

# Brasil: país de baixo carbono Estudo de caso

PROGRAMA DE ESTUDOS DE BAIXO CARBONO PARA PAÍSES

MITIGAÇÃO DA MUDANÇA CLIMÁTICA POR MEIO DO DESENVOLVIMENTO



# PROGRAMA DE ESTUDOS DE BAIXO CARBONO PARA PAÍSES

## SUMÁRIO

Compromisso com o desenvolvimento de baixo carbono	1
Objetivo e enfoque	2
O Cenário de Referência	4
Análise econômica	17
Um Cenário Nacional de Baixo Carbono	18
Financiamento	21
Desafios à implementação	24
Acrônimos e abreviações	28

## Brasil: país de baixo carbono Estudo de caso

### COMPROMISSO COM O DESENVOLVIMENTO DE BAIXO CARBONO

 Brasil demonstrou um compromisso antecipado com a ação climática na Conferência das Nações Unidas de 1992 sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Cúpula da Terra, realizada no Rio de Janeiro. Hoje o Brasil continua a demonstrar um forte compromisso com a ação voluntária para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Em 2008, o Brasil lançou o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) que propõe uma redução de 70% do desmatamento até 2017 e adotou a Política Nacional de Mudança Climática em 2009, a qual estabelece metas voluntárias de redução das emissões dos gases de efeito estufa (GEE) (uma redução de 36,1% a 38,9% das emissões projetadas para 2020). O PNMC afirma que os direitos de desenvolvimento das pessoas de baixa renda não devem ser prejudicados por ações que visem a evitar futuras emissões de GEE.

O Brasil, o maior país tropical do mundo, tem um perfil singular de emissões de GEE. A agricultura e a pecuária, responsáveis por 25% do produto interno bruto (PIB), requerem a expansão contínua da terra para cultivo e pastagem, levando à conversão da vegetação nativa. A mudança no uso da terra, especialmente o desmatamento, é hoje a principal fonte de emissões nacionais de GEE. Os abundantes recursos naturais do Brasil e seu vasto território têm permitido o desenvolvimento de energia renovável com baixo teor de carbono. Historicamente, grandes investimentos em energia renovável — a hidroeletricidade, com 75% da capacidade de geração instalada e o etanol proveniente da cana-de-açúcar, que substitui 40% do combustível de gasolina — diminuíram a intensidade do carbono da matriz energética do Brasil<sup>1</sup> e reduziram as emissões causadas pelos transportes.

Ao mesmo tempo, é importante reconhecer que há probabilidade de o Brasil sofrer impacto da mudança climática. O fenômeno conhecido como Colapso da Amazônia, combinado com desmatamento de curto prazo causado por queimadas, poderia reduzir a incidência de chuvas nas regiões Centro-Oeste e Nordeste, levando à redução de produtividade das colheitas e de água para a produção de hidroeletricidade.<sup>2</sup> São necessárias soluções urgentes para reduzir a vulnerabilidade do Brasil e permitir a adaptação.

<sup>1</sup> As emissões fósseis provenientes de combustíveis atingem cerca de 1,9 tCO<sub>2</sub> per capita/ano ou menos de um quinto da média por país da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico e Desenvolvimento (OCDE).

<sup>2</sup> Assessment of the Risk of Amazon Dieback (Avaliação do Risco de Colapso da Amazônia), Banco Mundial, 2010.

## BOX 1

### Início

*O Estudo de Baixo Carbono para o Brasil*, cuja elaboração levou dois anos, baseou-se em um estudo do Banco Mundial com o auxílio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e do Programa de Apoio à Gestão do Setor Energético (ESMAP) dá suporte ao esforço integrado do Brasil no sentido de reduzir as emissões tanto nacionais como globais de gases do efeito estufa (GEE), promovendo, ao mesmo tempo, o desenvolvimento de longo prazo.

Baseia-se nos melhores conhecimentos disponíveis e é apoiado tanto por um amplo processo consultivo como pela pesquisa da literatura disponível. O estudo foi coordenado por Christophe de Gouvello, Especialista Sênior em Energia do Departamento de Desenvolvimento Sustentável da Região da América Latina e Caribe. A abrangência do estudo foi discutida com os Ministérios das Relações Exteriores, Meio Ambiente e Ciência e Tecnologia, bem como com representantes dos Ministérios da Fazenda, Planejamento, Agricultura, Transportes, Minas e Energia, Desenvolvimento, Indústria e Comércio. Participaram ainda, ou foram consultados, vários órgãos públicos e centros de pesquisa, incluindo EMBRAPA, INT, EPE, CETESB, INPE, COPPE, UFMG, UNICAMP e USP.

Mais de 15 relatórios técnicos e quatro relatórios de síntese foram encomendados no decorrer deste trabalho. Com o objetivo de oferecer uma visão geral das questões prioritárias, apresenta-se uma análise na qual foram utilizados organogramas, gráficos e anotações organizados em capítulos de acordo com as quatro áreas cruciais de emissão — uso da terra, mudança de uso da terra e florestas (LULUCF), incluindo desmatamento; produção e uso de energia, especialmente de eletricidade, petróleo e gás e biocombustíveis; sistemas de transportes; e resíduos urbanos sólidos e líquidos.

Christophe de Gouvello. 2010, junho “Estudo de Baixo Carbono para o Brasil”. Banco Mundial.

## OBJETIVO E ENFOQUE

*O Estudo de Baixo Carbono para o Brasil* identifica oportunidades para reduzir as emissões de GEE, promovendo ao mesmo tempo o desenvolvimento econômico. Fornece insumos técnicos sobre formas de avaliar o potencial de mitigação e as condições de desenvolvimento de baixo carbono em setores-chave de emissões de GEE da economia.

Em conformidade com os objetivos de desenvolvimento de longo prazo, o estudo (Tabela 1):

- Estabelece um *Cenário de Referência* prevendo a evolução futura das emissões de GEE do Brasil.
- Identifica e quantifica ações que poderiam ser tomadas para reduzir as emissões e aumentar a remoção de carbono.
- Avalia os custos da implementação de ações de baixo carbono, identifica as potenciais barreiras à implementação e examina medidas para superá-las.
- Desenvolve um *Cenário de Baixo Carbono* que atende às expectativas de desenvolvimento.
- Analisa os efeitos macroeconômicos da mudança de um Cenário de Referência para um caminho de baixo carbono e necessidades financeiras adicionais.

Mais de 30 peritos brasileiros de destaque participaram diretamente da elaboração deste estudo e vários outros foram consultados, incluindo representantes governamentais, a fim de integrar os melhores conhecimentos disponíveis e evitar

**Tabela 1. O enfoque do Estudo de Baixo Carbono para o Brasil**

ETAPA	LULUCF	ENERGIA	TRANSPORTES	RESÍDUOS
<p>1. Construção do Cenário de Referência</p> 	<p>Projeção do uso da terra e das mudanças no uso da terra (consistente com os biocombustíveis líquidos e sólidos projetados) (desenvolvimento de modelagem de uso da terra geoespacialmente explícita), desmatamento (adaptação de modelo existente) e emissões.</p>	<p>Projeção da demanda de energia (consistente com a demanda em outros setores) (usando as projeções do Modelo para Análise da Demanda de Energia — MAED); <i>mix</i> otimizado da oferta de energia (usando projeções do MESSAGE — <i>Mobile Environmental Sensing System Across Grid Environments</i>, do Reino Unido) e emissões.</p>	<p>Projeção das demandas de transporte regional e urbano, da participação dos modais no transporte regional e urbano (usando a modelagem do TRANSCAD — <i>Transportation Computer-Assisted Design</i>), <i>mix</i> de combustíveis para os modais de transporte e emissões (usando uma adaptação da modelagem COPERT).</p>	<p>Projeção da produção de resíduos e efluentes, teor de carbono e potencial de metano (CH<sub>4</sub>), <i>mix</i> da disposição de resíduos e efluentes e emissões.</p>
<p>2. Exploração das opções de mitigação e remoção de carbono</p> 	<p>Análise das opções para redução da pressão do desmatamento e proteção das florestas, mitigação das emissões da agricultura e da pecuária e sequestro do carbono; realização de análise econômica (custo de abatimento) das opções propostas.</p>	<p>Análise das opções para administrar a demanda e reduzir a intensidade do carbono na oferta; realização de análise econômica (custo de abatimento) das opções propostas.</p>	<p>Análise das opções para melhorar a eficiência do transporte regional e expandir os modais interurbanos com baixo teor de carbono; melhoria da eficiência do transporte urbano e expansão dos modais urbanos com baixo teor de carbono; e migração para biocombustíveis: realização de análise econômica (custo de abatimento) das opções propostas.</p>	<p>Análise das opções para redução da produção de resíduos e efluentes e expansão do emprego de modos de coleta e disposição com baixo carbono; realização de análise econômica (custo de abatimento) das opções propostas.</p>
<p>3. Avaliação da viabilidade das opções identificadas</p> 	<p>Identificação de barreiras que limitem ou impeçam a implementação das opções analisadas, cobenefícios ambientais e econômicos e medidas para superar tais barreiras.</p>	<p>Identificação de barreiras que limitem a implementação da administração da demanda de energia e das opções de mitigação de emissões analisadas, cobenefícios ambientais e econômicos e medidas para superação das barreiras.</p>	<p>Identificação de barreiras que limitem a implementação de modais de baixo carbono e eficientes para transporte urbano e regional; cobenefícios ambientais e econômicos e medidas para superação das barreiras.</p>	<p>Identificação de barreiras que limitem a implementação da redução da produção de resíduos e efluentes e os modos de disposição de resíduos e efluentes com baixo carbono, além de cobenefícios ambientais e econômicos e medidas para superação das barreiras.</p>
<p>4. Construção do Cenário de Baixo Carbono</p>	<p>Projeção de novos usos da terra e mudanças no uso da terra (incluindo terra adicional necessária para opções de mitigação e remoção de carbono), estimativa da redução do desmatamento e projeção da redução de emissões.</p>	<p>Revisão da demanda de energia (incluindo um novo <i>mix</i> de combustíveis do transporte); definição de um <i>mix</i> de energia de baixo carbono novo e internamente consistente para a oferta de energia; e projeção de redução de emissões.</p>	<p>Projeção da nova demanda de transportes (consistente com um novo uso da terra), nova distribuição de modais para o transporte regional e urbano, novo <i>mix</i> de combustíveis e redução de emissões.</p>	<p>Projeção de nova produção de resíduos e efluentes, novo teor de carbono e o potencial de CH<sub>4</sub>, novo <i>mix</i> de modo de disposição de resíduos e efluentes e redução de emissões.</p>

duplicação de esforços. Juntas, essas ações trouxeram informações sobre a seleção e análise em quatro áreas potenciais de redução das emissões de carbono.<sup>3</sup>

