

**ENERGIA**



# **Abatimento das emissões relacionadas à produção e ao uso da energia no Brasil até 2020**

---

Versão 01. Preliminar  
05.10.2010

Esta nota técnica foi elaborada de forma a embasar, no que tange ao consumo e à produção de energia, a proposta brasileira de redução voluntária das emissões antrópicas de gases do efeito estufa até 2020

**PRELIMINAR**

PRELIMINAR

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com opção frente e verso – "double sided")

## Conteúdo

<b>Conteúdo</b> .....	<b>3</b>
<b>Equipe técnica</b> .....	<b>3</b>
<b>Lista de abreviaturas utilizadas</b> .....	<b>5</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>6</b>
<b>Meta de emissões para 2020</b> .....	<b>8</b>
Hipóteses básicas.....	8
Intensidade das emissões.....	8
Meta de emissões em 2020.....	9
<b>Políticas e medidas para atingimento da meta</b> .....	<b>11</b>
Considerações iniciais.....	11
As medidas de mitigação de emissões.....	12
<b>Contribuição de cada medidas para o atingimento da meta</b> .....	<b>14</b>
Aspectos metodológicos.....	14
Biocombustíveis.....	15
Expansão hidrelétrica.....	17
Fontes renováveis alternativas.....	18
Eficiência energética.....	19
<b>Considerações finais</b> .....	<b>22</b>
<b>Referências</b> .....	<b>24</b>

## Equipe técnica

### Coordenação técnica e executiva

Maurício Tomim Tomassim

Amílcar Guerreiro

Integraram a equipe técnica que participou da elaboração deste trabalho os seguintes analistas de pesquisa energética e assessores técnicos da EPE:

José Manoel David

Jeferson Borghetti Soares

Marcos Ribeiro Conde

Frederico Venturim

Ângela Oliveira da Costa

**Este trabalho deve ser citado assim:**

Tomasquin, M.T. e Guerreiro, A., 2010. Abatimentos das emissões relacionadas à produção e ao uso da energia no Brasil até 2020. [Empresa de Pesquisa Energética, EPE]. Rio de Janeiro.

PRELIMINAR

## Lista de abreviaturas utilizadas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BEN	Balanco Energético Nacional
BEU	Balanco de Energia Útil
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
CAIT	Climate Analysis Indicators Tool
COMPET Natural	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
COP	Conference of the Parties of the UNFCCC
CO <sub>2</sub>	gás carbônico (dióxido de carbono)
ELETRONAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	gases causadores do efeito estufa
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPOC	Inter-governmental Panel on Climate Change
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio Exterior
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MTCO <sub>2</sub> eq	milhões de toneladas de CO <sub>2</sub> equivalentes
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PCH	pequenas centrais hidroelétricas
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PIB	Produto Interno Bruto
PNE 2030	Plano Nacional de Energia 2030
PNMC	Plano Nacional sobre Mudanças Climáticas
PPP	purchasing power parity
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROESCO	Programa de financiamento de ações de eficiência energética
PRONFA	Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SIN	Sistema Interligado Nacional
tep	toneladas equivalentes de petróleo
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WRI	World Resources Institute

## Introdução

As emissões antrópicas de GEE estão entre as principais causas das alterações climáticas. É imperioso, portanto, reduzi-las. No enfrentamento de tal necessidade, contudo, é relevante e justo que se observe o princípio de responsabilidade comum, porém diferenciada. Ou seja, todos os países são responsáveis por uma ação global na direção de mitigar as mudanças climáticas antrópicas, porém a contribuição de cada um deve ser diferenciada, respeitando-se as limitações e as realidades de cada país ou região.

Os países industrializados, especialmente os países listados no Anexo I do Protocolo de Kyoto, têm proposto reduzir as emissões de GEE na produção e no uso da energia em relação a certo ano escolhido como referência. A tendência, já na Convenção das Partes e particularmente no Protocolo de Kyoto, foi adotar as emissões no ano de 1990 como referência fixa. Mais recentemente, porém, talvez em razão de as metas antes estabelecidas não poderem mais ser alcançadas, há exemplos de países que renovam suas metas definindo, de forma pragmática, um ano mais recente como referência. Por exemplo, a nova meta poderá ser reduzir em certo percentual as emissões que ocorreram no ano 2005.

A abordagem da questão das emissões de GEE pela qual se define uma referência fixa não se aplica diretamente ao caso dos países emergentes, em geral, e ao caso brasileiro, em particular. Diferentemente do conjunto dos países relacionados no Anexo I do Protocolo de Kyoto, a produção e o uso da energia no Brasil são responsáveis por apenas 16,5% das emissões totais do país, conforme o inventário de emissões e remoções antrópicas de GEE divulgado pelo MCT. Nesses países esta proporção é muito mais alta, da ordem de 84% conforme dados do WRI.

Ainda de acordo com o WRI, a produção e o uso da energia é responsável, na média mundial, por 65% das emissões e remoções antrópicas de GEE. Na União Europeia (27), este índice sobe para 79% e nos Estados Unidos para 89%. Mesmo países emergentes apresentam proporções elevadas, acima da média mundial. É o caso da Índia, com 67%, China, com 74% e Rússia, com 87% (dados referentes ao ano de 2005, extraídos de <<http://cait.wri.org>>, acesso em setembro de 2010).

Além disso, o índice de emissões por unidade de energia consumida no Brasil é dos mais baixos do mundo, seja, por um lado, pela elevada participação de energia renovável na matriz energética nacional, seja, por outro lado, pelo estágio de desenvolvimento econômico do país.

Este último aspecto sugere que, em um cenário de crescimento econômico, de erradicação da pobreza e de redução das desigualdades sociais, seja esperada e mesmo justificada um aumento das emissões em razão de uma maior produção e de um maior uso da energia, ainda que se admitam avanços importantes no campo da eficiência energética. Não por acaso, "as tendências atuais das negociações internacionais são no sentido de (...) redução



de emissões dos países emergentes em relação à tendência atual” (Meira Filho e Macosb, 2009) e não a uma referência fixa.

Assim sendo, a questão é remetida para uma discussão de cenários possíveis tanto para a evolução da produção e do uso da energia quanto para as emissões de GEE. Este trabalho documenta a discussão desses cenários tendo como horizonte o ano 2020 e como objetivo embasar, no que tange ao consumo e à produção de energia, a proposta brasileira de redução voluntária das emissões de GEE até esse ano, consolidada na comunicação do Brasil UNFCCC de dezembro de 2009 e na Lei nº 12.187/09.

