

## **Energia e desenvolvimento sustentável no Brasil – *Trajétórias recentes e perspectivas***

**Giorgio Romano Schutte**

**AGOSTO DE 2014**

- A matriz energética relativamente mais limpa, o consumo per capita relativamente baixo e o fato de o Brasil ser um exemplo sem precedentes de um país que conseguiu uma redução drástica de emissão de GEE são fatores que podem desestimular uma reflexão crítica. Corre-se o risco de não incentivar a identificação e o aproveitamento de potenciais para ulteriores avanços rumo a uma economia de baixo carbono. Tanto o não reconhecimento dos avanços realizados quanto à acomodação diante da comparação internacional, dificultam a priorização de ações concretas para que o Brasil possa de fato se consolidar e afirmar sua posição de liderança na luta global rumo a uma economia de baixo carbono.
- Não há, em princípio, nenhuma contradição entre a exploração das riquezas do Pré-sal e o compromisso para avançar rumo a uma economia de baixo carbono desde que haja um adequado gerenciamento das riquezas e a adoção de estratégias inteligentes de exploração e produção. Deve se, de um lado, investir pesadamente em etanol de segunda geração de maior eficiência. De outro lado, a exploração do Pré-sal deve ser acompanhado de uma ampliação da capacidade produtivo-tecnológica interna. A renda assim gerada poderia ser canalizada para fomentar a superação de deficiências estruturais na área de educação e infraestrutura social e também contribuir com o financiamento para a transição para uma economia de baixo carbono.
- Há de se reconhecer que a expansão do sistema elétrico dar-se-á por meio de outras fontes. Ora, se havia, no passado recente, uma justificativa (embora também questionável) em relação ao papel das térmicas movidas a óleo diesel e carvão enquanto stand-by - capacidade programada para ser utilizada em casos de emergência dentro de um planejamento que limita a probabilidade de usar essa capacidade ao mínimo -, isso muda quando estamos falando da reorganização da matriz para completar de forma cotidiana a capacidade hidrelétrica. Nesse novo contexto, o uso dessas térmicas deveria ser reduzido gradualmente a zero e substituído pela eólica, bioeletricidade e solar.

## Índice

---

|  |    |
|--|----|
| ■ Introdução .....   | 3  |
| ■ Matriz energética diferenciada .....                     | 4  |
| ■ Projetando o futuro da matriz energética do Brasil ..... | 10 |
| ■ Novas energias renováveis .....                          | 17 |
| ■ Considerações finais .....                               | 19 |
| ■ Referências bibliográficas .....                         | 21 |



## Introdução

Este estudo pretende abordar as potencialidades do Brasil no esforço global rumo a uma economia de baixo-carbono, com ênfase na interface com a política energética. Nesse campo, o país teve uma trajetória muito diferenciada que o colocou, aparentemente, em grande vantagem em relação aos demais. Além de possuir uma matriz comparativamente mais limpa, demonstrou capacidade de provocar redução expressiva das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)<sup>1</sup>. De outro lado, essas conquistas podem destimular avanços necessários.

A questão da mudança climática provocou a necessidade de buscar alternativas às energias fósseis por outros motivos, além do seu esgotamento. O 4º Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC na sigla inglesa) de 2007 pode ser considerado um ponto de inflexão importante, pelo impacto causado com a afirmação de que é “muito provável” que a ação humana seja a causa do aquecimento global. Sob influência do Relatório, o governo brasileiro elaborou, em 2008, o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), um planejamento de ação que deveria coordenar não só as ações dos diversos órgãos da esfera federal, mas também articular-se com Estados e municípios. No ano seguinte, na COP<sup>2</sup> 15, em Copenhagen, numa reviravolta da posição brasileira, o governo assumiu compromissos nacionais voluntários com metas de redução das emissões, na faixa de 36,1% a 38,9% em relação à sua projeção para 2020 (ano base 2005)<sup>3</sup>.

Estes compromissos nacionais voluntários foram incluídos na codificação do Plano Nacional sobre

Mudança do Clima (Lei 12.187 de 29 de dezembro de 2009). A legislação instalou Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima. Em 2011 e 2012, foram elaborados os Planos Setoriais das áreas de Indústria, Mineração, Transporte/ Mobilidade Urbana e Saúde. A lei estabelece que, para alcançar os compromissos nacionais voluntários, é preciso:

*expansão da oferta hidroelétrica, oferta de fontes alternativas renováveis, notadamente centrais eólicas, pequenas centrais hidroelétricas e bioeletricidade, oferta de biocombustíveis e incremento da eficiência energética.*

De outro lado surgiram, inevitavelmente, resistências por parte de setores econômicos diretamente envolvidos diante do risco de perda de competitividade internacional. Investimentos na transição para uma economia de baixo carbono têm o potencial de mitigar os impactos negativos das mudanças climáticas, mas também de economizar custos em médio e longo prazos. O problema é que em curto prazo, na ausência de uma obrigação ou coordenação internacional, haverá aumento de custos diante dos quais a indústria alerta para um conflito entre sua competitividade internacional e seus investimentos.

Um exemplo da posição política que se fortaleceu após 2008, com a crise global, foi a publicação, em setembro de 2010, de um comunicado conjunto das entidades patronais e sindicais da indústria química da Alemanha, criticando o conceito da *Energiewende*, palavra alemã com a qual se expressa a revolução na matriz energética necessária para combater as mudanças climáticas. O argumento é que as ener-

1. São considerados Gases de Efeito Estufa: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFC) e perfluorcarbonos (PFC).

2. A Conferência das Partes (COP) é o órgão supremo decisório no âmbito da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), um tratado da Organização das Nações Unidas (ONU) fruto da ECO-92 – a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro em junho de 1992. As quatro primeiras reuniões da COP foram realizadas anualmente. A partir da quinta reunião, a COP passou a se reunir de dois em dois anos. Trata-se de uma reunião de grande porte que conta com a participação de delegações oficiais dos 188 membros da CDB, 187 países e a União Europeia, observadores de países não participantes, representantes dos principais organismos internacionais, organizações acadêmicas, não-governamentais, empresariais, lideranças indígenas, imprensa e demais observadores.

3. Até então predominou a posição de que toda a responsabilidade pela redução das emissões era dos países desenvolvidos e, portanto, uma oposição, junto com os demais países do G77+China, a qualquer compromisso de redução da taxa de emissões por parte dos países em desenvolvimento.



gias alternativas, em particular a eólica e a solar, não seriam confiáveis para o fornecimento para a indústria e, sobretudo, que esta política tornaria a indústria alemã menos competitiva.<sup>4</sup> No mesmo ano no Brasil, a Confederação da Indústria (CNI, 2010) expressou igual preocupação com o impacto sobre a competitividade dos compromissos nacionais que gerariam custos adicionais, ao passo que outros países não implementam as mesmas medidas, prejudicando a indústria brasileira.

E por último, mas não menos importante, a questão tecnológica, que se refere à existência ou não da capacidade endógena, ou seja, o poder nacional de dominar a tecnologia e desenvolvê-la. Isso faz com que o país esteja sempre na liderança das pesquisas relacionadas a novas fontes e utilização mais eficiente e eficaz das existentes. A capacidade endógena exige mão de obra qualificada. A alternativa é a dependência tecnológica.

## 1. Matriz energética diferenciada

O resultado do esforço para garantir condições de crescimento, sem constrangimentos externos, gerou uma matriz energética bastante diferenciada no Brasil, se comparada internacionalmente. Embora os esforços no campo de etanol e hidrelétrica não tenham sido motivados pelo desejo de gerar uma matriz de baixo carbono, foi este o resultado. O que parecia uma maldição se tornou um trunfo: a escassa existência de carvão e a relativa demora na descoberta e exploração do petróleo em grandes volumes.

A Tabela 1 mostra o peso relativamente alto das fontes renováveis na matriz energética brasileira. Assim, enquanto a matriz energética mundial é composta por 81% de combustíveis fósseis, esse número é 53% no Brasil. Isso devido ao fato de a participação de fontes renováveis chegar a 45% no País, contra 13% no mundo. No caso da matriz para energia elétrica, a particularidade brasileira fica ainda mais evidente, como mostra a Tabela 2.

4. Disponível em: <<http://www.igbce.de/download/7622-15978/1/xvi-26-25-09-2012-energiewende-gestalten.pdf>>.

Tabela 1

### Comparação da matriz energética no mundo e no Brasil (Dados referentes a 2010)

|                   | Mundo | Brasil |
|-------------------|-------|--------|
| Petróleo          | 32%   | 37,5%  |
| Carvão            | 28%   | 5,3%   |
| Gás Natural       | 21%   | 10,3%  |
| Nuclear           | 6%    | 1,4%   |
| Hidrelétrica      | 2%    | 14,1%  |
| Derivados de cana | 0%    | 17,5%  |
| Outros            | 11%   | 13,9%  |

Fontes: Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia.

Tabela 2

### Comparação da matriz para energia elétrica no mundo e no Brasil (Dados referentes a 2010)

|                   | Mundo | Brasil |
|-------------------|-------|--------|
| Carvão            | 41%   | 1,3%   |
| Gás Natural       | 22%   | 5,7    |
| Hidrelétrica      | 16%   | 74,3%  |
| Nuclear           | 13%   | 2,7%   |
| Petróleo          | 5%    | 2,7%   |
| Derivados de cana | 0     | 5,1%   |
| Outros            | 3%    | 8,2%   |

Fontes: Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia.

Nesse caso, as fontes de origem fóssil representam 68% mundialmente, contra 10% no Brasil, devido à utilização nacional de fontes renováveis que chegam a 86%, contra somente 18% globalmente.

O Brasil é, até hoje, o único país onde o etanol (hidratado) é vendido como combustível sem ser misturado com gasolina. Além disso, o etanol (anidro) é misturado à gasolina. O governo brasileiro anunciou, em meados de 2014, a intenção de aumentar a mistura na proporção de 25% à 27,5%, valor considerado máximo devido à necessidade de haver alteração no motor para além dessa proporção. Mais de 40 países, como Estados Unidos e China, também utilizam essa mistura, porém em proporções que costumam ser de 5% ou 10%.



O Brasil se consolidou como o segundo mercado consumidor de biocombustíveis, somente superado pelos EUA, conforme pode ser observado na Tabela 3.