- **Uso da terra, mudança do uso da terra e florestas (LULUCF)**, incluindo desmatamento
- **Produção e uso de energia**, particularmente de eletricidade, e petróleo e gás
- **Sistemas de transporte**
- **Manejo de resíduos**, especialmente resíduos urbanos sólidos e líquidos

## O CENÁRIO DE REFERÊNCIA

O Cenário de Referência utiliza essas quatro áreas e planos de governo atuais, tais como o Plano de Energia Nacional 2030 (PNE 2030) e o Plano Nacional de Logística e Transporte do Ministério de Minas e Energia, ambos lançados em 2007, o Plano de Aceleração do Crescimento e outras políticas e medidas que já haviam sido publicadas no momento em que o Cenário de Referência foi desenvolvido.<sup>4</sup> O estudo utiliza seus próprios Cenários de Referência onde não havia disponibilidade de planos publicados, seja desenvolvendo ou adaptando modelos setoriais que mantêm consistência com as metas divulgadas no PNE 2030. Interfaces-chave (por exemplo, determinar a terra necessária para a produção de biocombustível sólido e líquido usados pelo transporte e energia) foram abordadas conjuntamente pelas equipes que trabalham nessas áreas. O Cenário de Referência não abrange todas as fontes de emissão do país e não é uma simulação de futuros inventários nacionais de emissão.

O desmatamento continua a ser o impulsor-chave das emissões futuras de GEE no Brasil para 2030 no Cenário de Referência. A previsão é que as emissões causadas pelo desmatamento se estabilizem (em cerca de 400–500 toneladas de CO<sub>2</sub> ao ano) depois um ligeiro decréscimo em 2009–11. Como os setores de energia, transporte e de manejo de resíduos continuam a crescer, a participação relativa das emissões causadas pelo desmatamento diminui (de 40% para 30% entre 2008 e 2030). Subsetores, tais como transporte urbano, geração de energia térmica e processos industriais, que dependem de combustíveis fósseis, registram alto crescimento de emissões até 2030, enquanto as emissões de subsetores que dependem de formas de energia com menor intensidade

<sup>3</sup> Certas fontes industriais de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) e outros gases GEE não cobertos pelo Protocolo de Quioto não são abordados neste estudo. Sem um inventário completo recente, não é possível determinar com precisão a participação de outras fontes na composição nacional de GEE. Entretanto, com base na primeira Comunicação Nacional do Brasil (1994), estima-se que não excedam 5% do total de emissões de GEE de Quioto. Nem todas as atividades agrícolas foram consideradas na estimativa das emissões desse setor; as culturas consideradas nos cálculos das emissões LULUCF representam cerca de 80% da área cultivada.

<sup>4</sup> Como resultado da metodologia usada para estabelecer o Cenário de Referência, este difere das projeções de emissões nacionais e setoriais, com base principalmente na extrapolação de tendências passadas, anunciadas oficialmente pelo Governo Brasileiro em 2009 juntamente com o compromisso voluntário de redução das emissões, refletido na Lei 12.187. A diferença entre o Cenário de Referência definido por este estudo e aquele estabelecido pelo Governo Brasileiro, que foi baseado em tendências históricas, reflete o impacto positivo das políticas já adotadas nas reduções de emissões no momento do estabelecimento do Cenário de Referência do estudo. Na verdade, o Cenário de Referência foi definido antes da elaboração do Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e da aprovação da Lei 12.187, que institui a Política Nacional de Mudanças Climáticas do Brasil, e define uma meta voluntária nacional de redução de GEE.

<sup>5</sup> De 1970 a 2007, a Amazônia perdeu cerca de 18% de sua cobertura florestal original; nos últimos 15 anos, o Cerrado perdeu 20% de sua área original enquanto a Mata Atlântica, que foi bastante desmatada anteriormente, perdeu 8%.

<sup>6</sup> Depois de alcançarem o pico de 27.000 km<sup>2</sup> em 2004, as taxas de desmatamento diminuíram substancialmente, caindo para 11.200 km<sup>2</sup> em 2007, a segunda taxa histórica mais baixa já registrada pelo Programa de Monitoramento de Desmatamento da Amazônia (Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia).



de carbono (por exemplo, veículos movidos a bioetanol ou energia hidrelétrica) permanecem relativamente estáveis.

### **Uso da terra e a mudança do uso da terra | *Em direção a uma nova dinâmica***

O desmatamento é a maior fonte de emissões (cerca de 40% em 2008), reduzindo o estoque de carbono do Brasil em até 6% de Gt nos últimos 15 anos, o equivalente a dois terços das emissões globais anuais.<sup>5</sup> Sem a recente implementação de uma ação de proteção às florestas, as emissões teriam sido significativamente maiores.<sup>6</sup> O desmatamento nas regiões da Amazônia e do Cerrado é causado pela expansão agrícola e da pecuária, construção de novas estradas e migração associada enquanto forças de mercados nacionais e internacionais mais amplos afetam a demanda de carne e colheitas que, por sua vez, contribuem para o desmatamento.

A produção agrícola e a pecuária respondem por 25% das emissões brutas do Brasil. As emissões oriundas da agricultura resultam principalmente do emprego de fertilizantes, da mineralização do nitrogênio no solo, do cultivo do arroz irrigado em várzeas, da queima de cana-de-açúcar e uso de maquinário agrícola movido a combustíveis fósseis.



As emissões causadas pela pecuária são quase sempre resultado do processo digestivo do gado de corte.

### ***Modelagem do uso da terra, mudança do uso da terra, e florestas***

A futura demanda de terra e o uso da terra, a mudança no uso da terra e florestas (LULUCF) foi projetada utilizando dois modelos desenvolvidos para o estudo, *Modelo Brasileiro de Uso da Terra* (BLUM), um modelo econométrico que calcula as alocações de terra e mede as mudanças no uso da terra e o *Simulate Brazil* (SIM Brasil), um modelo georreferenciado de espacialização que avalia o uso futuro da terra em um determinado período de acordo com vários cenários (Box 2).

### ***Projeção de emissões no Cenário de Referência***

Estima-se que serão necessários 17 milhões de hectares adicionais de terra no Cenário de Referência de 2010–30. A terra alocada para usos produtivos aumenta 7% — de 257 para 276 milhões de hectares de 2008 a 2030 — com um quarto desse crescimento ocorrendo na Região Amazônica. Em 2030, como em 2008, as terras de pastagem devem ocupar boa parte dessa área (aumentando de 205 para 207 milhões de hectares). A vegetação nativa é convertida para uso produtivo principalmente nas regiões fronteiriças, como Região Amazônica os estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, para acomodar esse crescimento.

As emissões LULUCF aumentam cerca de 895 toneladas de CO<sub>2</sub>e ao ano até 2030.<sup>7</sup> As mudanças no uso da terra geradas pelo desmatamento respondem por 533 toneladas de CO<sub>2</sub>e ao ano até 2030. Emissões diretas causadas pela agricultura e pecuária aumentam neste período (346 toneladas de CO<sub>2</sub>e ao ano em média até 2030). Menos de 1% das emissões brutas de LULUCF são compensadas pela remoção de carbono.

### ***Gestão das emissões da agricultura***

A disseminação acelerada do cultivo do plantio direto pode reduzir as emissões líquidas causadas por modificações nos estoques de carbono no solo e uso de maquinário movido a combustíveis fósseis. O plantio direto também pode ajudar a controlar a temperatura do solo, melhorar a estrutura do solo, aumentar a capacidade de armazenamento de água, reduzir a perda de solo e aumentar a retenção de nutrientes das plantas. No Cenário de Baixo Carbono, se 100% do plantio direto for realizado em áreas propícias até 2015, 356 toneladas de CO<sub>2</sub>e de emissões evitadas podem ser obtidas no período de 2010–30 (Figura 1).

### ***Redução das emissões diretas provenientes da criação de gado de corte***

A mudança para sistemas de produção mais intensa de carne, a implementação de melhorias genéticas e a melhoria de forragem para herbívoros e touros geneticamente superiores com um ciclo de vida mais curto podem reduzir as emissões de metano provenientes do processo digestivo do gado sem reduzir a produção total de carne. Com essas medidas, as emissões diretas da pecuária podem diminuir de 272 para 240 toneladas de CO<sub>2</sub> ao ano até 2030, do Cenário de Referência *versus* Cenário de Baixo Carbono, respectivamente (Figura 2).