Nessas condições, são apresentados dois cenários, definidos aqui como referencial e de estabilização. O cenário de estabilização é reconhecido como um cenário de mitigação ou intervenção na classificação do IPCC (Fisher et alii, 2007) caso atenda às seguintes condições:

- incorpore meta específica de emissões de CO<sub>2</sub>-equivalente;
- compreenda, explícita e implicitamente, políticas e medidas no sentido de viabilizar o atingimento da meta específica de emissões de GEE;

Como se verá adiante, o cenário de expansão da oferta de energia no Brasil, considerado no PDE, assim como em outros estudos do gênero elaborados pela EPE no exercício de sua atribuição institucional de dar suporte ao planejamento energético brasileiro, constitui um cenário de estabilização, na medida em que atende ambas as condições acima relacionadas.

O cenário de expansão da oferta de energia do PDE se enquadra ainda nas regras específicas estabelecidas pela Junta Executiva do MDL (UNFCCC, 2005) que, aplicadas ao caso, caracterizam-no como uma “Política E-”. Isso significa que o cenário do PDE não deve ser considerado como linha de base. Com efeito, no caso de uma “Política E-”, “o cenário de linha de base pode referir-se a uma situação hipotética sem a existência da política nacional/setorial ou regulação<sup>2</sup>”.

A questão que se coloca então é quantificar as emissões que serão evitadas e que podem ser atribuídas às políticas e medidas que, explícita ou implicitamente, estão compreendidas no cenário de expansão da oferta do PDE estejam elas em curso ou simplesmente indicadas, ou seja, que poderão ou deverão ser implementadas na medida da execução do plano.

<sup>1</sup> Na Comunicação UNFCCC, o Brasil assume uma meta voluntária de redução das emissões projetadas para 2020 e a lei define os elementos da política nacional do clima reconhecendo as Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (NAMA) propostas pelo país, entre as quais se inserem as medidas discutidas neste trabalho. Em termos quantitativos, a Lei nº 12.187 estabelece, em seu art. 12, que “para alcançar os objetivos da PNMC [Política Nacional sobre Mudança do Clima], o País adotará, como compromisso nacional voluntário, ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas em reduzir entre 36,1% (trinta e seis inteiros e um décimo por cento) e 38,9% (trinta e oito inteiros e nove décimos por cento) suas emissões projetadas até 2020”.

<sup>2</sup> Do texto original: “the baseline scenario could refer to a hypothetical situation without the national and/or sectoral policies or regulations being in place”.

## Meta de emissões para 2020

### Hipóteses básicas

A evolução das emissões decorrentes da produção e do uso da energia é função do crescimento demográfico, da renda per capita, de mudanças na intensidade energética. Essa relação é dada pela "identidade de Kaya", pela qual se decompõe a expressão analítica das emissões como segue:

$$GEE = POP \times \frac{PIB}{POP} \times \frac{GEE}{PIB}$$

onde GEE indica as emissões de gases de efeito estufa, PIB o produto interno bruto e POP a população.

Dada essa relação, cenários de emissões podem ser caracterizados ou representados com base em estimativa da população, do crescimento econômico e do desenvolvimento da intensidade das emissões (Fisher, B.S. et alii, 2007). Para efeito deste trabalho, as seguintes hipóteses básicas foram adotadas:

- *crescimento demográfico*: o mesmo cenário adotado nos estudos do PDE 2020 em andamento assim como na revisão do PNE 2030, consolidados na Nota Técnica DEA 03/09 (EPE 2009);
- *crescimento econômico*: expansão de 7% em 2010 e de 5% ao ano, em média, entre 2011 e 2020.

Nessas condições, em termos quantitativos, o cenário considerado para o crescimento demográfico e da economia no Brasil é o que se apresenta na Tabela 1, restando por definir as premissas para evolução da intensidade das emissões.

**Tabela 1.** Cenário de crescimento econômico e demográfico brasileiro

	2009	2010	2020
PIB, R\$ bi [2009]	3.143,0 (*)	3.363,0	5.478,0
População (10 <sup>8</sup> hab)	192,4	194,1	207,7
PIB per capita (R\$/hab)	16.335	17.325	26.375

(\*) PIB 2009 conforme <<http://www.ipeadata.gov.br>>

### Intensidade das emissões

De acordo com os resultados preliminares do inventário de emissões elaborado pelo MCT, as emissões de GEE decorrentes da produção e do uso da energia no Brasil somaram 256,4 MtCO<sub>2</sub>eq em 1994 e cresceram para 362,0 MtCO<sub>2</sub>eq em 2005 (MCT, 2009). Considerando os dados do PIB disponíveis no site do IPEA, verifica-se que a intensidade das emissões cresceu no período desde 1994 até 2005, conforme indicado na Tabela 2.

<sup>3</sup> <<http://www.ipeadata.gov.br>>, acesso em setembro de 2010.

**Tabela 2.** Emissões brasileiras de GEE devidas à produção e ao uso da energia

	1994	2005
Emissões, MtCO <sub>2</sub> eq	256,4	362,0
PIB, R\$ bi [2009]	2.052,2	2.715,6
GEE/PIB, kgCO <sub>2</sub> eq/10 <sup>9</sup> R\$	124,9	133,3

Nesse período, a economia esteve estabilizada do ponto de vista macroeconômico, apresentando crescimento contínuo a uma taxa média em torno de 2,6% ao ano. As emissões de GEE devidas à produção e ao uso de energia subiram no período. Ainda assim, o Brasil apresenta reduzida intensidade de emissões, mesmo na comparação com outros países emergentes. Entre os BRICs<sup>4</sup>, é onde este indicador é menor. Na Índia, na Rússia e na China a intensidade das emissões decorrentes da produção e uso da energia é de duas a mais de quatro vezes a do Brasil.

No que tange ao consumo e à produção de energia, o Brasil apresenta também baixa emissão per capita de GEE. É de tal forma baixa a emissão per capita que, considerando apenas a dimensão energética, pode-se afirmar que cada brasileiro é em média responsável por uma emissão cerca de dez vezes menor que cada norte-americano e quatro vezes menor que cada europeu<sup>5</sup>.

Além disso, em termos de emissões, a matriz energética brasileira é uma das mais "limpas" do mundo. Em 2009, as fontes renováveis representaram 47,3% de toda a oferta interna de energia, enquanto essa proporção na matriz energética mundial, em 2008, foi de 13,9% e, considerando os países industrializados mais ricos, que compõem a OCDE, foi, em 2009, de apenas 7,6% (IEA, 2010).

Uma análise prospectiva sugere, pois, que a tendência de evolução da intensidade das emissões de GEE decorrentes da produção e do uso da energia no Brasil seja de permanecer seguindo uma trajetória ascendente nos próximos anos. Afinal, por um lado, é muito baixo o consumo per capita de energia brasileiro. Por outro, o país já ostenta uma matriz energética com elevada participação de renováveis.