**Tabela 3**

**Consumo de biocombustível (etanol e biodiesel) em TJ**

|          | 2005    | 2010      | 2012      |
|----------|---------|-----------|-----------|
| EUA      | 337.941 | 1.012.973 | 1.070.660 |
| Brasil   | 291.533 | 588.900   | 517.495   |
| Alemanha | 81.259  | 123.947   | 120.873   |
| Mundo    | 777.604 | 2.377.504 | 2.498.871 |

**Fontes:** PBL Netherlands Environmental Assessment Agency/ European Commission (2013).

Em 1939, registrou-se uma capacidade instalada de energia hidrelétrica de 884 MW que, sob comando estatal, se expandiu, chegando a 80.600 MW em 2010. O ponto marcante foi a entrada em operação, em 1984, da binacional Itaipu, dez anos após o início da sua construção. Era a maior hidrelétrica do mundo, com capacidade de 14.000MW.

A energia renovável também é fonte de geração de emprego. Dados do Relatório Anual 2014 sobre o nível de emprego gerado pelas energias renováveis da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA na sigla inglesa) mostram um número global de 6,5 milhões, com o Brasil ocupando o segundo lugar (ver Tabela 4).

**Tabela 4**

**Empregos nos setores de energia renovável em 2013**

| País          | Número de empregos |
|---------------|--------------------|
| China         | 2,4 milhões        |
| Brasil        | 894 mil            |
| EUA           | 625 mil            |
| Índia         | 391 mil            |
| Alemanha      | 371 mil            |
| Total Mundial | 6,5 milhões        |

**Fonte:** Irena (2014).

O Brasil se destaca pela geração de emprego no setor de bioenergia: 621 mil, seguido de 32 mil na

cadeia de eólica. Cabe observar, porém, que, curiosamente, a Irena, embora sendo uma articulação intergovernamental, acatou as críticas de uma parte das organizações não-governamentais aos grandes projetos de hidrelétricas e excluiu essa fonte de energia renovável de seu cálculo. Caso contrário, o número de empregos, no Brasil, seria maior, embora não chegasse a superar o primeiro colocado, a China. A liderança chinesa é explicada em grande parte pela mão de obra na produção de equipamentos para energia solar e eólica.

### 1.1 Um grande emissor com matriz de baixo carbono?

Em tese, essa matriz diferenciada deveria ficar evidente, também, diante da atenção que o mundo começou a dar às emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Mas, no primeiro momento, não foi o caso, devido à outra particularidade da realidade brasileira: as queimadas de grandes áreas, principalmente na Floresta Amazônica, como parte da lógica selvagem de expansão de terras agrícolas, com destaque para a produção de soja e carnes, além da própria madeira. Elas foram durante muito tempo, de longe, a principal fonte de emissão de GEE. Ou seja, a matriz energética de baixo carbono ficou escondida detrás da fumaça das queimadas. O Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa foi publicado em dezembro de 2004 e se referia ao período 1990-1994<sup>5</sup>. O segundo inventário nacional (Ministério de Ciência e Tecnologia, 2010) se referia ao período 1990-2005 e identificava a participação das emissões da energia de 16,48% no total das emissões de GEE do Brasil. No caso do desmatamento, calculou-se 64,1%. E foi justo nesse campo que o Brasil conseguiu avanços impressionantes, pouco conhecidos para o público leigo e, sobretudo, pouco valorizados no mundo e até no próprio Brasil (ver Gráfico 1).

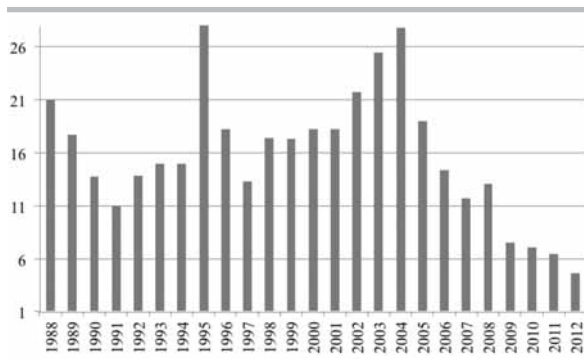
O Brasil conseguiu, a partir de 2004, por meio de uma série de políticas coordenadas e do monitoramento avançado realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), reduzir o desmatamento de uma média de 20.000 km<sup>2</sup>, no período de 2001-2004, para 12.000 km<sup>2</sup>, no período 2005-

5. <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/17341.html>.



Gráfico 1

## Evolução da produção de cana-de-açúcar no Brasil



Fonte: INPE.

2009, e 7200km<sup>2</sup>, no período 2009-2010 (ver Assunção, J & ea., 2012). Em 2004, o governo lançou o Plano de Ação para a Prevenção e o Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, um conjunto de medidas coordenadas entre as esferas federais, estaduais e municipais. Em 2008, o Conselho Monetário Nacional (CMN) publicou a Resolução 3445, que determinou a proibição de empréstimos a proprietários de terras envolvidos com o desmatamento. O acesso a crédito para atividades na Amazônia legal passou a ser concedido somente com a comprovação de conformidade em relação à legislação ambiental e fundiária. Cabe ainda lembrar também a atuação de organizações não-governamentais nacionais e internacionais que pressionaram empresas importadoras dos países desenvolvidos. A redução do desmatamento quebrou o mito da impotência com relação à capacidade de controlar o desmatamento na Amazônia e pode agora ser considerado um trunfo em virtude do serviço global de sequestro de carbono. Além do mais, há um potencial grande para recuperar áreas degradadas que foram desmatadas nas duas últimas décadas.

A queda consistente no desmatamento não significa que o Brasil tenha alcançado um nível aceitável, muito menos que não haja necessidade de consolidar e aprimorar a capacidade de monitoramento. O pano de fundo é que, com a restrição à expansão selvagem, o agropecuário está sendo estimulado a organizar sua expansão por meio de ganhos de produtividade e intensificação. De fato, é notável a redução das áreas de pastagens a partir de meados da década de 2000.

Há de se considerar que a queda do desmatamento, verificada em menor escala no início da década de 1990, coincidiu com a conjuntura de crise econômica interna e depressão dos preços de produtos de agroexportação envolvidos no desmatamento. Nesse sentido, a forte queda verificada a partir de segunda metade da década de 2000 chama mais atenção ainda, pois coincide com uma fase de expansão da economia interna e uma forte valorização dos preços dos produtos agrícolas nos mercados internacionais, em particular a carne e a soja. Coincide também com a forte expansão da produção de etanol<sup>6</sup>. Pode-se afirmar, portanto, que não se trata de pontos fora da curva, mas de uma alteração estrutural no manejo da questão, em particular, mas não somente, na Amazônia legal. Baseado nessa conquista, o Brasil conseguiu se apresentar como campeão de redução de GEE: -38,7% no período entre 2005 e 2010, fato inédito no mundo. A participação das queimadas no total de emissões brasileiras caiu de 57,5% em 2005 para 22,4% em 2010, alterando de forma significativa o padrão de emissões. Em 2012, o Brasil registrou uma emissão de GEE proveniente da queima de energia fóssil nas térmicas superior às emissões causadas pelo desmatamento.

Os avanços expressivos na redução do desmatamento mudaram a composição das fontes de emissão de GEE no Brasil, como pode ser observado na Tabela 5. Embora as queimadas ainda constituam uma fonte importante de emissões de GEE, surgem como principais emissores a agropecuária e a energia.

De acordo com o World Resource Institute (WRI, 2010), em nível mundial a energia (incluindo transportes) é responsável por 64,4% dos GEE, sendo esse valor 77,9% na União Europeia e 87,1% nos EUA<sup>7</sup>. No

6. A produção de etanol se concentra em outras áreas, sobretudo em São Paulo, mas há uma tese de um suposto efeito indireto: a substituição do uso de terras anteriormente utilizadas para soja e gado pela cultura de cana-de-açúcar. Isso teria provocado uma migração da produção de soja e gado para áreas envolvendo desmatamento. A queda do desmatamento não sustenta essa tese.

7. De acordo com a classificação do IPCC, as demais fontes de GEE são: processos industriais (não considerando uso de energia); uso de solventes e outros produtos; agropecuária; mudanças do uso da terra e florestas; e tratamento de resíduos.



Tabela 5

**Evolução da emissão GEE por fonte em Gg CO2 equivalente**

|  | 1990             | 2000             | 2005             | 2010             |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Energia (incluindo transportes)              | 191.543          | 301.096          | 328.808          | 399.302          |
| Processos industriais (excl. uso de energia) | 52.536           | 71.673           | 77.943           | 82.048           |
| Agropecuária                                 | 303.776          | 347.878          | 415.713          | 437.226          |
| Florestas                                    | 815.965          | 1.324.371        | 1.167.917        | 279.163          |
| Resíduos                                     | 28.939           | 38.550           | 41.880           | 48.737           |
| <b>Total</b>                                 | <b>1.392.756</b> | <b>2.083.570</b> | <b>2.032.260</b> | <b>1.246.477</b> |

Fonte: MCT (2013).

Obs.: Os dados referentes a 1990, 2000 e 2005 constam também no banco de dados da UNFCCC, embora com números ligeiramente diferentes (<http://unfccc.int/di/DetailedByParty/Event.do?event=go>).

Tabela 6

**Comparação do consumo de energia do Brasil comparado com seleção de países desenvolvidos (em kg óleo equivalente per capita)**

| País          | 1980 | 1990 | 2000 | 2008 | 2011 |
|---------------|------|------|------|------|------|
| EUA           | 7942 | 7672 | 8057 | 7488 | 7032 |
| Austrália     | 4737 | 5053 | 5645 | 5766 | 5501 |
| Coreia do Sul | 1081 | 2171 | 4003 | 4636 | 5260 |
| Países Baixos | 4549 | 4393 | 4598 | 4837 | 4638 |
| Alemanha      | 4562 | 4421 | 4094 | 4075 | 3822 |
| Japão         | 2950 | 3556 | 4091 | 3879 | 3610 |
| África do Sul | 2371 | 2584 | 2483 | 2961 | 2741 |
| Itália        | 2318 | 2584 | 3012 | 2942 | 2664 |
| Venezuela     | 2347 | 2206 | 2312 | 2475 | 2380 |
| China         | 847  | 1060 | 1629 | 1801 | 1940 |
| Argentina     | 1487 | 1412 | 1652 | 1961 | 1967 |
| Brasil        | 935  | 937  | 1074 | 1296 | 1371 |

Fonte: Banco Mundial.