<sup>7</sup> Ao calcular o inventário nacional de carbono, alguns países consideram a contribuição da regeneração natural com respeito à remoção de carbono; e, portanto, apesar do fato deste estudo não incluir esta contribuição no balanço de carbono das atividades do LULUCF, é justo acrescentar esta informação para fins de comparação. Se a remoção de carbono por meio da regeneração natural de florestas degradadas fosse incluída, o potencial de remoção aumentaria em 109 MtCO<sub>2</sub> por ano, reduzindo assim as emissões líquidas de carbono.

## Modelagem do uso futuro da terra e o desmatamento no Brasil

A exploração de opções para atenuar as emissões provocadas pelo desmatamento requer a projeção do desmatamento futuro. Para simular o futuro uso da terra e as mudanças no uso da terra no Brasil, a equipe do Estudo de Baixo Carbono para o Brasil integrou dois modelos:

- 1. Modelo econômico:** o Modelo de Uso da Terra no Brasil (BLUM), desenvolvido pelo Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais (ICONE), é um processo de modelagem econômica que estima a alocação da área do país e avalia as mudanças no uso da terra como resultado da dinâmica de oferta e procura para todos os principais produtos que concorrem pelo solo, tais como soja, milho, arroz, feijão, algodão, cana-de-açúcar, pastos e florestas de produção.
- 2. Modelo georreferenciado de espacialização:** o Simulate Brasil (SIM Brasil), desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto (CSR) do Departamento de Cartografia da Universidade Federal de Minas Gerais, possibilita que o uso futuro do solo seja projetado espacialmente ao longo do tempo em todo o país de acordo com diferentes cenários.

Ambos os modelos foram desenvolvidos para atender às necessidades deste estudo. O SIM Brasil não altera os dados do modelo econômico BLUM para a projeção do uso da terra; em vez disso, ele encontra um lugar para eles, levando em conta uma variedade de critérios, tais como aptidão para a agricultura, distância até as estradas, atração urbana, custo do transporte até os portos, declividade e distância de áreas convertidas. O SIM Brasil trabalha em um nível de definição de 1 km<sup>2</sup>, permitindo a geração de mapas dinâmicos muito detalhados. A metodologia pode ser descrita da seguinte forma:

- Etapa 1:** Identificar as áreas adequadas para expansão.
- Etapa 2:** Formular um modelo econômico para projetar o volume de mudanças no uso da terra em cada atividade (desmatamento, pecuária e agricultura).
- Etapa 3:** Criar um modelo geográfico para distribuir espacialmente as quantidades de solo necessárias para cada atividade por ano; portanto, alocando onde e como serão realizadas as mudanças no uso da terra.
- Etapa 4:** Calcular as emissões resultantes das mudanças nos estoques de carbono por meio da conversão de vegetação e solos nativos, assim como emissões diretas causadas pelo gado e operações agrícolas.

Os cálculos são efetuados duas vezes, a primeira para o Cenário de Referência e depois para o Cenário de Baixo Carbono. A redução das emissões obtidas no Cenário de Baixo Carbono pode então ser comparada às emissões projetadas no Cenário de Referência.

Adaptado do “Estudo de Baixo Carbono para o Brasil”, Banco Mundial, junho de 2010.

### Aumento da remoção de carbono

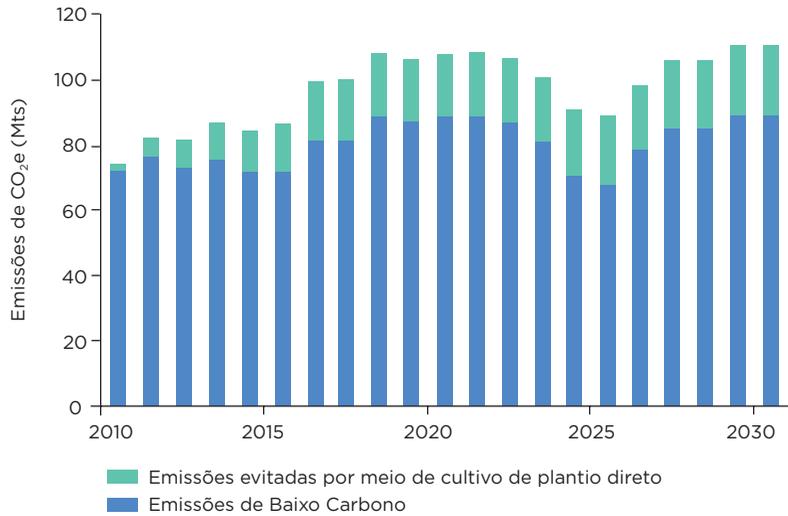
Por meio de medidas que:

- Restauram as florestas nativas pelo cumprimento de ações legais para a reconstituição obrigatória estabelecida por lei para florestas ripárias e reservas legais.<sup>8</sup> Esta opção tem alto potencial de remoção de carbono de cerca de 140 toneladas de CO<sub>2</sub> e ao ano em média.<sup>9</sup>

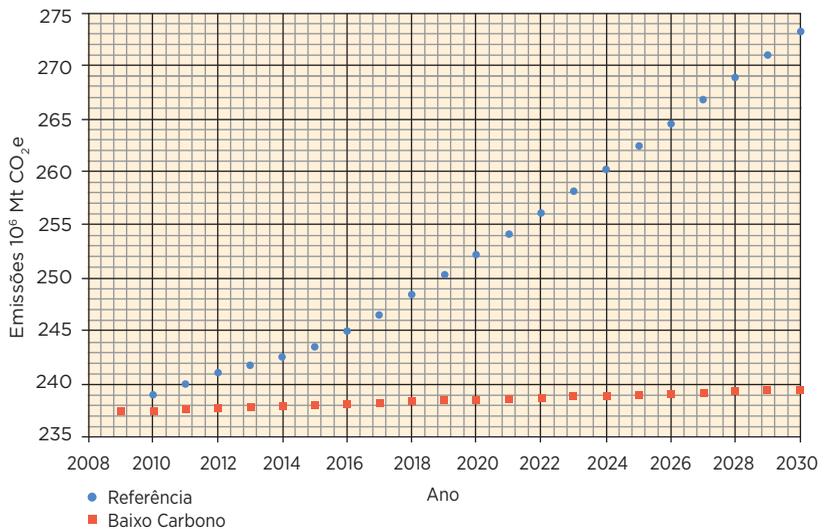
<sup>8</sup> Em áreas com ótimas condições, o restauro de floresta pode remover 100 tC por hectare na região Amazônica. No Cenário de Referência sua contribuição é limitada em termos de quantidade.

<sup>9</sup> Se a remoção de carbono mediante a regeneração natural de florestas degradadas fosse incluída, o potencial de remoção aumentaria em 112MtCO<sub>2</sub> por ano, em média, reduzindo assim as emissões líquidas.

**Figura 1: Emissões evitadas por meio de cultivo de plantio direto, Cenário de Baixo Carbono (2010-30)**



**Figura 2: Comparação da emissão de metano do gado de corte, 2008-30 (MtCO<sub>2</sub>e ao ano)**



(ii) Estabelecer florestas de produção para a indústria de ferro e aço. Se a substituição total do carvão vegetal não renovável for efetivada até 2017 e 46% da produção de lastros de ferro e aço forem baseados em carvão vegetal renovável até 2030, as emissões sequestradas podem chegar a 377 toneladas de CO<sub>2</sub> em 2030 — 62 toneladas de CO<sub>2</sub> a mais do que no Cenário de Referência.

**Combate ao desmatamento**

O Brasil desenvolveu políticas e projetos de proteção florestal para combater a progressão da pressão em florestas na fronteira de expansão e tem experiência em atividades econômicas compatíveis com a sustentabilidade florestal. Contudo, mudar para um

Cenário de Baixo Carbono que garanta o crescimento da agricultura e da indústria da carne — ambos importantes para a economia brasileira — também exigiria agir sobre a principal causa do desmatamento: maior demanda por terras para agricultura e pecuária.

### ***Redução da demanda de terras por meio de melhorias na produtividade da pecuária***

Cinquenta e três milhões de hectares de terra, incluindo mais de 44 milhões de hectares para restauro de florestas, são necessários no Cenário de Baixo Carbono para absorver a demanda de solo para atividades agrícolas e de pecuária. Isso eleva o total para 70 milhões de hectares — mais do que o dobro da terra plantada com soja e cana-de-açúcar em 2008 — quando são levadas em conta as outras necessidades de terra sob o Cenário de Referência (Tabela 2).

Para reduzir drasticamente o desmatamento, este estudo propõe uma estratégia dupla:

- (i) Eliminação das causas estruturais do desmatamento aumentando a produtividade da pecuária
- (ii) Proteção das florestas de tentativas ilegais de corte

*Redução das áreas destinadas ao pasto.* As políticas, projetos e programas de proteção florestal já estão em vigor. Para eliminar as causas estruturais do desmatamento seria necessário um aumento dramático da produtividade por hectare. O aumento da produtividade da pecuária poderia liberar grandes quantidades de áreas de pastagem. Esta opção é tecnicamente possível, uma vez que a produtividade da pecuária no Brasil é em geral baixa e os atuais currais de engorda e os sistemas agrícolas e de pecuária poderiam ser ampliados. O uso de sistemas de produção mais intensos poderia acionar retornos econômicos mais elevados e um ganho líquido para a economia do setor. A liberação e recuperação de pastos degradados podem acomodar o mais ambicioso cenário de crescimento.