### Meta de emissões em 2020

Neste contexto, um cenário que combine desenvolvimento econômico e redução da pobreza tende a exercer pressão por aumento no consumo de energia e, por conseguinte, no volume de emissões de GEE, caso não sejam adotadas políticas e ações específicas em sentido contrário.

<sup>4</sup> Sigla que indica a consideração de um grupo dos quatro países tidos como as principais economias emergentes: "B" de Brasil, "R" de Rússia, "I" de Índia e "C" de China.

<sup>5</sup> De acordo com o WRI, considerando exclusivamente a produção e o uso da energia, a intensidade de emissões dos BRICs em 2005, expressa em kgCO<sub>2</sub> eq/10<sup>9</sup>US\$[2005], tendo em conta o PIB medido em termos do PPP, era: Brasil, 220; Índia, 467; China, 890 e Rússia, 953 (<<http://cait.wri.org>>, acesso em setembro de 2010).

<sup>6</sup> De acordo com o WRI, considerando somente a produção e o uso de energia, as emissões per capita dos Estados Unidos em 2005 foram de 20,5 tCO<sub>2</sub>, da União Europeia (27 países) 8,5 enquanto no Brasil este índice foi de 1,9 tCO<sub>2</sub>/hab (<<http://cait.wri.org>>, acesso em setembro de 2010).

O grande desafio brasileiro é, pois, evitar simultaneamente que este indicador cresça e que o setor energético se torne em um gargalo ao crescimento de sua economia de modo a que não se interrompa o processo de ascensão da população a melhores níveis de renda e de bem estar. Ou seja, um cenário de estabilização compreende necessariamente admitir a hipótese de, pelo menos, chegar em 2020 com a mesma intensidade de emissões verificada em 2005, ou seja,  $133,3 \text{ kgCO}_2\text{-eq/10R\$ [2009]}$ .

Considerando o exposto, vale dizer, admitindo-se as hipóteses básicas enunciadas e aplicando-se a “identidade de Kaya” pode-se estabelecer que, em 2020, as emissões brasileiras de GEE relacionadas à produção e ao uso da energia seriam limitadas a  $730 \text{ MtCO}_2\text{eq}$ . Ou seja, esse é valor limite das emissões correspondentes a um cenário de estabilização formulado com a meta de manter em 2020 a mesma intensidade de emissões de 2005.

## Políticas e medidas para atingimento da meta

### Considerações iniciais

Conforme já salientado anteriormente, o cenário de expansão da oferta de energia no Brasil formulado com a meta de manter em 2020 a mesma intensidade de emissões de 2005, ou seja, o cenário de estabilização de emissões no setor de energia é o consubstanciado no PDE, que tem abrangência compreensiva de todo o setor energético e contempla uma abordagem, por assim dizer, *bottom-up*, isto é, na medida em que é construído a partir da projeção do consumo de energia e da estratégia da expansão da oferta para atendê-lo.

Como é de amplo conhecimento, o PDE integra o processo de planejamento energético nacional, conduzido pelo MME com base nos estudos da EPE. Os planos decenais detalham para um horizonte de 10 anos as estratégias formuladas para o longo prazo cujo último estudo referencial disponível, no caso do setor de energia, é o PNE 2030 (EPE, 2007).

A edição mais recente do PDE, elaborada já considerando a meta definida na seção precedente é o PDE 2019 (EPE, 2010a), submetido à consulta pública em maio de 2010. A cada ano, as bases do PDE são regularmente revisadas. Presentemente, está em curso a preparação do PDE 2020.

Do lado da demanda, esses estudos examinam e projetam o consumo final de energia nos diferentes setores (residencial, industrial, comercial, agropecuario, transporte, serviços públicos e setor energético). Do lado da oferta pela própria natureza dos estudos, as projeções incorporam necessariamente efeitos de medidas mitigadoras de emissões, muitas delas com implementação já em curso, e todas elas resultantes de políticas governamentais específicas, consideradas, direta ou indiretamente, no Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

Como evidência disso, considere-se a atuação do BNDES, que, em um contexto como o brasileiro, no qual há insuficiência de fundos de longo prazo no mercado financeiro, assume papel fundamental na viabilização da expansão da oferta de energia (Lage de Sousa e Ottaviano, 2009). A partir de 2007, o BNDES introduziu alterações nas condições de financiamento que ofereceu ao setor de energia, priorizando claramente a geração hidroeétrica de grande porte, tendo em conta que esta opção enfrenta desvantagens estruturais em razão da intensidade em capital e dos longos períodos de construção e maturação do investimento que requer.

Essa ação caracteriza uma política que vai ao encontro do cenário de expansão proposto pelo PNE 2030 (EPE 2007), ratificado nas sucessivas edições dos planos decenais, em especial no PDE 2019 (EPE, 2010a) e no PDE 2020, ainda em elaboração, e sustentado nas ações definidas no PAC. Já como resultado prático dessas

<sup>7</sup> Conforme o *site* do MME, as contribuições ao PDE 2019 foram recebidas no período de 4 de maio a 2 de junho de 2010, nos seguintes endereços: rede mundial de computadores, [pde2019@mme.gov.br](mailto:pde2019@mme.gov.br) ou Ministério de Minas e Energia – MME, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético – SPE, Esplanada dos Ministérios, Bloco U, Sala 509, Brasília-DF, CEP 70.065-900.

<sup>8</sup> Em 2008, o BNDES avançou na política de fomento à expansão limpa da oferta de energia: reduziu o “spread” básico aplicado nos financiamentos de hidráulicas de grande porte para 0,5% e para outras fontes com baixa intensidade de emissões de GEE para 0,9% e aumentou para 1,8% a taxa praticada para termoeletricas a carvão e a óleo.

ações houve o equacionamento de projetos de geração hidroelétrica de grande porte, como Jirau e Santo Antônio, no rio Madeira, e Belo Monte, no rio Xingu, e também a significativa expansão de energia eólica decidida em certames específicos realizados em dezembro de 2009 e julho de 2010.

Outra evidência é o recente relatório publicado pelo Banco Mundial (De Gouvelo, 2010) no qual se reconhece que os planos brasileiros de expansão da oferta de energia já compreendem políticas e ações mitigadoras de emissões, isto é, já projetam baixas emissões. Na formulação de um cenário de baixo carbono para o Brasil, esse estudo do banco toma como referência o PNE 2030. Mas, diante do anúncio das metas voluntárias para redução das emissões pelo governo brasileiro na COP-15, o próprio banco admite que seu cenário difere dessas projeções porque sua referência já reflete o impacto positivo na redução das emissões devidas às políticas já consideradas no PNE 2030.

