentemente do uso das termelétricas, a entrada de fontes alternativas limpas aumentaria a participação de energias renováveis na matriz do país.

A geração de energia eólica, na maioria dos casos, é complementar a geração de energia hídrica dado que em períodos de seca, em que os níveis dos reservatórios estão menos cheios e as usinas geram menos eletricidade, normalmente há maiores incidências de vento, possibilitando maiores níveis de geração por parte de fazendas eólicas.

Além disso, essa fonte energética apresenta outras vantagens em relação às hidrelétricas. Uma delas está relacionado principalmente com a distância que as grandes centrais hidrelétricas ficam dos grandes centros demandantes de energia, os quais, no Brasil, estão localizados prioritariamente no litoral, onde vive 70% da população. Os custos de infraestrutura e de perda de energia associados à distribuição de eletricidade para áreas distantes das de geração são altos. Sendo assim, esse fator também deve ser levado em conta quando se avalia a relação custo-benefício de um projeto de energia. Em muitos casos, e tal como buscado com a iniciativa do governo federal, o Programa Luz Para Todos, alternativas como a energia eólica e a energia solar aparecem como solução com um boa relação de custo-benefício, de forma a possibilitar a geração no local e excluindo a necessidade, ao menos momentânea, de que as redes de distribuição alcancem lugares remotos.

Dado que a criação de centrais hidrelétricas são voltadas para suprir a demanda energética do país e oferecer segurança energética, a energia eólica deve ser considerada como uma possível solução. Além de ter preços competitivos, tal energia é complementar à energia hídrica oferecendo maiores níveis de energia elétrica na média quando os níveis nos reservatórios estão baixos. Se a justificativa for o alto preço de contratação, a energia eólica pouco a pouco, vem se tornando cada vez mais competitiva nesse aspecto. Prova disso se encontra no preço alcançado no último leilão de energias renováveis, realizado em agosto de 2010, em que ele atingiu R\$ 130,86 /kW, se mostrando até mais barato do que o de PCH.

Haja vista a perspectiva de acentuado desenvolvimento econômico previsto para os próximos anos, o Brasil precisa investir cada vez mais em infraestrutura básica e, assim, dar condições para que tal desenvolvimento se concretize. O Brasil tem a oportunidade de se desenvolver segundo um modelo distinto do perseguido pelos países hoje já desenvolvidos, um que seja sobretudo calcado no desenvolvimento sustentável. O investimento em novas fontes energéticas é visto como uma forma de criar uma matriz energética cada vez mais limpa, mas também mais inteligente, garantindo o acesso à

energia em várias regiões do país, incluindo áreas isoladas que hoje não acessam energia por conta da infraestrutura necessária para transportar energia para essas regiões. Alternativas para complementar a energia hídrica nessas regiões devem ser exploradas, principalmente quando se considera segurança energética nessas regiões.

Entende-se que depois das negociações da COP17, o país terá que acelerar os investimentos em energias renováveis para cumprir suas metas de redução depois de 2020, que será negociado até 2015. Acordos como esse estão se tornando mais expressivos na agenda internacional e portanto, se mostrando um fator de competitividade para o país. Diversos países, para cumprirem suas metas de redução de emissão, estabeleceram políticas que afetarão negativamente as indústrias de exportação que não se adequem ao novo padrão. Sendo assim, no que se refere à produção sustentável, o uso de fontes energéticas cada vez mais limpas tornam-se um fator competitivo para indústrias exportadoras.

O que se vê é que o Brasil deveria ao menos estabelecer metas mais ambiciosas para incremento da participação dessas alternativas renováveis na oferta de energia elétrica brasileira, estimulando a ciência, tecnologia e inovação nesses segmentos, de forma semelhante ao que vem ocorrendo no país em transportes, por meio da retomada do consumo do etanol alavancada pela tecnologia *flex fuel*.

**Mario Monzoni** · Professor da FGV-EAESP. Coordenador do Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV-EAESP (GVces). Responsável pelas atividades de pesquisa, capacitação e comunicação do GVces, nas áreas de finanças sustentáveis, empreendedorismo sustentável e cadeias de valor, consumo sustentável e mudanças climáticas; educação para a sustentabilidade e sustentabilidade e inovação. Doutor em Administração Pública e Governo' pela FGV-EAESP. Mestre em Administração de Política Econômica pela School of International and Public Affairs (SIPA), da Columbia University, Nova York, EUA. Mestre em Finanças Públicas pela FGV-EAESP. Bacharel em Administração de Empresas pela FGV-EAESP.