**Tabela 2: Solo adicional necessário nos Cenários de Referência e de Baixo Carbono**

CENÁRIO	NECESSIDADES DE TERRAS ADICIONAIS (2006-30)	
Cenário de Referência: volume adicional de terras necessário para a expansão das atividades de agricultura e pecuária	Expansão da produção agrícola e de pecuária para atender às necessidades previstas para 2030	16,8 milhões de hectares
Cenário de Baixo Carbono: volume adicional de terras necessário para medidas de mitigação	Eliminação de carvão vegetal não renovável em 2017 e participação de 46% de carvão vegetal renovável para a produção de ferro e aço em 2030	2,7 milhões de hectares
	Expansão da cana-de-açúcar, para aumentar a substituição da gasolina pelo etanol até atingir a marca de 80% no mercado interno e fornecimento de 10% da demanda global estimada, para alcançar uma média de 20% de etanol presente na mistura com a gasolina em todo o mundo até 2030	6,4 milhões de hectares
	Restauração do passivo ambiental no que diz respeito às “reservas legais” de florestas, calculadas em 44,3 milhões de ha em 2030	44,3 milhões de hectares
<b>Total</b>		<b>70,4 milhões de hectares adicionais</b>



É possível reduzir a demanda em cerca de 138 milhões de hectares até 2030 no Cenário de Baixo Carbono por meio das seguintes medidas de aumento de produtividade da pecuária:

- promover a recuperação de áreas degradadas de pastagem
- estimular a adoção de sistemas produtivos que envolvam confinamento de gado para engorda e
- encorajar a adoção de sistemas de lavoura-pecuária

*Consolidação de medidas de proteção florestal.* Contudo, os resultados dos modelos mostram que a diminuição da demanda adicional de colheita e pecuária pode não ser suficiente para eliminar a complexa dinâmica que atualmente resulta no desbravamento de florestas, seja em áreas florestais protegidas ou em áreas onde o desmatamento ainda é legalmente possível. Esses resultados refletem a necessidade de medidas adicionais para conter o processo, pelo menos em áreas onde o desmatamento é ilegal, para assim alcançar a meta estabelecida pelo PNMC de desmatamento ilegal zero. Muitas medidas já foram postas em prática por meio da implementação do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, que aumenta a capacidade de execução e a consolidação de políticas de conservação para a Floresta Amazônica.

A eficiência dessa estratégia foi demonstrada em 2004–07 quando novos esforços de proteção florestal, combinados a uma ligeira contração no setor da pecuária e área de pastagem,<sup>10</sup> resultaram em 60% de redução no desmatamento (de 27.000 para 11.200 km<sup>2</sup>). A rápida redução se deve ao declínio na expansão de terras marginais para agricultura e pecuária<sup>11</sup> e à conversão da vegetação nativa. Contudo, se esses esforços fossem negligenciados, as emissões retornariam imediatamente.

Estima-se que a ampla implementação desse tipo de estratégia reduza o desmatamento em até 68% em 2030, em comparação aos níveis previstos para o Cenário de Referência; na Mata Atlântica, a redução seria de aproximadamente 90% enquanto a Região Amazônica e o Cerrado veriam reduções de 68% e 64%, respectivamente (Figura 3).

Dessa forma, o resultado seria uma emissão líquida de GEE de 331 toneladas de CO<sub>2</sub> ao ano de LULUCF em 2030, em vez de 816 toneladas líquidas de CO<sub>2</sub> ao ano, que foi observado em 2008, e deve continuar de acordo com o Cenário de Referência.

## **Energia | Sustentação de uma matriz elétrica verde**

A produção e o consumo de energia, excluindo transporte, contribuíram com cerca de 20% das emissões de GEE no Brasil em 2010 devido, principalmente, à grande parcela de energia renovável (especialmente hidrelétrica) no *mix* de energia doméstica. A intensidade das emissões de GEE do setor energético é comparativamente baixa segundo os padrões internacionais: as emissões médias anuais *per capita* do setor energético foram de 1,77 tonelada de CO<sub>2</sub> em 2005 comparadas a uma média global anual *per capita* de 4,22 de toneladas de CO<sub>2</sub> e média *per capita* dos países da OECD de 11,02 toneladas de CO<sub>2</sub> (Tabela 3). Como resultado, a redução das emissões no setor energético é mais difícil no Brasil do que na maioria dos outros países.

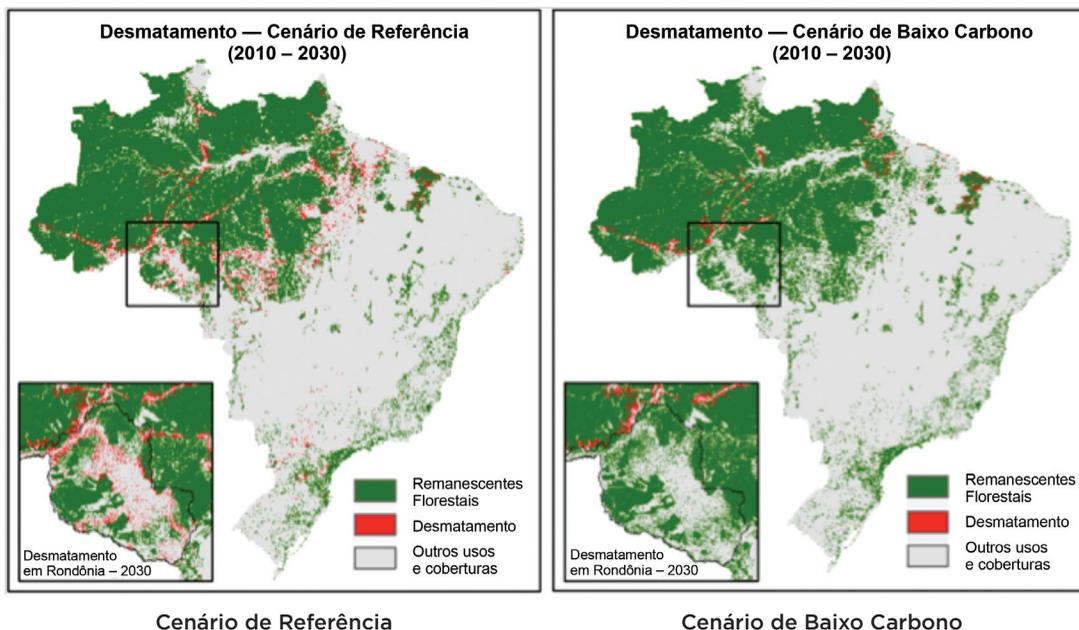
### ***Emissões do setor energético aumentam 97% no Cenário de Referência***

A maioria das emissões, e a maior parte do potencial de redução, depende da tecnologia usada na indústria, que continua a usar principalmente combustíveis fósseis. Embora o PNE 2030 suponha um maior uso de fontes de energia renovável no período

<sup>10</sup> O período de 2005 a 2007 testemunhou o primeiro declínio no tamanho dos rebanhos (de 207 milhões para 201 milhões de cabeças), após um aumento ao longo de uma década, juntamente com uma ligeira contração na área de pastagens (de 210 milhões para 207 milhões de hectares).

<sup>11</sup> Diferentemente de outros setores, cujas emissões baseadas em energia geralmente são proporcionais ao *tamanho total* da atividade do setor, as emissões do desmatamento estão relacionadas somente à expansão *marginal* das atividades de agricultura e pecuária.

**Figura 3: Comparação do desmatamento cumulativo | Cenários de Referência e de Baixo Carbono (2007-30)**



de 2010–30, as emissões de GEE do setor energético aumentam 97%, atingindo 458 toneladas de CO<sub>2</sub> em 2030 (excluindo combustíveis para transporte) no Cenário de Referência (Figura 4). As emissões cumulativas de GEE do setor energético devem ficar em 7,6 Gt de CO<sub>2</sub> neste período de 20 anos.

**Potencial limitado para redução de emissões no Cenário de Baixo Carbono**

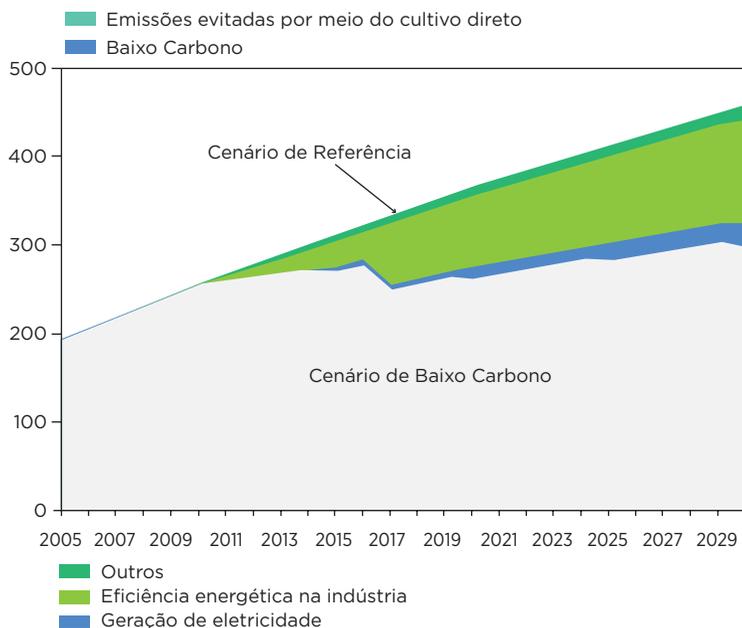
O Brasil poderá reduzir as emissões anuais do setor energético em até 35% no ano de 2030<sup>12</sup> em comparação ao Cenário de Referência, com a maior parte das ações realizadas pelo setor industrial, se as seguintes medidas forem implementadas:

- *Ação doméstica:* a eficiência energética e a mudança de combustível na indústria, refino e transformação *gas-to-liquid* (GTL), geração de energia eólica, cogeração baseada no bagaço da cana-de-açúcar e maquinário de alta eficiência energética. A maior parte do grande potencial hidrelétrico do Brasil será explorada até 2030 sob o Cenário de Referência e as oportunidades de expansão hidrelétrica não são consideradas no Cenário de Baixo Carbono.
- *Ação internacional:* complementaridades hídricas para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> dos setores energéticos no Brasil e Venezuela e exportações em larga escala de etanol para reduzir as emissões de combustíveis fósseis dos setores de transporte no mundo inteiro.