Dessa forma, pode-se afirmar que a expansão da oferta de energia no Brasil consubstanciada nos planos decenais de expansão compreende medidas mitigadoras das emissões de GEE. Ou seja, o cenário de emissões que emerge dos planos decenais de expansão de energia apresenta, pois, características de um cenário de estabilização até porque as medidas mitigadoras de emissões relacionadas estão, conforme já salientado, implícita ou explicitamente, nele internalizadas.

#### As medidas de mitigação de emissões

Entre as medidas mitigadoras de emissões que estão, implícita ou explicitamente, internalizadas no PDE, portanto no plano setorial de energia, destacam-se:

- estímulo a uma maior penetração de biocombustíveis – o etanol, em substituição à gasolina, e o biodiesel em substituição ao óleo diesel mineral (5% em volume);
- manutenção da estratégia de expandir a oferta de energia elétrica com base na energia hidráulica;
- estímulo a uma maior penetração de outras fontes renováveis de produção de energia elétrica especialmente pequenas centrais hidroelétricas, centrais eólicas e biomassa da cana;
- estímulo à eficiência energética, em particular na área de energia elétrica.

Note-se que, com exceção do estímulo à eficiência energética, todas essas medidas constituem políticas ou intervenções pelo lado da oferta o que significa que há ainda várias outras medidas mitigadoras que poderiam ser relacionadas em uma avaliação dos esforços de redução das emissões de GEE no uso da energia. É o caso, por exemplo, da proposta de incremento do uso do carvão vegetal renovável na siderurgia brasileira, que integra a Política de Desenvolvimento Produtivo e também o PNMC.

<sup>9</sup> Do texto original: "The reference scenario adopted in this study, the PNE 2030, differs from the emissions projections for the energy sector officially announced by the Brazilian Government in 2009 along with the voluntary commitment to reduce emissions, which are reflected in Law 12.187. The difference between the reference scenario defined in this study and the one established by the Brazilian government on the basis of past trends reflects the positive impact on emission reductions of the policies already adopted in the PNE 2030" (De Gouvelo, 2010)

Tomando por base os estudos em curso na EPE para elaboração do PDE 2020, utilizando os fatores de emissão recomendados pelos IPCC para cada fonte energética e considerando as hipóteses básicas de crescimento demográfico e econômico anteriormente apresentadas, estimase que, em 2020, as emissões totais relacionadas à produção e ao uso da energia atinjam 682 MtCO<sub>2</sub>eq, podendo ser assim discriminadas:

Consumo final energético (uso residencial, industrial, transportes, comercial, serviços públicos e agropecuária)	531 MtCO <sub>2</sub> eq (78%)
Consumo setor energético (exploração e produção de petróleo e refinarias)	60 MtCO <sub>2</sub> eq (9%)
Geração termelétrica (geração na rede e autoprodução)	50 MtCO <sub>2</sub> eq (7%)
Energia não aproveitada (emissões fugitivas; ex: queima de gás no "flare")	41 MtCO <sub>2</sub> eq (6%)

Essa projeção é inferior à meta estabelecida a partir da aplicação da "identidade de Kaya" (730 MtCO<sub>2</sub>eq), o que constitui mais um elemento a evidenciar que o cenário do plano decenal de expansão de energia é, efetivamente, um cenário de estabilização. Ou seja, as medidas mitigadoras que explícita ou implicitamente estão incorporadas nesse cenário evitam, de fato, uma certa quantidade de emissões de GEE. A questão que se coloca então é avaliar o montante dessas emissões evitadas e associá-lo a cada uma das medidas de mitigação que podem ser identificadas.

## Contribuição de cada medidas para o atingimento da meta

### Aspectos metodológicos

Para avaliar o efeito das medidas mitigadoras que estão explícita ou implicitamente consideradas no cenário de estabilização caracterizado na seção precedente, ou seja, o efeito das medidas cuja implantação corresponde às emissões evitadas ou ao abatimento de emissões que já estão incorporados nas projeções do plano setorial de energia, é necessário estabelecer uma referência.

Nessas situações “tem sido comum utilizar como referência uma linha de base, ou cenário *business-as-usual*, correspondendo ao que ocorreria sem que medidas fossem tomadas visando a redução de emissões. (...) Os cenários de linha de base, ou BAU, são hipotéticos, ou um contrafactual – cenário de futuro que poderia ocorrer, mas não ocorreu – e, portanto, não sujeitos à demonstração ou verificação objetiva. (...) A única forma de evitar esses problemas é adotar uma referência fixa e, portanto, mensurável” (Meira Filho e Macedo, 2009).

Nesse trabalho, os autores calculam a contribuição para a mudança do clima resultante do uso da gasolina e do etanol para o período entre 1990 e 2030. E o fazem mantendo “o volume de etanol já produzido em 1990 (11,8 Mm³) constante no período, com o consumo de combustível para motores do ciclo Otto sendo completado com gasolina até os valores de demanda real (1990 a 2008) e projetada (EPE 2007)” (entre 2008 e 2030). Contra esta referência é calculado o efeito do etanol, medido pelo consumo de etanol e gasolina (real, 1990 a 2008 projetado, 2008-2030)” (Meira Filho e Macedo, 2009).

Aqui, para quantificar o efeito das medidas que já estão explícita ou implicitamente consideradas na projeção das emissões de GEE em 2020, aplicouse a mesma metodologia utilizada por Gilvan Meira e Isaias Macedo na avaliação do caso do etanol. Grosso modo, o modelo conceitual aplicado nesta avaliação é o ilustrado pela Figura 1.

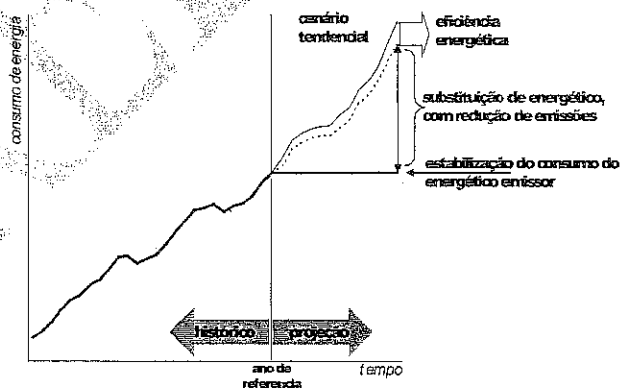


Figura 1. Modelo conceitual para avaliação das emissões evitadas no cenário de estabilização

No presente trabalho, a referência adotada para efeito de cálculo foi a situação existente no ano de 2009. A escolha desse ano como referência teve em conta o anúncio do governo brasileiro das metas voluntárias de abatimentos de emissões de GEE ter ocorrido nesse ano. Também é de 2009 a promulgação da Lei nº 12.187,



que, entre outras providências, instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima e convalidou as metas anunciadas em Copenhague (COP-15). Além disso, a escolha de 2009 permite que a avaliação dos efeitos das medidas de mitigação se refira basicamente aos anos de projeção, isto é, sem carregar efeitos do passado, afinal já incorporados à matriz energética.