Brasil, a participação da energia no total da GEE continha abaixo desses patamares. No entanto, é preciso observar que essa participação aumentou de 13,7% em 1990 para 32,0% em 2010.

## 1.2 Relativo baixo consumo per capita

Outra característica da realidade brasileira que deve ser levada em consideração em análises sobre o presente e, sobretudo, projeções e cenários futuros, é o relativo baixo consumo per capita de energia. A

Tabela 6 mostra o consumo de energia per capita no Brasil em comparação a outros países.

A matriz mais limpa do Brasil se expressa também na comparação internacional das emissões de CO<sub>2</sub>, conforme pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7

**Emissões CO2 na trajetória per capita (1990, 2000, 2010 e 2012 em t) e números totais (em milhões - m) para 2012**

| País           | 2012 (m) | 1990 (t) | 2000 (t) | 2010 (t) | 2012 (t) |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| EUA            | 5.200    | 19,6     | 20,6     | 17,6     | 16,4     |
| Coreia do Sul  | 640      | 5,9      | 9,8      | 12,2     | 13       |
| Alemanha       | 810      | 12,7     | 10,4     | 9,9      | 9,7      |
| União Europeia | 3.700    | 9,1      | 8,4      | 7,8      | 7,4      |
| China          | 9.900    | 2,1      | 2,8      | 6,4      | 7,1      |
| México         | 490      | 3,6      | 3,6      | 3,9      | 4        |
| Brasil         | 460      | 1,5      | 2        | 2,2      | 2,3      |
| Índia          | 1.970    | 0,8      | 1        | 1,5      | 1,6      |

Fonte: Banco Mundial.

Embora haja inegável potencial expressivo para um aumento da eficiência energética é necessário reconhecer o estágio de desenvolvimento do País, que aponta para uma elasticidade da demanda por energia com relação ao crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) superior a 1, como pode ser observado na Tabela 8. Isso significa que um aumento do PIB de 1% provoca um aumento de consumo de energia superior a 1%.

Tabela 8

**Relação de variação do PIB e consumo de energia elétrica no Brasil**

| Ano  | PIB  | Consumo |
|------|------|---------|
| 2010 | 7,5% | 8,2%    |
| 2011 | 2,7% | 4,2%    |
| 2012 | 1%   | 3,5%    |
| 2013 | 2,3% | 3,5%    |

Fonte: EPE.

Contudo, ter tornado sua matriz energética relativamente mais limpa, ter consumo per capita relativamente baixo e mostrar-se exemplo sem precedentes de redução drástica de emissão de GEE nos últimos anos são fatores que podem desestimular



reflexões críticas, e não incentivar a identificação e aproveitamento de potenciais para posteriores avanços rumo a uma economia de baixo carbono.

De outro lado, o Brasil não deixou de ser alvo de fortes críticas, sobretudo de movimentos ambientalistas internacionais e nacionais, mas também de setores da academia. *Primeiro*: durante anos, o alvo foi o desmatamento da Amazônia. Acontece que a reviravolta não encontrou o mesmo reconhecimento. Ao contrário, é comum que se volte a falar da questão quando há um aumento na margem, porque a queda do desmatamento não se dá de forma linear. *Segundo*: o etanol foi alvo de duras críticas por sua suposta insustentabilidade social (exploração e superexploração da mão de obra); ambiental (provocaria necessariamente desmatamento); e socioeconômica (provocaria um processo de expulsão da produção de alimentos e, por isso, seria responsável pelo aumento dos preços de alimentos básicos da população). Assim, de carro-chefe da contribuição brasileira rumo a uma economia de baixo-carbono, o etanol se viu no banco dos réus. Não se analisou a especificidade do etanol brasileiro em comparação com biocombustíveis produzidos em outros ambientes e não se considerou a capacidade do Brasil de atacar os problemas sociais e ambientais que, no contexto, não são inerentes à produção do etanol, mas de relações sociais e políticas do setor sucroalcooleiro, e, portanto, sujeitos a alteração, inclusive sob a pressão das críticas. E, *por último*, as próprias hidrelétricas, de símbolos da geração de eletricidade de baixo-carbono, tornaram-se vilãs por violação de direitos dos povos indígenas e outras comunidades atingidas pelas barragens. Houve até especulação a respeito de emissões de metano (também um GEE) provocadas pelas represas<sup>8</sup>.

Muitas das críticas são legítimas e importantes para provocar adequações necessárias, mas ao não reconhecer os avanços alcançados pelo Brasil graças à utilização dessas fontes para uma estratégia de crescimento com matriz de baixo carbono, fica bloqueado qualquer diálogo construtivo. Tanto o não reconhecimento dos avanços realizados quanto a acomodação diante da comparação internacional,

8. O próprio setor elétrico alega, ao contrário que pode haver sequestro de carbono pelos reservatórios.

dificultam a priorização de ações concretas para que o Brasil possa, de fato, afirmar sua posição de liderança na luta global rumo à economia de baixo carbono.

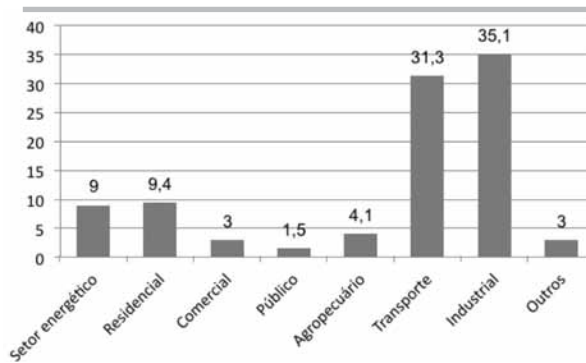
### 1.3 Nova realidade e o setor de transporte

Houve mudança qualitativa com a queda do desmatamento; agora o desafio é outro. No caso da energia, ocorreu crescimento das emissões acoplado ao crescimento econômico, em particular dos transportes. Isso significa que, nessa nova fase, a prioridade deve ser dada à alteração da matriz de transporte, superando o que hoje se destaca como a singularidade da realidade brasileira: a grande participação do transporte sobre rodas para cargas. E, de outro lado, o atraso em encontrar soluções de transporte público de massa, que não acompanhou a forte expansão da frota automobilística, a partir de meados da década de 2000.

A queda relativa da demanda por energia elétrica pelo setor industrial, a partir de 2011, reflete os problemas pelos quais os setores industriais estão passando no Brasil, como uma tendência à relativa desindustrialização – com investimentos produtivos baixos. E isso não foi resultado de esforços para aumentar a eficiência energética. Em 2010, o setor industrial respondeu por 39,6% do total de consumo de energia no Brasil, caindo em 2012 para 35,1% e, em 2013, para 33,9% (BEN, 2014). Logo, a aposta em defesa da indústria brasileira deverá – se for exitosa – resultar em um aumento da elasticidade renda/consumo de energia.

Gráfico 2

#### Percentual de consumo de energia por setor (2012)



Fonte: EPE/PDE (2013).





Já em 2013, as emissões de GEE em Cg CO<sub>2</sub> equivalente tinha aumentado de 399.302, em 2010, para 459.000 (BEM, 2014). A elevação expressiva em números absolutos e relativos da emissão de GEE do setor energético se deve ao componente transporte, mais especificamente o de cargas (ver Tabela 9).

Tabela 9

**Cenário da evolução da participação dos vários segmentos nas emissões GEE dos Veículos Automotores Rodoviários**

|   | CO   |      | NOx  |      | CO <sub>2</sub> |      |
|---|------|------|------|------|-----------------|------|
|   | 2009 | 2020 | 2009 | 2020 | 2009            | 2020 |
| Caminhões/<br>ônibus/<br>veículos<br>comerciais | 17%  | 26%  | 92%  | 93%  | 62%             | 60%  |
| Automóveis<br>leves                             | 48%  | 51%  | 8%   | 7%   | 35%             | 37%  |
| Motocicletas                                    | 35%  | 23%  | -    | -    | 3%              | 3%   |

Fonte: MMA (2011).

De acordo com dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), atualizados até abril 2014, há no Brasil 2.106.716 caminhões em circulação, com idade média de 12,2 anos. Destes, 947.450 são caminhões de autônomos com 16,8 anos de idade média<sup>9</sup>. E o biodiesel, como vimos acima, entra, por enquanto, na mistura com percentuais pequenos (7%).

Com relação ao setor de transporte há, portanto, uma série de desafios: ampliação da malha ferroviária; melhoria da eficiência dos motores de veículos automotores; melhoria da gestão do tráfego; estímulo ao uso do transporte coletivo; intensificação no uso de biocombustível e aumento da eficiência energética no geral. A indústria automobilística já sabe o que deve ser feito para reduzir o nível de emissões, porque há tempos já pratica a técnica em seus países de origem. Europa, Estados Unidos e Japão, de onde vêm praticamente todas as montadoras até agora instaladas no Brasil, têm as mais rigorosas leis neste sentido.

Uma tentativa importante do governo para reverter esse quadro foi o Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto), parte do *Plano Brasil Maior*. O programa foi lançado pelo governo, em outubro de 2012, e entrou em vigor no início de 2013, com validade até final de 2017. O programa voluntário aumentou o imposto sobre produtos industrializados (IPI) em 30% para os veículos leves vendidos no País entre os anos de 2013 a 2017, mas concede isenção para montadoras que aderirem ao programa, cumprindo uma série de contrapartidas. A meta básica é alcançar uma economia de energia de 12,08% nos automóveis até 2017, em relação ao ano base de 2011.

Do total das emissões do setor de energia em 2013, o setor de transportes foi responsável por 47%, embora as sua participação relativa no consumo de energia seja 32%. A Tabela 10 faz a comparação entre consumo de energia e participação nas emissões de GEE dos setores de transportes, indústria e consumo residencial, referente ao ano 2013.