Mesmo assim, as emissões do setor de energia no Cenário de Baixo Carbono permanecem cerca de 28% mais elevadas em 2030 do que em 2008.

<sup>12</sup> Em 2030, as emissões anuais seriam reduzidas de 458 para 297 toneladas de CO<sub>2</sub> (excluindo transporte) ou de 735 para 480 toneladas de CO<sub>2</sub> (incluindo transporte); ou seja, uma redução anual semelhante às emissões da Argentina em 2000.

**Figura 4: Cenário de Referência do Setor de Energia e Potencial de Mitigação das Emissões de CO<sub>2</sub> no Setor de Energia 2005-2030, Cenário de Referência (PNE 2030)**



### ***Ampliação das exportações de etanol***

Aumentando as exportações de etanol, o Brasil poderia atender à crescente demanda internacional de combustível de baixo carbono para veículos e proporcionar benefícios econômicos ao país e a seus parceiros comerciais, além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Essa oportunidade poderia se concretizar com a redução ou eliminação de barreiras comerciais e subsídios em muitos países. Este estudo adotou uma meta de exportação de 70 bilhões de litros até 2030; 57 bilhões a mais do que no Cenário de Referência do PNE 2030 e um pouco mais de 2% do consumo global estimado de gasolina para o referido ano. Isso resultaria em reduções das emissões de gases de efeito estufa de 73 Mt CO<sub>2</sub> por ano em 2030 ou 667 Mt CO<sub>2</sub> no período entre 2010 e 2030. Seriam necessários 6,4 milhões de hectares adicionais de terra em 2030 para plantações de cana-de-açúcar (de 12,7 para 19,1 milhões de hectares).<sup>13</sup> Se a produção de etanol não ultrapassar a implementação da dupla estratégia proposta para liberação de pastos e proteção de florestas, o adicional de terras necessário para a expansão da cana-de-açúcar não resultaria em desmatamento.

### **Transportes | *Transferência modal e Substituição de combustível***

O setor de transportes do Brasil possui uma intensidade menor de carbono em comparação com a maioria dos outros países, por causa de seu uso generalizado de etanol como combustível para veículos. Como consequência, o potencial de redução de emissões parece relativamente limitado. Por esse motivo, o estudo simulou as emissões do setor resultantes se os biocombustíveis fossem substituídos por combustíveis fósseis (principalmente gasolina). Nesse caso, as emissões no Cenário de Referência aumentariam em até 50% em 2030 (Figura 7).

<sup>13</sup> As medidas propostas para redução do desmatamento sob o cenário de baixa emissão de carbono consideraram o solo adicional necessário para a plantação de cana-de-açúcar para exportação do etanol de modo a evitar o vazamento de carbono.

**Tabela 3: Potencial de Redução de Emissões no Setor de Energia no Brasil (2010–2030)**

OPÇÕES DE MITIGAÇÃO DE BAIXO CARBONO	REDUÇÕES DE EMISSÕES 2010-30	
	(MtCO <sub>2</sub> )	%
<b>Lado da Demanda</b>	<b>1.407</b>	<b>77</b>
<b>Eletricidade</b>	<b>28</b>	<b>2</b>
Aquecimento solar	3	0
Ar condicionado (MPES)	3	0
Ar condicionado (“Selo PROCEL”)	0	
Refrigeradores (MPES)	10	1
Refrigeradores (população de baixa renda)	6	0
Motores	2	0
Iluminação residencial	3	0
Iluminação industrial	1	0
Iluminação comercial	2	0
<b>Combustíveis fósseis</b>	<b>1.378</b>	<b>75</b>
Otimização da combustão de combustíveis	105	6
Sistemas de recuperação de calor	19	1
Recuperação de vapor	37	2
Recuperação de calor de fornos	283	15
Novos processos	135	7
Outras medidas de uso eficiente de energia (UEE)	18	
Energia solar térmica	26	1
Reciclagem	75	4
Substituição por gás natural (incluindo dutos)	44	
Substituição por biomassa	69	4
Substituição de biomassa não renovável por carvão de plantações de árvores*	567	31
<b>Lado da Oferta</b>	<b>423</b>	<b>23</b>
<b>Geração de energia</b>	<b>177</b>	<b>10</b>
Energia eólica	19	1
Cogeração com biomassa	158	9
<b>Petróleo e gás</b>	<b>246</b>	<b>13</b>
GTL	128	7
Refino		
Melhoria do uso de energia em refinarias existentes (integração de calor)	52	3
Melhoria do uso de energia em refinarias existentes (mitigação de depósitos)	7	0
Melhoria do uso de energia nas em refinarias existentes (controle avançado)	7	0
Desenho otimizado de novas refinarias	52	3
<b>Total</b>	<b>1.830</b>	<b>100</b>

Apesar da baixa intensidade de emissões do setor de transportes do Brasil, o setor ainda responde por mais da metade do consumo de combustíveis fósseis do país.

As emissões do setor de transportes totalizaram cerca de 149 Mt CO<sub>2</sub>e em 2008 (12% das emissões nacionais), com 51% vinculados ao transporte urbano e ao aumento do uso de carros particulares, congestionamentos e sistemas ineficientes de transporte de massa. Contudo, espera-se que o aumento do uso de veículos com combustível *flex* e a troca da gasolina pelo bioetanol estabilizem as emissões de gases de efeito estufa dos veículos leves nos próximos 25 anos, apesar de um aumento projetado no número de quilômetros percorridos (Figura 5).

O Cenário de Baixo Carbono calcula as emissões do setor de transportes em 174 Mt CO<sub>2</sub> por ano em 2030 (em vez de 245 Mt CO<sub>2</sub> por ano em 2030 sob o Cenário de Referência; Figura 7). O total de emissões evitadas no período de 2010 a 2030 é de cerca de 524 Mt CO<sub>2</sub>, quase equivalente às emissões do Uruguai e El Salvador juntos. As emissões poderiam ser reduzidas por meio das seguintes opções de mitigação:

- *Urbana*. O incentivo de uma mudança para o sistema de Trânsito de ônibus Rápido (Bus Rapid Transit — BRT) e o Metrô, além da implementação de medidas de

gerenciamento de tráfego podem reduzir as emissões em até cerca de 26% em 2030 (Figura 6); contudo, política, coordenação e questões de financiamento para opções de trânsito de massa de capital intensivo geralmente impedem e/ou atrasam essa implementação. Uma administração descentralizada — mais de 5.000 municípios supervisionam sistemas de trânsito e de transporte — dificulta a mobilização de recursos.



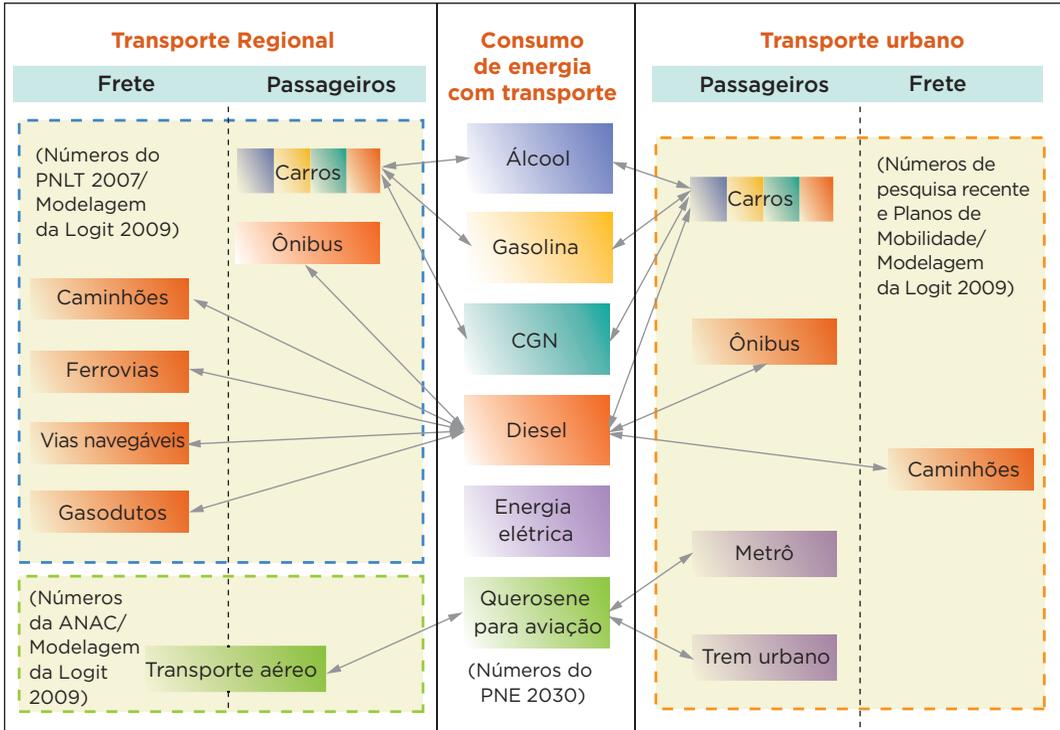
- *Regional.* Transferência modal para transporte de passageiros e frete — como a expansão de trens de passageiros de alta velocidade entre São Paulo e Rio de Janeiro para substituir o uso de aviões, carros e ônibus ou o aumento do uso das vias marítimas e ferroviárias para frete — poderiam reduzir as emissões em até cerca de 9% em 2030. A infraestrutura inadequada para a transferência intermodal eficiente e uma falta de coordenação entre as instituições públicas representam barreiras.
- *Combustível.* O aumento da transição dos combustíveis de gasolina para bioetanol de 60% no Cenário de Referência para 80% em 2030 poderia permitir mais de um terço do total da redução de emissões voltadas para o setor de transportes durante o período (cerca de 176 Mt CO<sub>2</sub>). O principal desafio é garantir que as sinalizações dos preços do mercado fiquem alinhadas com este objetivo; um mecanismo financeiro apropriado seria necessário para absorver os choques dos preços e manter a atratividade do etanol para os proprietários de veículos.