## Biocombustíveis

### Etanol

De acordo com os resultados preliminares do BEN (EPE, 2010b), foram consumidos, em 2009, 41,9 bilhões de litros de combustíveis para motores do ciclo Otto (gasolina, etanol anidro – adicionado à gasolina “C” – e etanol hidratado). Tendo em conta a equivalência energética, 55% do consumo desses derivados referiram-se à gasolina conforme indicado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Consumo de gasolina e etanol no Brasil, 2009

	10 <sup>9</sup> litros	10 <sup>6</sup> tep	%
Gasolina “A”	19,1	14,7	55%
Etanol	22,8	11,8	45%
anidro	6,3	3,4	13%
hidratado	16,5	8,4	32%
<b>TOTAL</b>	<b>41,9</b>	<b>26,5</b>	<b>100%</b>

Fonte: EPE, 2010

Para o ano 2020, projeta-se, com base nos estudos em andamento do PDE 2020, que o consumo de gasolina e etanol possa atingir 55,7 milhões de tep, considerando o cenário de crescimento econômico anteriormente caracterizado (5% ao ano de expansão média do PIB a partir de 2011). Nesse cenário, há uma elevação expressiva da participação do etanol, especialmente em razão do avanço no uso do álcool hidratado por conta de expansão da frota de veículos *flex fuel* e da relação entre os preços deste combustível e da gasolina. Projeta-se mais do que triplicar o consumo de etanol em relação ao ano base, que passaria de 22,8 bilhões de litros em 2009 para 77,2 bilhões de litros em 2020. Nessas condições, o consumo de gasolina em 2020 seria de 20,5 bilhões de litros (ou 16,1 milhões de tep) e as emissões associadas são de 46,3 MtCO<sub>2</sub> eq.

Fixando-se referencialmente o consumo de álcool hidratado no valor verificado no ano de 2009 (a quantidade de álcool anidro irá variar porque está associada à quantidade de gasolina), pode-se calcular, conforme indicado na Tabela 4, que haveria, em 2020, um consumo de gasolina de 50,1 bilhões de litros (ou 38,6 milhões de tep). A esse volume correspondem, de acordo com os parâmetros do IPCC, emissões de 110,8 MtCO<sub>2</sub> eq.

**Tabela 4.** Consumo projetado de gasolina e etanol no Brasil, 2020

	Gasolina “A”	Etanol	TOTAL
--	--------------	--------	-------

		Anidro (*)	Hidratado	
<b>Cenário de estabilização (projeção com base no PDE)</b>				
10 <sup>9</sup> litros	20,9	6,8	70,4	98,1
10 <sup>6</sup> tep	16,1	3,7	35,9	55,6
%	29%	6%	65%	100%
<b>Cenário referencial</b>				
10 <sup>9</sup> litros	50,1	16,4	16,5	83,0
10 <sup>6</sup> tep	38,6	8,9	8,4	55,6
%	69%	16%	15%	100%

(\*) admitindo-se adição de 25% à gasolina "A", em volume.

Considerando as projeções do PDE (PDE 2020, em elaboração), o avanço na penetração do etanol limita o consumo de gasolina em 2020 a 20,9 bilhões de litros, equivalente a 16,1 milhões de tep. Ou seja, o consumo evitado de gasolina em 2020 é estimado em 29,2 bilhões de litros, equivalente a 22,4 milhões de tep, a que correspondem emissões evitadas de 64,4 MtCO<sub>2</sub> eq.

### **Biodiesel**

De acordo com o BEN (EPE, 2010b), foram consumidos, no ano de 2009, 45,5 bilhões de litros de diesel. Nesse ano, a quantidade obrigatória de biodiesel adicionado ao diesel evoluiu de 3% no primeiro semestre para 4% no segundo. Usando como *proxi* a produção de biodiesel B100 nesse ano (1,6 bilhão de litros, dados de ANP<sup>10</sup>), calcula-se que a proporção de biodiesel no volume total de diesel consumido tenha atingido 3,5% em 2009.

<sup>10</sup> Fonte: <<http://www.anp.gov.br>>, acesso em setembro de 2010.

Para o ano 2020, no cenário em questão, projeta-se, com base nos estudos do PDE 2020, um consumo total de diesel de 77,5 bilhões de litros. Considerando a mistura obrigatória de 5% de biodiesel no volume de diesel consumido no país<sup>11</sup>, o consumo de biodiesel nesse ano seria de 3,9 bilhões de litros. Nessas condições, as emissões associadas ao consumo de diesel mineral em 2020 (73,6 bilhões de litros) são de 191,6 MtCO<sub>2</sub>eq.

Fixando-se referencialmente o consumo de biodiesel no valor estimado para o ano de 2009, o consumo de diesel mineral em 2020 seria de 75,9 bilhões de litros, significando emissões de 197,6 MtCO<sub>2</sub>eq. Assim, o avanço na penetração do biodiesel evita, em 2020, emissões de 6,0 MtCO<sub>2</sub>eq.

### Expansão hidroelétrica

Em face do vasto potencial hidroelétrico de que dispõe, o Brasil tem tradicionalmente privilegiado a expansão da oferta de eletricidade com base na energia hidráulica. Contudo, diante das dificuldades que têm sido enfrentadas nos últimos anos no desenvolvimento dessa fonte, é real a perspectiva de que a geração hidroelétrica no Brasil perca gradativamente participação na oferta total de energia elétrica. Mudar essa tendência requer uma estratégia especificamente orientada para tal fim. Além das razões já apontadas anteriormente, como as iniciativas do BNDE oferecendo condições diferenciadas de financiamento, é lícito, portanto, que se considere esse esforço entre as medidas mitigadoras do aumento de emissões.

Em 2009, a proporção da geração hidroelétrica na geração total do SIN foi de 91% (ONS, 2010), conforme indicado na Tabela 5.