Tabela 10

**Comparação da participação consumo energia/ participação emissões (2013)**

|                     | Participação no consumo total de energia | Participação nas emissões relacionadas ao consumo de energia | Participação de renováveis no uso de energia por setor |
|---------------------|--|--|--|
| Transportes         | 32,0%                                    | 47,0%  | 17,0%  |
| Indústria           | 33,9%                                    | 19,4%  | 56,0%  |
| Consumo residencial | 9,1%                                     | 3,9%   | 62,0%  |

Fonte: BEM, 2014, elaboração própria.

Outro fator que explica o aumento das emissões de GEE no setor de energia é o aumento do uso de termoeletricas na geração de energia elétrica, a ser tratado na seção 2.1.

#### 1.4 E o pré-sal?

As descobertas do pré-sal, anunciadas oficialmente em novembro de 2007, transformaram a posição do Brasil nas projeções futuras do mercado de

9. www.antt.gov.br



Petróleo e Gás (P&G) global. O Brasil vai poder substituir suas importações e se tornar um grande exportador. Não há, em princípio, nenhuma contradição entre a exploração dessas riquezas e o compromisso para avançar rumo a uma economia de baixo carbono. Isso depende do gerenciamento das riquezas e das estratégias de exploração e produção. Riquezas que são termináveis e podem contribuir com o financiamento desta transição. Há de se reconhecer os vários riscos<sup>10</sup>, no contexto deste estudo, em particular os desafios de não sujar a matriz, evitar que os biocombustíveis deixem de ser uma alternativa – por causa do potencial de baixar os preços dos derivados de petróleo – e continuar investindo pesadamente no aumento da eficiência no uso de energia nos setores de transportes.

No caso da relação entre etanol e gasolina, a estratégia mais apropriada é aproveitar o potencial do etanol para abastecer o mercado interno e acompanhar o crescimento da demanda, investindo pesadamente em etanol de segunda geração, de maior eficiência e maior conteúdo tecnológico. E, de outro lado, explorar o pré-sal de forma inteligente, condicionar o ritmo de exploração à ampliação da capacidade produtivo-tecnológica interna e direcionar o excedente de produção para os mercados externos. A renda assim gerada, por sua vez, poderia ser canalizada para fomentar a superação de deficiências estruturais na área de educação e infraestrutura social, de um lado, e, de outro, contribuir com o financiamento para a transição para uma economia de baixo carbono.

## 2 Projetando o futuro da matriz energética do Brasil

Em seguida serão analisadas a situação e as perspectivas das diferentes fontes de energia no contexto do quadro nacional e internacional apresentado até aqui.

### 2.1 Hidrelétricas

O problema de fornecimento de energia, em 2001 (o apagão), provocou reflexão sobre o sistema e acabou dando origem, em 2003, já no governo Lula, a um novo modelo, baseado em duas vertentes: reforçar o planejamento, com a criação da Empresa de Planejamento Energético (EPE), ligada ao Ministério de Minas e Energia, e a contratação de energia elétrica, no longo prazo, por meio de leilões, com o objetivo de dar segurança aos investidores. Sob esse novo marco regulatório, a capacidade instalada no setor elétrico aumentou de 90.679 MW para 126.755 MW, entre 2004 e 2013.

Foi com o novo planejamento energético que o Brasil começou a se preocupar com novas fontes renováveis. Também, o cuidado com o impacto socioambiental das hidrelétricas é relativamente recente.

O efeito das mudanças climáticas atingiu em cheio a estrutura de hidrelétricas: as variações significativas dos fluxos hídricos representam grande preocupação quanto à segurança energética do País. E esses efeitos reaqueceram o debate sobre a decisão do governo de optar por usinas a fio d'água, em vez de usar reservatórios de acumulação em reconhecimento aos impactos socioambientais. Um dos argumentos é que a perda da capacidade de regulação dos reservatórios obriga o setor elétrico a acionar as usinas termoeletricas. A Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres (Abrace), por exemplo, defende a retomada de construção de usinas com reservatórios, para garantir a disponibilidade de energia a custos competitivos<sup>11</sup>.

De fato, a seca acentuada no início de 2014 revelou as fragilidades do sistema. Em grande parte porque coincidiu com o efeito conjuntural de atrasos na oferta de grandes projetos no norte, em particular da Belo Monte, no Rio Xingu, que deverá iniciar suas operações somente em 2015 para

10. Para uma visão global dos desafios e oportunidades do Pré-sal: Schutte, G.R. Panorama do Pré-Sal: Desafios e Oportunidades. In: Favareto, A.; Moralez, R. Energia, Desenvolvimento e sustentabilidade. Porto Alegre: Editora Zouk, 2014.

11. Camila Schoti, coordenadora de Energia Elétrica da Abrace, em artigo de opinião no jornal Valor Econômico, em 11/3/2014 “Com muito bom senso e sem jabuticabas”.



entrar em funcionamento por completo até 2018. O mesmo vale para as usinas no Rio Madeira (Santo Antônio e Jirau).

Existem limitações à expansão hidrelétrica pela questão socioambiental: 60% do potencial de energia hidráulica do Brasil se encontra na bacia Amazônica, envolvendo os rios Tocantins, Araguaia, Xingu e Tapajós, com impacto potencial nas reservas florestais, parques nacionais e terras indígenas. Diante dessa nova realidade, o parque instalado de termelétricas se tornou inadequado. Quase metade dele é composto por usinas de baixo investimento para instalação, porém, de elevado custo operacional quando são acionadas. Essa proporção era adequada no passado, quando a capacidade de regulação dos reservatórios era maior, as instabilidades climáticas eram menores e as termelétricas acionadas somente em situações de secas severas. Tudo indica que, no futuro, as termelétricas deverão continuar a ser usadas de forma mais intensa. A grande questão é saber se isso significa um passo para trás, para depois dar dois passos para frente, com a entrada em operação de uma capacidade adequada de eólicas, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)<sup>12</sup> e solar.

O planejamento decenal do EPE projeta uma expansão majoritariamente baseado nas fontes renováveis, como pode ser observado na Tabela 11. Embora haja também aumento da capacidade baseada em fontes não-renováveis, estas perderiam espaço relativo.

Tabela 11

#### Evolução da capacidade instalada de energia elétrica por fonte de geração

| Fonte                    | 2013       | 2018       | 2022       |
|--------------------------|------------|------------|------------|
| Renováveis               | 107.397 MW | 136.377 MW | 157.150 MW |
| Não renováveis           | 19.380 MW  | 24.903 MW  | 25.903 MW  |
| Hidro                    | 68,5%      | 66,3%      | 65%        |
| PCH/Eólicas/<br>Biomassa | 14,4%      | 18,3%      | 20,8%      |
| Não-renováveis           | 17,1%      | 15,4%      | 14,2%      |

Fonte: PDE 2022, elaboração própria.

12. <http://www.portalpch.com.br>.

## 2.2 Gás natural

Das fontes de energia fóssil, sem dúvida, o gás é a melhor, em termos de eficiência energética e emissões de GEE, se comparado aos demais, como pode ser observado na tabela 12.

Tabela 12

#### Emissões de GEE nas termelétricas do Brasil – 2010 em gCO<sub>2</sub>eq/kWh

|                  |      |
|------------------|------|
| Carvão mineral   | 1144 |
| Óleo diesel      | 829  |
| Óleo combustível | 781  |
| Gás natural      | 518  |

Fonte: Miranda (2012).

Até recentemente não havia perspectiva de aumento da produção interna. A grande novidade é que o pré-sal e outras descobertas projetam não somente a exploração e produção de grandes quantidades de petróleo, mas também de gás natural. Isso possibilitará o aumento da utilização do gás, sem aumentar a importação.

A Tabela 13 mostra o aumento da oferta de gás natural no mercado interno, principalmente devido ao aumento da produção interna.

Tabela 13

#### Projeção da oferta de gás no Brasil até 2030 em milhões de m<sup>3</sup>/d

|                             | 2013      | 2018       | 2020       | Média anual 2021-2030 |
|-----------------------------|-----------|------------|------------|-----------------------|
| Produção doméstica          | 41        | 75         | 86         | 97                    |
| Importação da Bolívia       | 30        | 30         | 30         | 30                    |
| Regasificação GNL importado | 21        | 41         | 41         | 41                    |
| <b>Total</b>                | <b>98</b> | <b>146</b> | <b>157</b> | <b>168</b>            |

Fonte: Petrobras (2014), elaboração própria.



## Gás de xisto

O Brasil é identificado como um dos países com reservas de xisto tecnicamente exploráveis, de acordo com dados da AIE e também do governo dos EUA.

No caso do Brasil, porém, a referência a uma revolução do gás se refere, em primeiro lugar, à exploração de gás nas reservas do pré-sal, e não havia uma política pública a respeito da exploração em escala comercial do gás de xisto. Observe que o planejamento energético (PDE 2022) não mencionava o gás de xisto. Tampouco havia legislação específica quando a ANP lançou, em 28 de novembro de 2013, a 12ª Rodada de Licitação. O leilão prevê, pela primeira vez, de forma explícita, a exploração de gás de xisto, até então inexistente no País. A principal crítica diz respeito à falta de estudos, legislação e discussão prévia sobre riscos de impacto negativo, pela contaminação do lençol freático, envolvendo águas subterrâneas, por produtos químicos empregados. Ao mesmo tempo, há, no caso do Brasil, alternativas em curso que exigem grandes investimentos, inclusive a própria exploração do gás nas províncias do pré-sal.

## 2.3 Nuclear

A energia nuclear passou, até março de 2011, por uma reavaliação mundial. Tratando-se de uma modalidade de baixo carbono, ela entrou na discussão sobre alternativas para energias fósseis<sup>13</sup>. O reflexo disso no Brasil foi o anúncio pelo governo, em 2008, de planos para iniciar a construção de nove usinas, além de concluir a de Angra 3. Falou-se em um pacote de investimentos, gerando capacidade de 60GW. Importante lembrar que, dos onze países que dominam o ciclo tecnológico do urânio, somente três são detentores de reservas significativas do minério: EUA, Rússia e Brasil. A decisão de apostar em energia nuclear para estar ao lado da hidrelétrica como principal fonte de energia elétrica já havia sido muito

13. Embora os reatores nucleares não emitam CO<sub>2</sub>, deve-se considerar as emissões ao longo do ciclo de vida e da cadeia produtiva desde a extração do urânio. Nesse caso, as emissões são superiores às das demais fontes não-fósseis, como eólica, solar e biomassa (Greenpeace, 2008).

questionada, sobretudo pela falta de soluções sustentáveis para os rejeitos radioativos de alta atividade. Mas foi o grave incidente em Fukushima, em março de 2011, que mudou novamente o debate sobre a energia nuclear em várias partes do mundo, sendo a Alemanha o caso mais extremo, ao abandonar de vez todos os seus projetos na área.