## Manejo de resíduos | Recursos financeiros

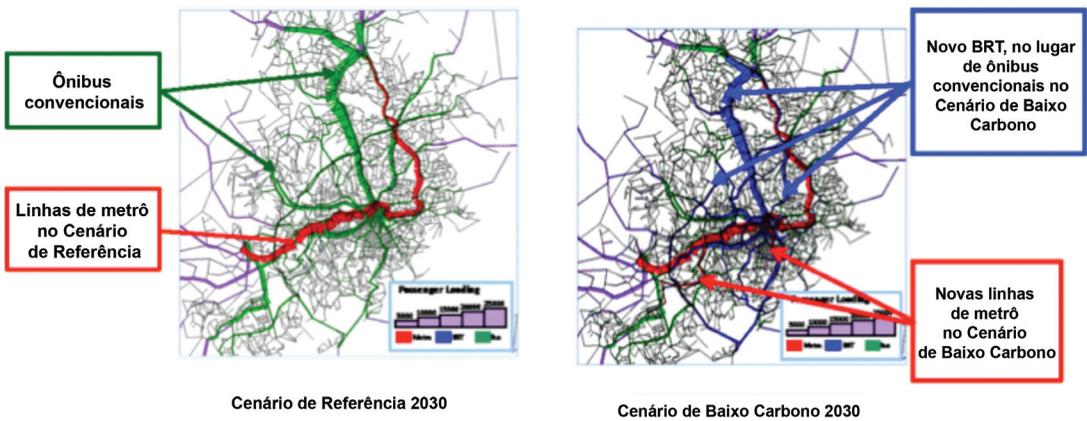
As emissões do setor de manejo de resíduos do Brasil totalizaram 62 Mt CO<sub>2</sub>e em 2008 (4,7% das emissões nacionais). No Cenário de Referência, as emissões de GEE devem aumentar para 99 Mt CO<sub>2</sub>e por ano em 2030, à medida que mais pessoas se beneficiarem dos serviços de coleta de resíduos sólidos e líquidos como resultado dos planos do governo para a universalização dos serviços de saneamento básico. No Cenário de Baixo Carbono as emissões anuais podem ser reduzidas em até 80% em 2030 (para 19 Mt CO<sub>2</sub>e por ano, comparáveis às emissões anuais do Paraguai), evitando 1.317 Mt CO<sub>2</sub> no período 2010 – 2030. As seguintes ações são previstas no Cenário de Baixo Carbono:

- Incentivos do mercado de carbono por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo para estimular a participação em projetos destinados à destruição dos gases de aterros sanitários
- Desenvolvimento da capacidade municipal para planejamento de longo prazo e desenvolvimento de projetos; aumento da conscientização e uso de estruturas, regulamentações e procedimentos legais existentes e melhoria de acesso a recursos financeiros
- Criação de consórcios intermunicipais e regionais para lidar com o tratamento de resíduos
- Desenvolvimento de parcerias público-privadas por meio de concessões sob contratos de longo prazo

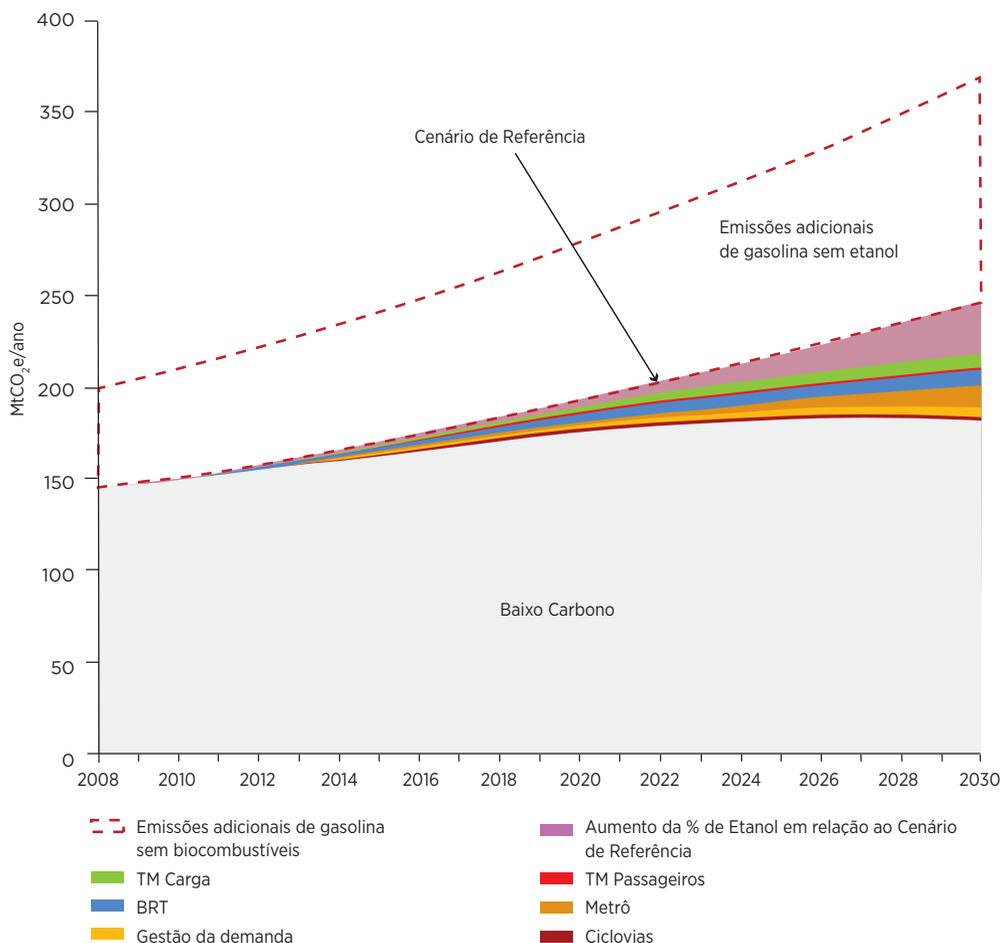
**Figura 5: Vinculação do Transporte Regional e Urbano ao Consumo de Combustível**



**Figura 6: Exemplo de Transferência modal para Transporte Urbano – Belo Horizonte, Brasil**



**Figura 7: Potencial de Redução de Emissões no Setor de Transporte e Comparação de Emissões nos Cenários de Referência, Baixo Carbono e “Combustíveis Fósseis”, 2008-30**



## ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica considerou as condições financeiras sob as quais as medidas propostas de mitigação e remoção de carbono podem ser implementadas e priorizadas. Foram realizadas duas análises econômicas complementares:

- *Uma avaliação microeconômica* das opções consideradas a partir das perspectivas social e do setor privado
- *Uma avaliação macroeconômica* dos impactos dessas opções, individual ou coletivamente, na economia nacional usando um modelo de Insumos e Produtos (Modelo Input-Output ou I-O)

A abordagem social comparou a relação custo-efetividade das medidas de mitigação e remoção de carbono para a sociedade em geral, calculando os Custos Marginais de Abatimento (CMAs) para cada medida e usando uma taxa de desconto social de 8%. Os resultados foram classificados por ordem crescente de valor e plotados em um único gráfico, conhecido como curva do Custos Marginais de Abatimento (CCMA), para

facilitar uma rápida comparação intersetorial dos custos e volumes das emissões de GEE (Figura 8). O estudo priorizou e selecionou as opções de mitigação e remoção de carbono para o Cenário de Baixo Carbono de 2010–2030 do Brasil. Foram usados os seguintes critérios: o CMA, que representa a perspectiva social adotada na maioria dos exercícios de planejamento dos governos, no caso de não ultrapassar US\$ 50, exceto para opções com grandes cobenefícios e impactos macroeconômicos positivos (geralmente observadas nos setores de transportes e de manejo de resíduos).