**Tabela 5.** Geração de energia elétrica no sistema interligado nacional, 2009

	TVh	%
Hidroelétricas (1)	414,5	90,6
Fontes alternativas (2)	15,8	3,5
Centrais nucleares	13,0	2,8
Termoelétricas convencionais (3)	14,2	3,1
<b>TOTAL</b>	<b>457,5</b>	<b>100,0</b>

(1) inclui a parcela paraguaia de Itaipu consumida no Brasil; (2) inclui biomassa, centrais eólicas e pequena geração não despachada centralizadamente (13,1 TWh); (3) gás natural, carvão mineral e derivados de petróleo. Fonte: ONS.

Para o ano 2020, projeta-se, com base nos estudos do PDE 2020 em andamento e no cenário de crescimento econômico de 5% ao ano a partir de 2011, uma geração total de 777,4 TWh no sistema interligado nacional. Nesse cenário, a geração hidráulica de grande porte atingiria 600,6 TWh, ou seja, 77,3% da geração total.

<sup>11</sup> Desde a promulgação da Lei nº 11.097/2005 é obrigatória a adição de biodiesel ao diesel. Essa lei estabeleceu como meta a adição na proporção de 5%. De acordo com a Resolução CNPE nº 06, de 16/09/2009, esta proporção é obrigatória desde janeiro de 2010.

O PDE indica um incremento de quase 40.000 MW na capacidade instalada em usinas hidroelétricas entre 2009 e 2020 (valores aproximados), conforme discriminado abaixo<sup>12</sup>:

- usinas do complexo do rio Madeira, 6.450 MW;
- usina de Belo Monte, 11.233 MW;
- usinas já licitadas, 5.502 MW;
- usinas do complexo do rio Tapajós (São Luiz e Jatobá), 8.400 MW (a licitar)
- outras usinas a licitar, 8.400 MW.

Aplicando-se o mesmo modelo conceitual com o qual foram avaliadas as emissões evitadas pela penetração de biocombustíveis, ou seja, se “congelada” a geração hidráulica do ano adotado como referência (2009), calcula-se que as emissões evitadas por toda a expansão hidroelétrica visualizada com base nos estudos do PDE sejam próximas de 84 MtCO<sub>2</sub>eq (o referencial de cálculo das emissões evitadas foi a geração térmica a gás natural), conforme indicado a seguir:

• Geração hidráulica em 2020 (projetada a partir do PDE 2009)	600,6 TWh (A)
• Geração hidráulica em 2009 (dados do ONS)	414,5 TWh (B)
• Geração térmica evitada em 2020 (A) - (B)	186,1 TWh
• Emissões evitadas (base térmica a gás natural)	83,6 MtCO <sub>2</sub> eq

#### Fontes renováveis alternativas

O PDE 2019, além de indicar uma importante expansão hidroelétrica [usinas de grande porte], compreende também uma significativa expansão da geração de fontes alternativas, aqui compreendendo, como no PRONFA, centrais eólicas, centrais a biomassa e PCH. No cenário considerado neste trabalho (5% de crescimento da economia a partir de 2011), essas fontes, tomadas em conjunto, superariam 13% da geração total do SIN em 2020, refletindo a estratégia de expandir a oferta de energia elétrica a partir dessas fontes (em 2009, conforme dados do ONS essa proporção foi inferior a 4%).

Com efeito, o parque gerador do SIN ampliar-se-ia com a instalação de PCH, centrais a biomassa e centrais eólicas, cujas potências instaladas cresceriam até 2020, em torno de 17.500 MW, conforme discriminado a seguir:

- Centrais eólicas, 7.610 MW
- PCH, 3.790 MW
- Centrais térmicas a biomassa, 6.180 MW

Aplicando-se o mesmo modelo conceitual com o qual foram avaliadas as emissões evitadas pela penetração de biocombustíveis, ou seja, se “congelada” a geração de fontes alternativas do ano adotado como referência (2009),

<sup>12</sup> De acordo com o ONS, em 2009 a capacidade instalada em usinas hidroelétricas no SIN era de 74.279 MW. Em 2020, os estudos do PDE indicam que a capacidade instalada em usinas deste tipo será de 114.250 MW. Todos esses valores excluem a parte paraguaia de Itaipu (7.000 MW).

calcula-se que as emissões evitadas por toda a expansão de fontes alternativas visualizada com base nos estudos do PDE sejam próximas de 40 M<sup>100</sup>CO<sub>2</sub>eq (o referencial de cálculo das emissões evitadas foi a geração térmica a gás natural), conforme indicado a seguir:

- Geração de fontes alternativas em 2020 104,1 TWh(A)
- Geração de fontes alternativas em 2009 (dados do ONS) 15,8 TWh(B)
- Geração térmica evitada em 2020 (A) – (B) 88,3 TWh
- Emissões evitadas (base térmica a gás natural) 39,6 M<sup>100</sup>CO<sub>2</sub>eq

### Eficiência energética

Pela própria natureza dessa ação, dispersa pelos diversos agentes de consumo, a estimativa do efeito das medidas de eficiência energética é um pouco mais complexa.

Há em curso no país diversas ações de promoção do uso eficiente da energia. No caso da energia elétrica em particular, há ações estruturadas já há alguns anos. Nomeadamente, essas ações são: o PBE, coordenado pelo INMETRO, o PROCEL, vinculado ao MME e coordenado pela Eletrobrás, o programa de ações de eficiência energética das concessionárias, supervisionado pela ANEEL, entre outros. No caso de combustíveis, deve-se destacar o COMPET, também vinculado ao MME e coordenado pela Petrobras. Em termos mais amplos, destaca-se o estabelecimento de padrões mínimos mandatórios de eficiência de equipamentos, resultante da aplicação da Lei de Eficiência Energética, e o programa de financiamento PROESCO do BNDES.

Para efeito da avaliação dessas medidas, a hipótese básica adotada é os resultados dessas, em termos agregados, se refletem na evolução dos índices de rendimento do uso da energia, avaliados periodicamente no BEU. Assim, os ganhos de eficiência energética no uso final<sup>13</sup> da energia (eletricidade e combustíveis), base de cálculo da contribuição dessas ações para a mitigação das emissões de GEE, consideraram a evolução dos rendimentos energéticos por fonte de energia e por segmento de consumo, conforme o BEU.

O BEU contempla valores dos rendimentos energéticos para os anos de 1984, 1994 e 2004 e, ainda rendimentos de referência. Esses rendimentos de referência representam o estado da arte na conversão de energia para cada processo considerado. Como tais valores de referência sofrem alteração ao longo do tempo, em alguns casos foram realizados ajustes levando-se em consideração as atuais melhores práticas existentes. Em linhas gerais o que se fez foi assumir o pressuposto que os rendimentos indicados no balanço de 2004 (MME, 2005), ajustados para o ano base desta avaliação (2009) tendo em conta os rendimentos de referência, fossem mantidos constantes até 2020<sup>14</sup>. A diferença entre a demanda assim calculada e a demanda projetada para 2020 seria a parcela "retirada" do consumo que pode ser atribuída às medidas de eficiência energética.