Também no Brasil a discussão esfriou. O que ficou foi a conclusão de Angra 3. A previsão para que entre em operação é junho de 2018, com 1405MW na modalidade de energia de reserva (EPE, 2013).

## 2.4 Biocombustíveis

No início do século XXI, o Brasil era, de longe, o líder no consumo e na produção de etanol, que representava 90% dos biocombustíveis. A forte retomada do setor sucroalcooleiro, a partir de 2003, deu-se no contexto do aumento expressivo de preços do petróleo e foi possibilitado pela introdução massiva de automóveis leves dotados de motores bicombustíveis (*flex-fuel*) como pode ser observado na Tabela 14. Esta inovação foi estimulada pelo governo e reestabeleceu a confiança do consumidor no álcool. Também pesou a crescente preocupação com as consequências dos GEE para a saúde humana nos centros urbanos e com o aquecimento global, ambos relacionados ao uso de gasolina.

Tabela 14

### Vendas no mercado interno de automóveis e comerciais leves

|      | Gasolina | Álcool | Flex-fuel | Total     |
|------|----------|--------|-----------|-----------|
| 2005 | 644.614  | 49.860 | 846.710   | 1.615.585 |
| 2006 | 323.192  | 1065   | 1.424.112 | 1.824.268 |
| 2007 | 234.747  | 9      | 2.032.361 | 2.362.453 |
| 2008 | 223.032  | -      | 2.354.524 | 2.709.774 |
| 2009 | 221.890  | -      | 2.711.267 | 3.069.574 |
| 2010 | 660.182  | -      | 2.627.111 | 3.287.293 |

Fonte: Petrobras (2014), elaboração própria.

A Empresa de Pesquisa de Energia (EPE, 2012, p. 14) estimou a frota circulante de veículos leves em 2011 em 31 milhões, dos quais 14,9 milhões *flex-fuel*.



Cabe observar que, se de um lado o motor *flex-fuel* pode ser considerado um sucesso ao (re)conquistar a confiança do consumidor, de outro existe um grande espaço a ser conquistado para melhorar sua eficiência. As montadoras que operam no Brasil são multinacionais que pautaram seu esforço tecnológico, até pouco tempo, na redução do consumo e das emissões a partir da ótica do motor à gasolina convencional. À esta lógica se adequaram a nova dinâmica do mercado brasileiro, tirando o máximo de proveito com o mínimo de investimentos. Avaliações do Inmetro a respeito da eficiência (em MJ/km) dos carros que usam motor *flex*, comercializados em 2013, mostram que, quando usam etanol, a eficiência é inferior se comparada ao uso de gasolina<sup>14</sup>. O estudioso do assunto, professor Nogueira, da Universidade Federal de Itajubá, também confirma que o *flex* é um motor à gasolina que usa etanol: tecnologicamente a eficiência do etanol deveria ser de 80% em relação à gasolina, e não 70%, como acaba sendo no caso do motor *flex*<sup>15</sup>. Cabe agora estimular as montadoras a investir para aperfeiçoar o desempenho do motor (Sousa e Macedo, 2009).

Reconhecer a grande contribuição do etanol para garantir uma matriz energética mais limpa não implica negar os efeitos ambientais e sociais negativos, mas estes podem ser minimizados por meio de rigorosa regulação e fiscalização. De certa forma, as campanhas contra o etanol contribuem para que isso se concretize.

Embora tenham surgido padrões voluntários de certificação da sustentabilidade, são as políticas públicas que realmente fazem a diferença para garantir que haja convergência entre ganhos econômicos, sociais e ambientais. Por meio do decreto presidencial nº 6.961, de 17 de setembro de 2009, o governo aprovou o Zoneamento AgroEcológico (ZAE) da

cana-de-açúcar a partir da safra 2009/2010. Este zoneamento veda a expansão do plantio e instalação de usinas nos biomas Amazônia e Pantanal e Bacia do Alto Paraguai. E também proíbe, em todo o território nacional, o uso de terras com vegetação nativa para expansão do plantio de cana de açúcar. Além disso, prevê a abolição gradual da queima como método pré-colheita até 2017, o que significa um aumento da mecanização. O decreto ainda explicita que não será autorizada a instalação ou ampliação quando houver prejuízo ou risco à produção de alimentos ou à segurança alimentar. Para reforçar a regulação, o Conselho Monetário Nacional estabeleceu, da mesma forma como foi feito com o combate ao desmatamento na Amazônia legal, normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro.

Do decreto consta que o País dispõe de cerca de 64 milhões de hectares de áreas aptas à expansão do cultivo com cana-de-açúcar, sendo que destes, 18,03 milhões de hectares foram considerados com alto potencial produtivo, 41,17 milhões de hectares com médio e 4,28 milhões de hectares com baixo potencial para o cultivo. À época do levantamento, que coincidiu com a safra 2008/2009, a área plantada com cana-de-açúcar no Brasil foi de 7,8 milhões de hectares e, por isso, o Brasil não necessitaria incorporar áreas novas e com cobertura nativa ao processo produtivo, podendo expandir a área de cultivo com cana-de-açúcar sem afetar as terras utilizadas para a produção de alimentos.

Outra iniciativa do governo federal foi o Compromisso Nacional para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-Açúcar, articulado em 2008 e 2009. Trata-se de um acordo entre entidades de trabalhadores e empresários do setor sucroenergético com o intuito de valorizar e disseminar as melhores práticas trabalhistas na lavoura da cana-de-açúcar e promover a reinserção ocupacional dos trabalhadores desempregados em decorrência da mecanização da colheita.

O desafio é grande, porque, na verdade, o pano de fundo é a transformação de um setor historicamente dominado por forças do atraso em um dos setores modernos da economia brasileira. Um exemplo gritante é o total desrespeito pelas terras dos Gua-

14. Estudo apresentado no Workshop sobre o uso eficiente do etanol veicular no Brasil, em 21 de novembro de 2013, organizado pelo Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE).

15. Apresentação no 14º Encontro Energia da Fiesp na mesa “Biocombustíveis: quais as soluções para destravar o setor”, realizada em 6 de agosto de 2013, em São Paulo.



ranis Kaiowás por parte dos produtores de etanol na região sul do Mato Grosso do Sul<sup>16</sup>.

### Crise do etanol

A crise global de 2008, seguida de problemas climáticos, teve grande impacto sobre as usinas altamente endividadas. A falta de investimentos em renovação e expansão dos canaviais, além dos problemas climáticos, o que causou a queda da produtividade da cana<sup>17</sup>, com o consequente aumento dos custos de produção. Adicionalmente, não houve como repassar esse aumento para o preço do etanol, uma vez que o preço da gasolina permaneceu praticamente estável e o biocombustível só é competitivo até 70% do preço da gasolina. Foi aplicada uma política de preços da gasolina junto com uma política tributária, absolutamente contraditória com qualquer estratégia de apostar no etanol como principal combustível. Ao mesmo tempo, verificou-se a concentração e desnacionalização do setor. Segundo estimativas do banco Bradesco, a participação estrangeira no setor pulou de 7%, em 2007, para 25%, em 2011<sup>18</sup>. Certo grau de participação de capital externo pode beneficiar a promoção internacional do etanol, mas há de se avaliar o impacto sobre as decisões de investimento, pesquisa e desenvolvimento.

A consolidação do crescimento econômico com distribuição de renda resultou em massificação do padrão de consumo para uma parcela maior da população. O Gráfico 3 mostra a estimativa da EPE com relação à evolução futura da frota, indicando a perspectiva de quase dobrar o número de veículos leves. Isso implicará no aumento da demanda energética de 50 bilhões de litros de gasolina equivalente, em 2012, para 84 bilhões de gasolina equivalente, em 2022. Projeta-se ainda um aumento expressivo da participação de automóveis leves com motor *flex-fuel* de 53% para 76,4%.

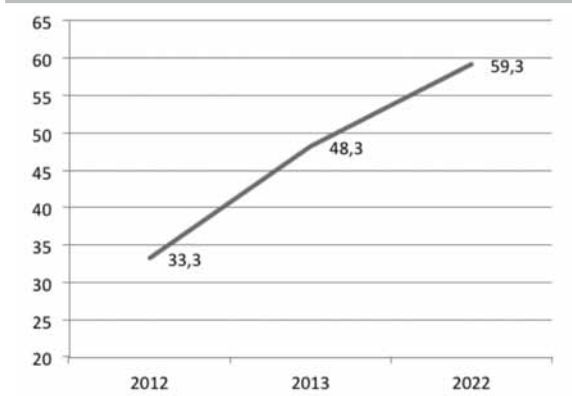
16. Ver o documentário *À sombra de um delírio verde* (2011), de Cristiano Navarro.

17. Lembrando de que a expansão de canaviais exige um período de três a cinco anos.

18. Pinto (2011) calculou uma evolução da participação das empresas de capital externo no setor sucroalcooleiro, que partiu de 7% da capacidade de moagem total, em 2008, para 32%, em 2011 (Pinto, 2011).

Gráfico 3

Estimativa de evolução da frota de automóveis leves no Brasil (em milhões de unidades)



Fonte: EPE (2013).