A abordagem privada explorou as condições sob as quais as medidas propostas se tornariam atraentes a cada um dos desenvolvedores de projetos. Ela faz uma estimativa do incentivo econômico mínimo — o “preço de equilíbrio do carbono” — que deve ser fornecido para a medida de mitigação proposta tornar-se atraente usando as taxas esperadas de retorno dos agentes econômicos existentes em cada setor, conforme observado pela maioria das instituições financeiras no Brasil. As taxas de retorno necessárias para o setor privado são geralmente mais elevadas do que a taxa de desconto social e, portanto, o preço de equilíbrio do carbono é maior do que o CMA. Em alguns casos, o CMA é negativo e o preço de equilíbrio do carbono é positivo (por exemplo, a cogeração da cana-de-açúcar, medidas para evitar o desmatamento, substituição de combustíveis por gás natural, iluminação e motores elétricos ou GTL), o que ajuda a entender por que uma medida com um CMA negativo não é automaticamente implementada. A maioria das opções de mitigação e remoção de carbono presumem um incentivo para se tornarem atraentes, exceto as medidas de eficiência energética.

O volume total de incentivos necessários no período 2010–2030 é de US\$ 445 bilhões ou US\$ 2 bilhões por ano em média. Desse total, cerca de US\$ 34 bilhões no período 2010–2030, ou o equivalente a US\$ 1,6 bilhão por ano (US \$6 por tCO<sub>2</sub>),<sup>14</sup> são necessários para as medidas que reduzem o desmatamento (Figura 8). Sob o Cenário de Baixo Carbono, mais de 9 Gt CO<sub>2</sub> (80%) de potencial de redução de emissões necessita de incentivos de US\$ 6 por tCO<sub>2</sub>e ou menos (Figura 9). Os incentivos econômicos podem ser fornecidos por vários meios que incluem, entre outros, a venda de créditos de carbono, subsídios de capital para tecnologias de baixo carbono, condições de financiamento de investimentos e créditos de impostos.

Um modelo de insumos e produtos (I-O) simples foi usado para fazer uma estimativa dos efeitos macroeconômicos individuais e coletivos das medidas de mitigação e remoção de carbono e comparou os Cenários de Baixo Carbono e de Referência. Apesar de os resultados apenas sugerirem a magnitude do impacto, a simulação baseada no modelo ES indica que o investimento sob o Cenário de Baixo Carbono não deverá afetar negativamente o crescimento econômico. No período 2010–2030, poderia ser esperada uma ligeira melhoria no PIB (0,5% por ano) e em termos de emprego (média de 1,13% anualmente), devido aos efeitos secundários na economia e associados aos investimentos em baixo carbono.

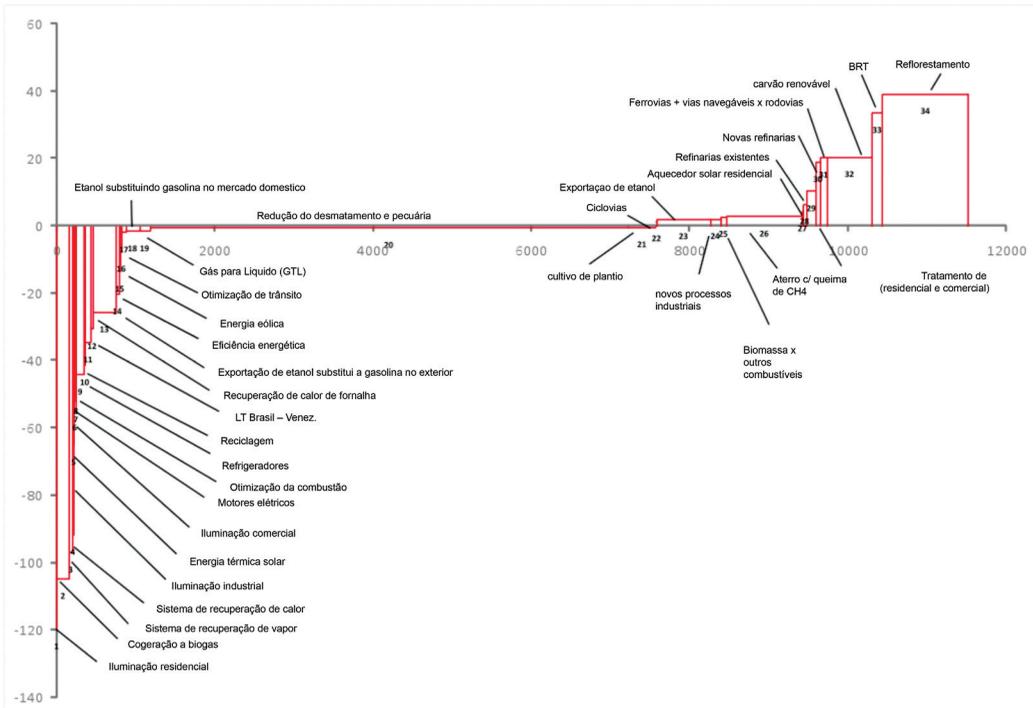
## UM CENÁRIO NACIONAL DE BAIXO CARBONO

*O Estudo de Baixo Carbono para o Brasil* cria um Cenário nacional de Baixo Carbono por meio de uma integração coerente dos Cenários de Baixo Carbono para cada uma das quatro áreas descritas levando em consideração a análise macroeconômica. Os métodos e resultados foram apresentados e discutidos em várias ocasiões com inúmeros representantes do governo para facilitar a coordenação e a transparência entre os setores (Box 3).

Esse Cenário Nacional de Baixo Carbono não explora todas as opções de mitigação possíveis nem representa um *mix* recomendado. Em vez disso, esse cenário simula o resultado combinado de todas as medidas priorizadas examinadas neste estudo. Ele deve ser considerado um menu de opções e não uma prescrição, uma vez que a economia política entre os setores ou regiões pode diferir consideravelmente, fazendo com que algumas opções de mitigação que a princípio parecem mais

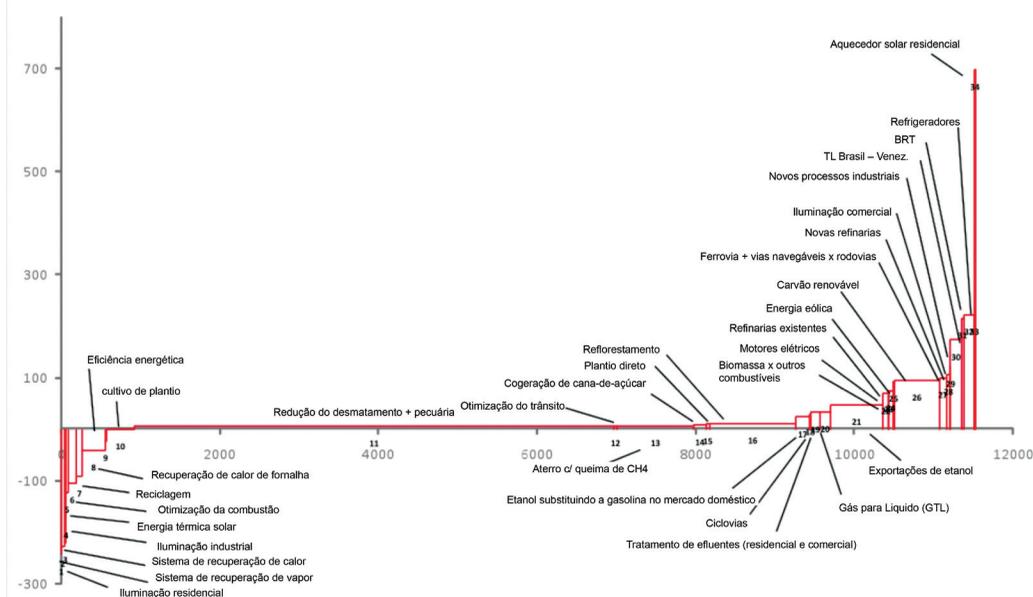
<sup>14</sup> Inclui custos de proteção das florestas de US\$ 24 bilhões no período 2010–2030.

**Figura 8: Curvas de Custos Marginais de Abatimento para Medidas de Mitigação com CMAs abaixo de US\$50 por tCO<sub>2</sub>e (taxa de desconto social de 8%)**



Nota: A premissa dos preços do petróleo é a mesma do PNE 2030 (US\$ 45 por barril em média), que é baixa comparada aos preços atuais (US\$ 70 por barril); por isso, é necessária uma análise de sensibilidade, principalmente para opções que evitam petróleo e gás (ex.: substituição da gasolina por bioetanol).

**Figura 9: Preço de Equilíbrio do Carbono para Medidas de Mitigação e Remoção de carbono com CMAs abaixo de US\$50/tCO<sub>2</sub>e**



### Brasil: Colaboração no Setor Público

A participação inicial de grupos interessados incluiu uma série de consultas e três reuniões organizacionais.

**Série de consultas: fevereiro-maio de 2007.** Foram realizadas intensas discussões com cerca de 60 participantes do governo, setor privado, acadêmicos e comunidades de ONGs para explicar, testar e ajustar o conceito do estudo. Foram formadas comissões de grupos interessados para mapear o processo do estudo, incluindo a identificação de informações técnicas e ferramentas modernas, a preparação de um inventário do conhecimento local atual, a definição de prioridades para o investimento de recursos e o mapeamento de recursos humanos (nacionais e dentro da comunidade de desenvolvimento). Os planos oficiais relevantes do governo também foram identificados em conjunto com as áreas para um significativo potencial de mitigação (eixo para limite do estudo e do projeto) e onde um estudo adicional era necessário à luz das informações disponíveis atualmente (informações incrementais).

**Primeira reunião: setembro de 2007.** Essa reunião criou o princípio básico do estudo. A reunião durou três dias e envolveu cerca de 60 a 70 pessoas, incluindo ONGs, 10 ministros de governo e acadêmicos. Definiu a responsabilidade do governo pelo estudo; fortaleceu parcerias com os Ministérios das Relações Exteriores, Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente e ajudou a estabelecer o estudo como um processo interativo que ocorre no setor público do Brasil. Os peritos locais apresentaram seus pontos de vista sobre o projeto do estudo na reunião.