Nessas condições, é possível demonstrar que, no caso da energia elétrica, acumula-se no ano horizonte de intervalo 2009 e 2020 uma economia de energia que atinge 33,9 TWh, equivalente a 4,4% do consumo na rede projetado para 2020 no cenário de crescimento macroeconômico adotado neste trabalho. Considerando o índice de perdas totais no sistema, projetado para 15% em 2020, essa economia de energia evita a geração de 39,9 TWh. Tal montante de energia equivale à geração anual de uma usina hidrelétrica com potência instalada de 7.600 MW maior, portanto, do que as usinas de Santo Antonio e Jirau, que compõem o complexo do rio Madeira.

<sup>13</sup> As categorias de uso final são classificadas em: força motriz, calor de processo, aquecimento direto, refrigeração, iluminação, eletroquímica e outros usos.

<sup>14</sup> Em termos mais específicos, para um dado segmento de consumo e uma determinada fonte de energia, construiu-se uma curva de rendimento ( $\eta$ ), do tipo logística, tomando por base os três pontos oferecidos pelo BEU ( $\eta(1984)$ ,  $\eta(1994)$  e  $\eta(2004)$ ) e aproximando-se assintoticamente do rendimento de referência ( $\eta_{REF}$ ), o qual representa o limite (teórico) de saturação do rendimento. Essa curva projeta, para cada ano  $t$  ( $t \geq 2005$ ), o rendimento nesse ano. Fixando-se um ano base ( $t_0$ ) como referência para avaliar os ganhos de eficiência energética, o diferencial de eficiência no período  $[t_0; t]$ ,  $t \geq t_0$ , será dado por  $\eta(t) - \eta(t_0)$ . Para o PDE 2020, utilizou-se como base o ano 2009.

Considerando que essa economia de energia é marginal à demanda projetada para 2020, é válido admitir que a geração evitada seja de origem térmica. Assumindo que a geração deslocada é a da produção do parque a gás natural, calcula-se as emissões evitadas em 17,9 MtCO<sub>2</sub>eq.

Como mesmo *approach* metodológico, calcula-se, no caso do consumo de combustíveis na indústria<sup>15</sup>, que seja possível acumular em 2020, durante o mesmo período, uma economia equivalente a 5,2% do consumo projetado para esse ano, algo como 9,3 milhões de tep (ou 194 mil barris de petróleo equivalente por dia, quase 10% da média diária de produção do Brasil em 2009<sup>16</sup>). Este valor corresponde ao somatório da redução de consumo dos diferentes combustíveis fósseis utilizados como fonte de energia na indústria. O cálculo das emissões evitadas é, pois, função da característica de cada combustível economizado. Em termos agregados, essa redução no consumo significa evitar emissões de GEE da ordem de 18,4 MtCO<sub>2</sub>eq.

Em resumo, em termos agregados, as ações de eficiência energética permitem evitar, em 2020, emissões 36,3 MtCO<sub>2</sub>eq.

<sup>15</sup> Não estão incluídas nestes cálculos eventuais ganhos de eficiência no setor transporte.

<sup>16</sup> Conforme dados da ANP, a produção média brasileira de petróleo em 2009 foi de 1.950 mil barris por dia (Fonte: <<http://www.anp.gov.br>>).

## Considerações finais

Conforme o inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de GEE, o setor energético, no Brasil, foi responsável em 2005 por emissões calculadas em 362 MtCO<sub>2</sub>eq. Conforme exposto neste trabalho, em um cenário de crescimento econômico e redução da pobreza, as emissões do setor energético poderão evoluir, em 2020, para 682 MtCO<sub>2</sub>eq., já levando em conta os efeitos das políticas e medidas de mitigação que estão implícita ou explicitamente consideradas na estratégia de expansão da oferta de energia nos próximos 10 anos. Ressalte-se que o valor das emissões assim projetado para 2020 é inferior à meta definida com base na intensidade de emissão de energia em relação ao PIB verificada em 2005.

Essas políticas e medidas mitigadoras dizem respeito basicamente à expansão da oferta de energia renovável e à eficiência energética. Caso não sejam implementadas na amplitude e na profundidade consideradas no PDE, é certo que a quantidade de emissões será muito mais alta.

Tomese como evidência disso a expansão da oferta de energia elétrica decidida em 2007 e 2008, quando, por falta de projetos hidroelétricos e de uma maior articulação nas áreas de financiamento e de licenciamento ambiental viu-se viabilizar, através dos mecanismos normais da expansão do sistema, a instalação de novas usinas termelétricas, inclusive de termelétricas movidas a óleo combustível e a carvão mineral.

Nos leilões de expansão da oferta de energia elétrica realizados em 2007 e 2008 foram, de fato, contratado 4.421 MW/médios de energia de usinas a óleo combustível e 1.206 MW/médios de energia de usinas a carvão inclusive carvão importado. Se chamadas a operar com relativa frequência e intensidade, essas usinas produzirão emissões elevadas. Contudo, as emissões decorrentes da utilização dessas usinas podem ser significativamente reduzidas na medida em que a expansão futura se faça por meio de opções renováveis, como usinas hidráulicas e centrais eólicas, e, principalmente, pela capacidade de acumulação do sistema hidroelétrico, que permite aproveitar as diversidades hidrológicas e de mercado entre as diversas regiões do país e os excedentes de recurso proporcionados por condições hidrometeorológicas eventualmente favoráveis à geração hídrica. Na questão do clima, a expansão hidroelétrica e de fontes alternativas cumpre assim um duplo papel: não só atende a expansão do consumo sem elevar as emissões, como permite redução de emissões de geração térmica existente.