Na perspectiva da EPE, em 2011, grande parte do aumento do consumo de combustível deveria vir da expansão do etanol, e previa-se, inclusive, diminuição do uso da gasolina. No PDE 2020 havia a projeção de aumento do consumo de etanol, de 23,715 bilhões de litros, em 2011, para 64,6 bilhões de litros, em 2020. Este aumento expressivo da produção se mostrou rapidamente uma meta irrealista. A crise no setor fez o EPE rever suas projeções e, no PDE 2022, a previsão é atingir consumo total de 47,1 bilhões de litros em 2022<sup>19</sup>. Com isso, o PDE projeta aumento no consumo de gasolina de 34 bilhões de litros em 2012 para 43,1 bilhões de litros em 2022. Cabe lembrar que, no Plano Nacional de Mudanças do Clima (PNMC) de 2008, previa-se crescimento da demanda por etanol carburante, de 25,6 bilhões de litros, em 2008, para 38,7 bilhões, chegando em 2017 a 52,2 bilhões. Lembrando que o PNMC foi lançado como plano de ação, há de se reconhecer uma crise da estratégia de etanol no Brasil, com impacto negativo na balança comercial, pois o crescimento da demanda por gasolina não foi acompanhado pelo crescimento *pari passu* da capacidade de refino. Houve, assim, aumento nas importações de derivados a preços superiores aos praticados no mercado interno, ou seja, uma elevação dos subsídios para energia fóssil. E isso

19. O PDE2023 confirma essa tendência ao projetar uma produção de 48 bilhões de litros de etanol em 2023.



diante do potencial alternativo que não dispõe de mecanismos para que suas externalidades ambientais positivas sejam precificadas.

Entre 2010 e 2014, a indústria de bens de capital voltada para a indústria canavieira registou uma queda em torno de 50% do faturamento, com consequente redução do emprego. A crise do setor também atrasou investimentos necessários para avançar na produção do etanol de 2ª geração, chamado também de etanol de celulose, que permitiria aproveitar o bagaço<sup>20</sup> e a palha da cana. Há grande risco de o Brasil, pioneiro na tecnologia de massificação do etanol, ficar para trás na trajetória rumo à maior eficiência energética e ao menor uso de áreas cultiváveis por falta de investimentos que, por sua vez, reflete a falta de estratégia abrangente. Um passo na direção certa foi dado no início de 2014 pelo Finep e o BNDES, ao lançarem o Plano de Apoio Conjunto à Inovação Tecnológica Agrícola no Setor Sucroenergético, o PAISS Agrícola. No total, será disponibilizado R\$ 1,48 bilhão para o período 2014-2018.

### Bioeletricidade

Embora o setor sucroalcooleiro esteja muito identificado como produtor de biocombustível, existe no Brasil também um bom potencial para produzir bioenergia a partir de cana-de-açúcar. Todas as usinas já produzem essa energia para o próprio consumo, mas apenas cerca de 170 (40%) têm capacidade para transferir a bioeletricidade excedente para a rede de energia elétrica. Cerca de 200 usinas ficam de fora. A bioeletricidade usava como fonte principalmente o bagaço, mas com o fim das queimadas nos canaviais, é possível usar também a palha, inclusive com poder calorífico superior ao do bagaço.

As dificuldades do setor hidrelétrico já provocaram aumento da oferta de bioeletricidade em 25%, entre 2012 e 2013, chegando a 15 GW. Com isso, a bioeletricidade da cana chegou a ser a terceira fonte de geração da matriz elétrica brasileira, com 7% da

capacidade instalada. A previsão da EPE (2013) é que a capacidade instalada de eletricidade biomassa chegue, em 2022, a 22 GW. Para que isso se concretize, é necessário criar as condições para que os investimentos de longo prazo se tornem realidade. A crise do setor descrito acima não somente prejudicou a expansão da produção do etanol, a queda de produtividade e atraso no avanço tecnológico rumo à produção do etanol de segunda geração, mas também a expansão da capacidade de bioeletricidade.

### 2.5 Biodiesel

Biodiesel, ou diesel vegetal, é fruto da extração de óleos para fins energéticos. Já em 1982, o Brasil iniciou os primeiros testes para avaliar a viabilidade do uso de biodiesel (mistura do óleo vegetal e álcool). Embora os resultados tenham sido positivos para o biodiesel, o alto custo do produto, à época, impediu seu uso comercial. Entretanto, com a alta dos preços do óleo diesel e dos demais derivados do petróleo, o biodiesel passou a ser uma alternativa. Seus custos de produção ainda são mais elevados que os do diesel de origem fóssil, sempre lembrando que, assim como os demais casos de energia renovável, não são precificadas as externalidades negativas do diesel fóssil.

Por meio da criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), em 2004, e a partir da aprovação da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, o governo federal introduziu o biodiesel na matriz energética nacional. Assim, atualmente, todo o óleo diesel veicular comercializado ao consumidor final possui biodiesel e é chamado de Diesel B. O marco regulatório que autoriza o uso comercial do biodiesel no Brasil considera também o potencial da produção para uma política de inclusão social envolvendo a agricultura familiar<sup>21</sup>. Para isso foi criado o Selo Combustível Social, que prevê redução dos impostos para os produtores de biodiesel que aderirem ao programa. A partir de 2010, os produtores de biodiesel devem adquirir da agricultura familiar matéria-prima com o Selo, em percentuais mínimos de 50%. Verificou-se, porém,

20. No processo de produção tradicional, na moagem é separado o caldo do bagaço, usado até agora na alimentação da caldeira (bioeletricidade).

21. Estima-se que em 2013 cerca de 100 mil famílias estavam envolvidas na produção do biodiesel.



grande dificuldade para a inclusão social da agricultura familiar do nordeste, devido a pouca organização dos produtores e baixo acesso a tecnologias e insumos de produção.

Na Tabela 15 são especificados os ganhos na redução das emissões com relação ao diesel fóssil e também os ganhos maiores, no caso de se aumentar a mistura para 7%, 10% e 20%.

Tabela 15

**Emissões gCO<sub>2</sub> e/MJ das várias misturas de diesel com biodiesel**

| Diesel fóssil brasileiro sem mistura | Diesel europeu | B5   | B7   | B10  | B20  |
|--------------------------------------|----------------|------|------|------|------|
| 85,2                                 | 83,8           | 82,1 | 80,8 | 79,0 | 72,8 |

Fonte: Consultoria Delta CO<sub>2</sub>, CENA/USP.

Tabela 16

**Venda de diesel B, produção biodiesel e participação nas importações (em litros)**

|      | Venda diesel B (em bilhões) | Produção biodiesel (em bi) | Participação nas importações de diesel fóssil nas vendas totais |
|------|-----------------------------|----------------------------|---|
| 2005 | 39,2                        | 736 milhões                | 6%  |
| 2007 | 41,6                        | 404.000 milhões            | 12%   |
| 2008 | 44,8                        | 1,17                       | 13%   |
| 2009 | 44,3                        | 1,6                        | 8%  |
| 2010 | 49,3                        | 2,4                        | 19%   |
| 2011 | 52,3                        | 2,7                        | 18%   |
| 2012 | 55,9                        | 2,7                        | 14%   |
| 2013 | 58,5                        | 2,9                        | 18%   |

Fonte: ANP/Abiove.

O B5 tornou o País o 2º maior produtor mundial, somente atrás dos EUA e à frente da Alemanha. A Tabela 16 mostra um rápido crescimento da produção de biodiesel, mas também o aumento das importações de diesel fóssil para suprir o consumo interno.

A falta de estratégia clara sobre o ritmo de expansão do biodiesel gerou uma situação contraditória. De um lado, 55% a 60% da capacidade instalada (sete bilhões de litros em 2013) ociosa e, de outro, um aumento expressivo da importação de diesel de 6%, em 2005, para 24% do consumo interno, em 2013. Importante lembrar inclusive a política de congelamento dos preços de derivados, que gerou um custo devido à diferença entre o preço importado e o preço do diesel para as refinarias.

## 2.6 Empregos no setor de bioenergia

Houve grande evolução dos empregos no setor sucroalcooleiro a partir de 2002, conforme pode ser observado na Tabela 17. Os empregos passaram de cerca de 353 mil para aproximadamente 635 mil, no período de 2002 a 2011, representando um aumento de 80%.

Tabela 17

**Evolução do emprego direto no setor sucroalcooleiro entre 2002 e 2011**

| 2002    | 2007    | 2011    |
|---------|---------|---------|
| 353 mil | 572 mil | 635 mil |

Fonte: ANP/Abiove.

Ao mesmo tempo, verificou-se significativa queda de trabalhadores envolvidos no corte de cana e, em contraste, houve aumento no número de trabalhadores empregados na indústria de etanol. Há ainda uma parte importante de trabalhadores empregados de forma temporária e clandestina nas safras, que não são incluídos nesses dados. Estudo do Merkestrat, divulgado em maio de 2014, calculou 613.235 postos de trabalho direto no setor sucroenergético referentes ao ano 2013, o que corresponde a 1,3% do total de empregos formais no Brasil. Considerando empregos sazonais no pico da colheita, esse número chega a quase 1 milhão (988.236).

A Tabela 18 mostra os números de empregos diretos e indiretos no setor de biodiesel no ano 2012.





Tabela 18

### Emprego no setor biodiesel dezembro 2012 (em mil)

| Direto | Indireto | Total  |
|--------|----------|--------|
| 13.628 | 68.140   | 81.768 |

Fonte: EPE/PDE (2013).

## 3 Novas energias renováveis

O Brasil se tornou referência para a energia renovável tradicional, a primeira geração de etanol e as grandes hidrelétricas. O termo *novas energias renováveis* entrou no debate para diferenciar as duas tradicionais fontes renováveis de energia: as grandes hidrelétricas e biocombustíveis da primeira geração, uma vez que estas últimas não apresentariam significativos potenciais de expansão em condições socioambientalmente desejáveis. Compõem o grupo de novas energias renováveis o vento (energia eólica), sol (energia solar), mar, a geotérmica (calor existente no interior da Terra), o esgoto, o lixo e dejetos de animais, entre outros. De certa forma, a bioenergia avançada, ou de segunda geração, também poderia ser incluída nesse grupo. Trata-se, em todos os casos, de um potencial de energia sustentável identificado, mas longe de ser explorado, que exige grandes investimentos e capacidade tecnológica para a sua exploração, ou seja, precisa de estratégias nacionais bem definidas.

### 3.1 Energia eólica

A grande surpresa no início da década de 2010 foi o deslanche da energia eólica. Eólicos chegaram a dominar os leilões em 2013, com 4,7 GW contratado, o que implica R\$ 21,2 bilhões em investimentos. Em 2012, o Brasil fez uma revolução silenciosa ao aumentar sua capacidade instalada de 1,43 GW (2011) para 2,56 GW em 2012, concluindo 40 novos parques e chegando ao total de 108, que aumentou para 115 no final de 2013. A capacidade de produção de energia eólica deve dobrar em cinco anos, para chegar a 14 mil MW instalada em 2018 (EPE, 2013).

Houve, de fato, uma mudança de paradigma: a energia eólica deixou de ser marginal e conquistou

papel de destaque como uma das fontes complementares à energia hídrica (ao lado das termoelétricas a gás, carvão e óleo e da energia nuclear). A desconfiança estava ligada ao fato de a energia eólica ser também (como a própria hídrica) imprevisível e intermitente. Dois fatos relativizaram essa percepção: 1) por coincidência, a variação temporal do vento é o espelho da hidrelétrica, ou seja: em tese, quando chove pouco nas regiões nas quais se concentram as principais hidroelétricas, venta muito nos principais parques eólicos. 2) a tecnologia se desenvolve rápido, o que possibilitou o aumento da utilização da capacidade instalada. Tudo indica, portanto, que a participação na matriz energética pode aumentar de 0,8%, em 2011, para 4,4%, em 2014, e 7%, em 2020. As áreas de geração se concentram no nordeste: litoral do Ceará, Rio Grande do Norte e sudeste da Bahia; e no sul: litoral do Rio Grande do Sul.

Já em 2001, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel) fez um levantamento do potencial do Brasil, considerando a utilização de turbinas no que, na época, era o estado da arte mundial, com torres de 50 metros de altura. Chegou-se a um valor de capacidade instalável de 143GW, do qual metade ficava na região nordeste. Não se considerou o potencial dos ventos na plataforma continental do vasto litoral brasileiro<sup>22</sup>. Levando em consideração a disponibilidade de tecnologias para torres de 100 metros de altura, estima-se que o valor mencionado pode mais que dobrar<sup>23</sup> e deve se situar entre 250 GW e 300GW<sup>24</sup>, considerando o estágio de desenvolvimento tecnológico no âmbito mundial em 2014. Ou seja, o Brasil estaria em 2014 aproveitando 1% do seu potencial.

Há potencial também para geração de emprego. Um estudo de 2012 sobre o assunto mostra poten-

22. Estes projetos apresentam maior volume específico de energia elétrica gerada ao se beneficiarem da constância dos regimes de vento no oceano.

23. <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/energia-eolica-apresenta-altas-taxas-de-crescimento>.

24. Segundo o presidente do EPE, Maurício Tolmasquim, o potencial eólico “pode chegar a 300 GW, ou seja o equivalente a geração de 20 hidrelétricas de Itaipu” (Fiesp, 2013).



cial novo, acumulado entre 2010 e 2020, de 280.179 empregos diretos (Simas, 2012), por meio de uma matriz de insumo. Um grande desafio diz respeito à capacidade tecnológica endógena. O problema é a inexistência de fornecedores locais dos principais componentes, subcomponentes e de peças necessárias à nacionalização. Esta deficiência é ainda maior para os componentes inovadores que tendem, portanto, a serem importados. Tudo depende de estímulo à inovação. Trata-se de uma indústria nascente que precisa de fortes incentivos e P&D, para alcançar a escala que lhe permita concorrer internacionalmente. Novamente, nota-se um *trade-off* entre as vantagens de curto prazo e a necessidade de garantir a instalação de capacidade produtiva-tecnológica no país. Reconhecendo esse problema, o BNDES criou o programa de nacionalização e industrialização progressiva 2012-2015. Um dos desafios é garantir escala de produção. Há de se lembrar, nesse aspecto, o potencial dos mercados dos demais países da América do Sul e a demanda que isso pode gerar para equipamentos eólicos produzidos no Brasil. Outra área de inovação estratégica é o desenvolvimento de redes elétricas inteligentes (*smart grids*) para superar limites técnicos da expansão ligados à natureza intermitente dos ventos, que exigem esforço para evitar ocorrência de distúrbios na tensão da rede (gestão do fluxo).

### 3.2 Energia solar

Até 2014 a situação da energia solar era comparável à situação em que se encontrava a eólica antes de 2011: a sua subutilização era justificada pela falta de competitividade nos leilões, ou seja, seu preço alto, sem uma estratégia para forçar uma mudança nesse quadro. Isso implicaria investimentos pesados em P&D e estímulo em curto prazo para dar ao setor a possibilidade de alcançar escala e passar por curvas de aprendizagem, para somente então poder baixar os custos.

A participação solar na capacidade instalada da rede elétrica no Brasil, em 31/12/2012, de 118.393 MW total, era irrisória: 1 MW (EPE, 2013). Estima-se que o Brasil possua atualmente cerca de 20MW de capacidade de geração solar fotovoltaica instalada, portanto, 95% fora da rede elétrica.

O próprio PDE 2022 afirma que a energia solar no território brasileiro teria “elevado potencial para sua conversão em energia elétrica”, com irradiação global média anual entre 1.200 e 2.400 kWh/m<sup>2</sup>/ano, bem superior à realidade da Alemanha e Espanha, onde esses valores variam, respectivamente, nas faixas 900-1.250 e 1.200-1.850 kWh/m<sup>2</sup>/ano.

Mais recentemente, o mercado de equipamentos para captação e transformação de energia solar para habitações de interesse social está tendo forte impulso, graças a duas iniciativas. A primeira delas é a instalação de sistemas de aquecimento solar como ferramenta de gerenciamento pelo lado da demanda, por meio dos programas de eficiência energética das empresas do setor elétrico. A segunda é a introdução dos sistemas como equipamentos padrão nos projetos do programa de habitação popular Minha Casa Minha Vida (MCMV). De fato, há uma perspectiva de crescimento na utilização de sistemas de aquecimento solar, impulsionadas principalmente pelo Programa MCMV, com instalações em mais de dois milhões de residências entre 2011 e 2014. Outro exemplo positivo foi a decisão de usar energia solar como fonte para os novos estádios construídos para a Copa 2014. Foram instalados módulos fotovoltaicos de silício nas coberturas e/ou nos entornos de arenas, chegando, em alguns casos, a garantir 30% da necessidade de energia.

Por enquanto, a grande maioria dos módulos fotovoltaicos existentes no Brasil é fabricada no exterior. O destaque é para a China, que se tornou líder na produção de módulos fotovoltaicos e produz a maioria das placas importadas no Brasil.

É necessária uma estratégia para desenvolver o mercado de energia solar no País, para alcançar ganhos de escala e, com isso, viabilizar uma redução mais significativa dos custos de produção. Isto permitiria ao Brasil, inclusive, participar em alguma etapa da cadeia da indústria de alto valor agregado no âmbito mundial. Em meados de 2014, o governo finalmente anunciou planos para organizar de forma contínua leilões para a contratação de energia solar. O EPE prevê contratação de 3500 MW da capacidade instalada de energia solar entre 2014 e 2018.



## Considerações Finais

A matriz energética relativamente mais limpa, o consumo per capita relativamente baixo e o fato de o Brasil ser um exemplo sem precedentes de país que alcançou redução drástica de emissão de GEE são fatores que podem desestimular a reflexão crítica. Corre-se o risco de não incentivar a identificação e o aproveitamento de potenciais para ulteriores avanços rumo a uma economia de baixo carbono.

Tanto o não reconhecimento dos avanços realizados quanto a acomodação diante da comparação internacional, dificultam a priorização de ações concretas para que o Brasil possa, de fato, consolidar e reafirmar sua posição de liderança na luta global pela economia de baixo carbono.

Com a queda do desmatamento, houve uma mudança qualitativa na estrutura de emissões de GEE. A energia, que estava em segundo plano, agora aparece como uma das principais áreas, ao lado da agricultura, que exigem políticas específicas e debates públicos.

Não há, em princípio, nenhuma contradição inerente entre a exploração das riquezas do pré-sal e o compromisso com a economia de baixo carbono. Isso depende do gerenciamento das riquezas e das estratégias de exploração e produção. O que existe é o risco e a necessidade de evitar que o pré-sal venha a sujar a matriz energética brasileira.

O debate a respeito da necessidade de adaptar a estratégia de expansão do setor elétrico existiria independentemente dos problemas climáticos verificados nos primeiros meses de 2014. Isto porque existem limitações à expansão hidrelétrica, pela questão socioambiental.

O gás natural, embora seja também fóssil, é superior às demais fontes fósseis ao possibilitar maior eficiência e significativa redução de emissões de GEE. Há uma nova realidade no mercado de gás natural no Brasil, devido à perspectiva de grande aumento da produção interna nos próximos anos, o que possibilita repensar o papel do gás natural na matriz energética brasileira (como fonte para as térmicas, o transporte e a indústria). Diante disso, o aumento do uso do gás natural em detrimento das

demais fontes fósseis deve fazer parte da estratégia rumo a uma economia de baixo carbono. Há de se evitar, porém, que o aumento da disponibilidade de gás natural se dê em detrimento do uso e dos investimentos em fontes renováveis.

O governo brasileiro suspendeu, pós Fukushima (2011), seus planos para apostar pesadamente na energia nuclear, com exceção de Angra 3, o que, com o estágio atual da tecnologia nuclear, e considerando as alternativas das quais o Brasil dispõe, é a decisão certa. Os investimentos em Angra 3 são, de outro lado, importantes, porque permitem ao Brasil ter domínio e acompanhar o desenvolvimento da tecnologia nuclear. Não devemos descartar definitivamente que se trata de uma rota tecnológica que, no futuro, pode contribuir com soluções para a oferta de energia.

Reconhecer a grande contribuição do etanol para garantir uma matriz energética mais limpa não implica em negar os efeitos ambientais e sociais negativos, mas eles podem ser minimizados por meio de rigorosa regulação e fiscalização a partir do Zoneamento AgroEcológico (ZAE) da cana-de-açúcar, em vigor desde 2009.

A crise no setor de etanol atrasou investimentos necessários para avançar na produção da 2ª geração, chamada também de etanol de celulose. É preciso, portanto, uma política abrangente para revigorar o setor a partir da reconfirmação da prioridade do etanol na matriz energética, uma política tributária de apoio à produção de etanol e sobre a compra de bens de capital para cogeração/ bioeletricidade. Diante de todos esses desafios, é oportuno pensar em uma lei específica que possa ordenar o setor, além de rever o marco tributário.