Com base no exposto neste trabalho, as políticas implícita ou explicitamente consideradas na formulação de expansão da oferta de energia no Brasil (PDE) tendo, entre seus objetivos, atingir a meta pré-fixada de emissão antrópicas de GEE em 2020 de manter, ou não exceder, a intensidade de emissões de 2005 (calculada com base

<sup>17</sup> Observe-se que não estão contabilizadas todas as políticas ou medidas mitigadoras consideradas na expansão da oferta de energia. No caso da energia elétrica, particularmente, não está contabilizada a contribuição para a mitigação das emissões que ofereceria a desativação de termelétricas a diesel na região Norte, em decorrência da interligação de sistemas isolados, e a instalação de novas usinas nucleares. Tendo em conta a abordagem metodológica aplicada neste trabalho, pode-se estimar em cerca de 3 MtCO<sub>2</sub>eq a quantidade de emissões evitada em 2020 com as interligações previstas (desativação de 580 MW, conforme considerado no PDE, e em 5 MtCO<sub>2</sub>eq a contribuição de Angra III (1.405 MW) à mitigação das emissões projetadas para esse ano.



no inventário de emissões e remoções antrópicas do MCT), traduzem-se nas seguintes medidas principais, todas elas referidas ao período 2009-2020:

- (a) Ampliar de 54,4 bilhões de litros a oferta interna de etanol (oferta em 2020 superior a 77 bilhões de litros);
- (b) Manter a proporção de 5% de biodiesel na mistura do óleo diesel ofertado no mercado doméstico (oferta de 3,9 bilhões de litros de biodiesel em 2020);
- (c) Expandir em quase 40.000 MW o parque gerador hidroelétrico, destacando-se duas usinas do complexo hidroelétrico do rio Tapajós (São Luiz e Jatobá, com 8.400 MW) e novas usinas hidráulicas a licita (8.400 MW);
- (d) Expandir em mais de 17.500 MW o parque gerador a partir de fontes alternativas, destacando-se a instalação de 7.610 MW em centrais eólicas, 6.180 MW em centrais a biomassa e 3.790 MW em PCH;
- (e) Intensificar as ações na área de eficiência energética, mantendo e ampliando programas e iniciativas já existentes, de modo a:
  - reduzir 4,4% do consumo projetado de energia elétrica para 2020 (economia de geração equivalente a uma usina hidráulica de 7.600 MW) e
  - reduzir 5,2% do consumo projetado para 2020 de combustíveis fósseis na indústria (economia equivalente a 9,3 milhões de tep ou 194 mil barris de petróleo equivalente por dia).

De acordo com a avaliação apresentada na seção precedente, a contribuição para a mitigação das emissões de GEE dessa é de 229,9 MtCO<sub>2</sub>eq. Assim sendo, se o PDE, de acordo com a classificação do IPCC e análise de instituições como o Banco Mundial, é tido como cenário de mitigação de emissões para o setor de energia, é lícito admitir que um cenário hipotético, em que as medidas consideradas no PDE não são implantadas, as emissões brasileiras de GEE no setor de energia possam atingir, em 2020, 912 MtCO<sub>2</sub>eq, conforme discriminado na Tabela 6. Ou seja, as políticas e medidas consideradas no PDE reduzem em 25,2% as emissões e remoções antrópicas potenciais do setor de energia brasileiro em 2020.

**Tabela 6.** Emissões de GEE em 2020 (em MtCO<sub>2</sub>-eq)

	MtCO <sub>2</sub> -eq	%
<b>Cenário de estabilização (PDE)</b>	682	74,8
<b>Emissões evitadas</b>	229,9	25,2
<i>Uso de biocombustíveis</i>	70,4	7,7
<i>Expansão hidroelétrica</i>	83,6	9,2
<i>Expansão fontes alternativas</i>	39,6	4,3
<i>Eficiência energética</i>	36,3	4,0
<b>Cenário hipotético (baseline)</b>	<b>912</b>	<b>100,0</b>

## Referências

- ANP** (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), 2010. *Dados estatísticos*. Disponível em <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em setembro de 2010.
- De Gouvello, C.** (leader author), 2010. *Brazil low-carbon country case study*. [The World Bank]: Washington, United States
- EPE** (Empresa de Pesquisa Energética), 2007. *Plano Nacional de Energia 2030*. [EPE]: Rio de Janeiro.
- EPE** (Empresa de Pesquisa Energética), 2009. *Premissas sociodemográficas de longo prazo*. Nota Técnica DEA/03/09. [EPE]: Rio de Janeiro.
- EPE** (Empresa de Pesquisa Energética), 2010a. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2019*. [EPE]: Rio de Janeiro.
- EPE** (Empresa de Pesquisa Energética), 2010b. *Balanço Energético Nacional 2010. Ano base 2009*. [EPE]: Rio de Janeiro.
- Fisher, B.S., N. Nakicenovic, K. Alfsen, J. Corfee Morlot, F. de la Chesnaye, J.-Ch. Hourcade, K. Kiang, M. Kainuma, E. La Rovere, A. Matysek, A. Rana, K. Riahi, R. Richels, S. Rose, D. van Vuuren, R. Warren**, 2007. *Issues related to mitigation in the long-term context*. In *Climate Changes 2007: Mitigation: Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Inter-governmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, T. Dave, L.A. Meyer (eds)]: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- IEA** (International Energy Agency), 2010. *Key World Energy Statistics*. [IEA]: Paris, France
- IPEA** (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), 2010. *Macroeconômicos: Dados econômicos e financeiros do Brasil...* Disponível em <<http://www.ipea.br/gov.br>>. Acesso em setembro de 2010.
- Lage de Sousa, F. e Ottaviano, G.I.P.**, 2009. *The effects of BNDES loans on the productivity of Brazilian manufacturing firms*. [BNDES]: Rio de Janeiro
- MCT** (Ministério da Ciência e Tecnologia), 2009. *Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Informações gerais e valores preliminares (30/11/2009)*. [MCT]: Brasília.
- Meira Filho, L.G. e Macedo, I.**, 2009. *Etanól e mudança do clima: a contribuição para o PNMC e as metas para o pos-Kyoto. Versão preliminar (19 p.)*. Disponível em <[http://www.unica.com.br/downloads/estudosmatrizenergetica/pdf/Matriz\\_Clima\\_Macedo3.pdf](http://www.unica.com.br/downloads/estudosmatrizenergetica/pdf/Matriz_Clima_Macedo3.pdf)>. Acesso em novembro de 2009. [Unica]: São Paulo.
- MME** (Ministério de Minas e Energia), 2005. *Balanço de Energia Útil 2005*. [MME], Brasília.
- ONS** (Operador Nacional do Sistema Elétrico), 2010. *Operação do Sistema Interligado Nacional: dados relevantes 2009*. Disponível em <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em setembro de 2010. [ONS]: Rio de Janeiro.
- UNFCCC** (United Nations Framework Convention on Climate Change), 2005. *Clarifications on the consideration of National and/or sectoral policies and circumstances in baseline scenarios (version 02)*. CDM Executive Board EB22 Report Annex 3. Disponível em <[http://cdm.unfccc.int/EB/022/eb22\\_repan3.pdf](http://cdm.unfccc.int/EB/022/eb22_repan3.pdf)>. Acesso em setembro de 2010. [UNFCCC], Bonn, Germany.
- WRI** (World Resources Institute), 2010. *Climate Analysis Indicators Tool*. Disponível em <<http://cait.wri.org>>. Acesso em setembro de 2010.