Há grande potencial para ampliar significativamente o uso de biodiesel em detrimento do diesel de origem fóssil, o que implicaria ganhos ambientais e dispensaria as custosas importações de diesel. Além disso, haveriam boas chances para a geração de emprego e o fortalecimento da agricultura familiar. Para que o Brasil aproveite o potencial de biodiesel é preciso criar uma estratégia abrangente, que envolva desde investimento em matéria-prima até a tecnologia para aperfeiçoar o motor de cami-



nhões, possibilitando o uso deste combustível com mandato superior ao atual, de 7%.

Há de se reconhecer um salto expressivo na capacidade instalada de energia eólica em 2012, quando o Brasil aumentou sua capacidade instalada de 1,43GW para 2,56GW. A comparação com outros países com grande potencial eólico mostra ainda uma diferença de escala muito grande: a China, com capacidade instalada de 62,3GW, os EUA, com 47GW, e a Alemanha, com 29GW. O potencial no Brasil é estimado entre 250 e 300GW. Ou seja, com o grande salto em 2012, o Brasil chegou a explorar 1% de seu potencial.

Para garantir continuidade na expansão de energia eólica é preciso uma estratégia abrangente, envolvendo políticas tributárias e condições de financiamentos que garantam a expansão das empresas com a instalação de base produtivo-tecnológica. E ainda há o desafio de planejar a incorporação do potencial eólico na rede elétrica, considerando suas características específicas. Os investimentos tecnológicos devem preparar também a exploração do potencial de eólica *off-shore*. Os ganhos, em termos ambientais e de geração de empregos, serão muito grandes.

Há uma clara subutilização do grande potencial de energia solar justificada pela falta de competitividade nos leilões, ou seja, preço alto sem estratégia para forçar mudanças nesse quadro, com estímulos para deslanchar o setor e alcançar economias de escala e investimentos pesados em pesquisa e desenvolvimento. Leilões específicos poderão ser um aspecto importante para estimular a expansão da energia solar no Brasil, dando segurança para a implantação de fábricas de módulos fotovoltaicos, fortalecendo assim a cadeia produtiva com geração de emprego e capacidade endógena.

O setor de transportes se tornou um dos maiores responsáveis pelas emissões GEE no Brasil, seguindo o padrão de emissões globais. Assim, também oferece as maiores oportunidades para ações de mitigação. O desafio é enfrentar a herança da concentração do transporte de carga nos rodoviários, uma realidade consolidada desde a década de 1950. Há uma subutilização do transporte hidroviário e do potencial de transporte de carga por meio da cabotagem.

O Brasil apostou em mecanismos voluntários para estimular as montadoras a investir em mais eficiência e menos poluição, enquanto a experiência europeia demonstrou necessidade de tornar as metas obrigatórias. Nisso, normas técnicas e investimento em tecnologia para mitigar as emissões de gases de efeito estufa serão cruciais, e não há razão para o Brasil não se pautar pelas normas mais avançadas do mundo. Entre as prioridades deve estar o aumento da eficiência do motor flex-fuel.

Outro problema a ser enfrentado é que o preço de mercado não reflete os ganhos das externalidades positivas. Isso gera o risco de sobreinvestimentos em energias fósseis e subinvestimento em energias renováveis. Os GEE devem ser vistos como uma externalidade negativa. Sem impor um custo à emissão de GEE, qualquer iniciativa de mitigação fica comprometida. Tributação do uso de carbono pode cumprir esse papel.

É essencial que o Brasil domine a cadeia produtiva das fontes de energia renovável, eólica, solar, da segunda geração de biocombustíveis e use parcerias internacionais para criar capacidade endógena, a exemplo do que a Petrobras fez e está fazendo na área de exploração e produção de petróleo em águas profundas e ultra-profundas. Deve-se evitar o risco de uma nova dependência tecnológica.



## Referências bibliográficas

- Abrava. *A lei solar em São Paulo*. São Paulo, 2009.
- Assunção, J; Gandour, C.C.; Rocha, R. *A queda do desmatamento na Amazônia brasileira: preços ou políticas?* Climate Policy Initiative. PUC-RJ, janeiro 2012.
- Bermann, Célio. *Energia no Brasil: para que? Para quem?* São Paulo: Editora Livraria da Física, 2002.
- Calou, Silvia Maria. *Energia e Mudanças Climáticas: otimismo e ameaças no fronte brasileiro*. In: Motta, Ronaldo Seroa & ea (Org). *Mudança do Clima no Brasil*, IPEA, 2011.
- Cepel. *Atlas do potencial eólico brasileiro*. Brasília, 2001
- Confederação Nacional da Indústria (CNI). *Relatório Infraestrutura*, novembro 2013.
- \_\_\_\_\_. *Energia e competitividade na era do baixo carbono*. SPR/CNI, julho 2010
- Embrapa. *Mitigação das Emissões de Gases de Efeito Estufa pelo Uso do Etanol de Cana-de-Açúcar produzido no Brasil*. Circular Técnica nº 27. Serópedica. RJ, Brasil, 2009.
- EPE. *Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira*. Rio de Janeiro, maio de 2012.
- Fiesp. *Estratégia de potencial socioeconômico pleno para o Brasil*. São Paulo, 2013.
- Governo Federal. *Plano Setorial de Transportes e Mobilidade Urbana*. Brasília, 2012.
- \_\_\_\_\_. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima*. Brasília, dezembro 2008.
- Greenpeace/ Centro de Estudos Integrados sobre meio ambiente e mudanças climáticas. *Eficiência Energética e Emissões de Gases de Efeito Estufa*. Abril 2014.
- \_\_\_\_\_. *Horizonte Renovável*. São Paulo, 2013.
- \_\_\_\_\_. *(R)evolução energética – a caminho do desenvolvimento limpo*. Cenário brasileiro 2013.
- \_\_\_\_\_. Greenpeace. *Cortina de fumaça. As emissões de gases estufa e outros impactos da energia nuclear*. São Paulo, 2008.
- IEA. *Internacional Energy Outlook 2013*. Paris, 2013.
- \_\_\_\_\_. *Redrawing the Energy-Climate Map*. WEO Special Report. Paris, 2013.
- IPAM. *Pegada de carbono dos gastos tributários*. Outubro 2013.
- IRENA. *Renewable Energy and Jobs*. Annual Review. Abu Dhabi, 2014.
- Melo, Elbia. *Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade*. *Estudos Avançados* 27 (77), 2013.
- MCTI. *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil*. Brasília, 2013.
- \_\_\_\_\_. *Segundo Inventário Brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa*. Brasília, 2010.
- Ministério das Cidades/ Ministério dos Transportes. *Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade urbana para mitigação e adaptação à mudança do clima (PSTM)*. Brasília, 2013.
- Miranda, Mariana M. *Fator de emissão de gases de efeito estufa da geração de energia elétrica no Brasil*. Dissertação. USP/São Carlos, 2012.
- MMA. *Primeiro inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários*. Brasília, 2011.
- MME/EPE. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2022*. Brasília, 2013.
- \_\_\_\_\_. *Balanco Energético Nacional*. Rio de Janeiro, 2013.
- MME. *Balanco Energético Nacional 2014*.



\_\_\_\_\_. *Relatório de Atividades do Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) 2009-2010*. Brasília, 2011.

\_\_\_\_\_. *Plano Nacional de Eficiência Energética: premissas e diretrizes básicas*. Brasília, 2011.

\_\_\_\_\_. *Relatório de Atividades do Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) 2002-2008*. Brasília, 2009.

MT. *Plano Nacional de Logística e Transporte. Reavaliação de estimativas e metas. Relatório Final*. Brasília, setembro 2012.

Nogueira, Luiz Augusto Horta. *Promovendo a eficiência energética nos automóveis brasileiros. Relatório para o CONPET*. Junho de 2005.

Petrobras. *Plano Estratégico 2030*. Rio de Janeiro, 2014.

Simas, M; Pacca, Sergio. *Energia Eólica, geração de emprego e desenvolvimento sustentável*. Estudos Avançados, Vol 27/ no 77, 2013

Simas, M. *Energia Eólica e o desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz de insumo produto ampliada, 2012*. FEA/USP, Dissertação de mestrado.

Sousa, E. L; Macedo, I.C. *Etanol e biodiversidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética*. São Paulo: Única, 2009.

Tolmasquim, Mauricio T; Guerreiro, Amilcar E; Gorini, Ricardo. *Matriz Energética Brasileira*. *Novos Estudos* 79, novembro 2007.

World Resource Institute (WRI). *Climate Analysis Indicators*. Washington: WRI, 2010.



## Autor

**Giorgio Romano Schutte** é professor de Relações Internacionais e Economia da Universidade Federal do ABC (UFABC), vice-coordenador do Núcleo Estratégico de Estudos sobre Desenvolvimento, Democracia e Sustentabilidade (NEEDDS). O autor agradece a colaboração da Louise Nakagawa e os comentários de Tina Hennecken, Gonzalo Berron, Gustavo Codas e Igor Fuser.

Este estudo foi elaborado no âmbito do Projeto de Pesquisa do CNPq, *A América do Sul na agenda da política externa brasileira: ação prioritária ou instrumental?*, aprovado no Edital MCTI/CNPq, nº 14/2013.

## Responsável

Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) Brasil  
Av. Paulista, 2011 - 13º andar, conj. 1313  
01311 -931 | São Paulo | SP | Brasil  
[www.fes.org.br](http://www.fes.org.br)

### **Friedrich-Ebert-Stiftung (FES)**

A Fundação Friedrich Ebert é uma instituição alemã sem fins lucrativos, fundada em 1925. Leva o nome de Friedrich Ebert, primeiro presidente democraticamente eleito da Alemanha, e está comprometida com o ideário da Democracia Social. Realiza atividades na Alemanha e no exterior, através de programas de formação política e de cooperação internacional. A FES conta com 18 escritórios na América Latina e organiza atividades em Cuba, Haiti e Paraguai, implementadas pelos escritórios dos países vizinhos.

As opiniões expressas nesta publicação não necessariamente refletem as da Fundação Friedrich Ebert.

O uso comercial dos meios publicados pela Fundação Friedrich Ebert não é permitido sem a autorização por escrito.

ISBN 978-85-99138-40-3