**Segunda reunião: abril de 2008.** Foi feita uma apresentação à comissão especial encarregada de preparar um Plano Nacional de Mudança Climática em um evento de um dia que envolveu os principais peritos locais. Um importante *feedback* foi obtido nessa reunião que também discutiu a inclusão de um Cenário da Legalidade: quais são os ganhos em mitigação climática, se todas as legislações relevantes estiverem em vigor? A equipe foi encarregada de fornecer resultados antecipados à comissão para seu *feedback*.

**Terceira reunião: março de 2009.** Foi feita uma apresentação dos resultados emergentes para os representantes de 10 ministérios.

**Série de consultas: outubro de 2009 a março de 2010.** Detalhes técnicos, resultados finais e recomendações foram amplamente discutidos com representantes de diversos ministérios e órgãos, gerando um melhor entendimento entre as autoridades governamentais e uma significativa melhoria das conclusões.

Adaptado de: "Low Carbon Growth Country Studies — Getting Started: Experience from Six Countries." (Estudos de Crescimento com Baixo Carbono para Países — Introdução: Experiência de Seis Países). Nota da reunião 001/09. Programa de Apoio à Gestão do Setor Energético.

dispendiosas sejam mais fáceis de adotar do que outras que inicialmente podem parecer economicamente mais atraentes.

O Cenário nacional de baixo carbono apresentado a seguir reduz as emissões brutas estimadas de GEE em 37% durante o período projetado de 2010–30 em comparação com o Cenário de Referência<sup>15</sup>, evitando mais de 11,1 Gt CO<sub>2</sub>e. As emissões brutas projetadas para 2030 são 40% mais baixas no Cenário de Baixo Carbono (1.023 Mt CO<sub>2</sub>e por ano) do que no Cenário de Referência (1.718 Mt CO<sub>2</sub>e por ano) e 20% mais baixas do que o total de emissões em 2008 (1.288 Mt CO<sub>2</sub>e por ano; Tabela 4; Figura 10).

<sup>15</sup> Ver nota 4.

**Tabela 4: Distribuição setorial das emissões nos Cenários de Referência e de Baixo Carbono, 2008-30**

	CENÁRIO REF. 2008		CENÁRIO REF. 2030		CENÁRIO DE BAIXO CARBONO, 2030	
	(MtCO <sub>2</sub> e)	%	(MtCO <sub>2</sub> e)	%	(MtCO <sub>2</sub> e)	%
Energia	232	18	458	27	297	29
Transporte	149	12	245	14	174	17
Manejo de resíduos	62	5	99	6	18	2
Desmatamento	536	42	533	31	196	19
Pecuária	237	18	272	16	249	24
Agricultura	72	6	111	6	89	9
<b>Total</b>	<b>1.288</b>	<b>100</b>	<b>1.718</b>	<b>100</b>	<b>1.023</b>	<b>100</b>
Remoção de carbono	-29	(2)	-21	(1)	-213	(21)

As medidas para reduzir o desmatamento e aumentar a remoção de carbono mostraram-se mais eficazes na redução das emissões no Cenário de Baixo Carbono. O desmatamento poderia ser reduzido em mais de 80% até 2017 em comparação com a média de 1996–2005 e garantiria o cumprimento do recente compromisso voluntário do Brasil de reduzir tanto o desmatamento como as emissões nacionais. A implementação de plantações de florestas e o restauro de reservas legais poderiam sequestrar adicionalmente o equivalente a 16% das emissões do Cenário de Referência em 2030 (213 Mt CO<sub>2</sub>e por ano).<sup>16</sup>

Nos setores de energia e transporte é mais difícil reduzir as emissões, uma vez que elas já são baixas para os padrões internacionais. Como resultado, a parcela relativa desses setores de emissões nacionais aumenta mais no Cenário de Baixo Carbono do que no Cenário de Referência (Figura 11).

## FINANCIAMENTO

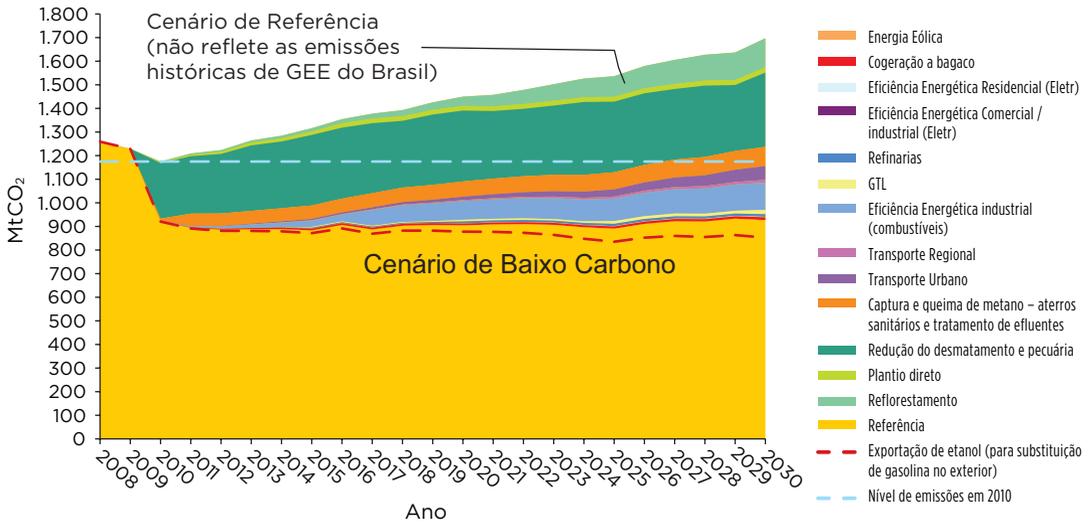
Além dos incentivos financeiros detalhados acima, o investimento necessário para implementar as opções de baixo carbono seriam mais do que o dobro do nível de investimentos necessários no Cenário de Referência; cerca de US\$ 725 bilhões em termos reais, contra US\$ 336 bilhões em 2010–30. Desse valor, US\$ 344 bilhões são necessários para o setor de energia, US\$ 157 bilhões para uso da terra e mudanças no uso da terra, US\$ 141 bilhões para transportes e US\$ 84 bilhões para o manejo de resíduos (Tabela 5). No total, representa uma média de US\$ 20 bilhões a mais em investimentos anuais. Isso equivale a menos de 10% dos investimentos nacionais em 2008 (cerca de 19% do PIB<sup>17</sup>), menos da metade dos US\$ 42 bilhões em desembolsos de empréstimos feitos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento em 2008 e dois terços dos US\$ 30 bilhões de investimentos estrangeiros diretos em 2008.

São necessários investimentos públicos e privados para implementar os Cenários de Referência e de Baixo Carbono. Nos dois cenários, os setores de transportes e manejo de resíduos exigem níveis mais elevados de investimentos no setor privado do que hoje, embora o setor de energia continue a beneficiar-se da significativa participação do setor público. Para o uso da terra, seria necessária a intervenção do setor público para reduzir as emissões consequentes do desmatamento, embora na forma de fundos especiais como o Fundo da Amazônia, e para aplicação das leis, quanto ao aumento da produtividade da pecuária, depende de melhor acesso ao financiamento público e privado.

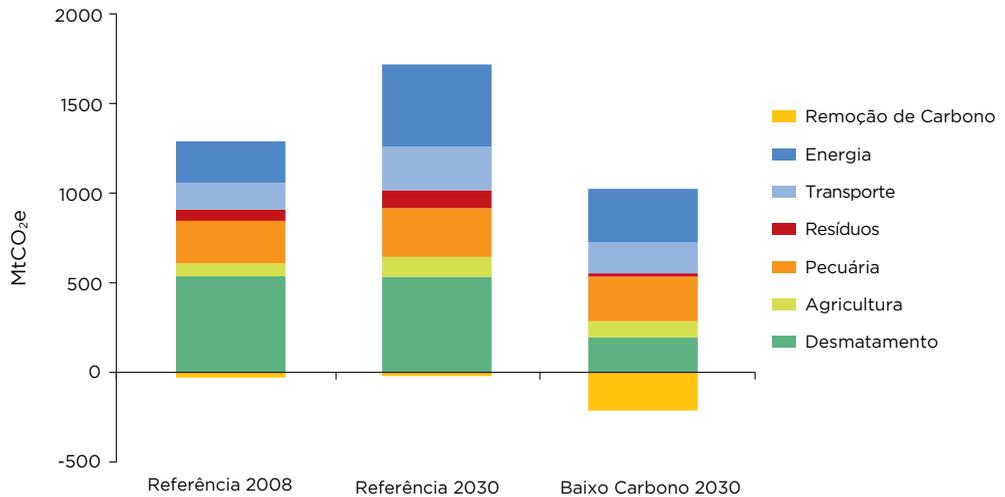
<sup>16</sup> Se a remoção de carbono resultante do reflorestamento natural de florestas degradadas fosse incluída, a remoção em potencial aumentaria em média 112 Mt CO<sub>2</sub> por ano, reduzindo assim as emissões líquidas.

<sup>17</sup> PIB de US\$ 1.573 trilhões de acordo com a CIA The World Factbook.

**Figura 10: Cunhas de Mitigação de GEE no Cenário de Baixo Carbono, 2008-30**



**Figura 11: Comparação da distribuição das emissões brutas entre setores nos Cenários de Referência e de Baixo Carbono, 2008-30**



O fortalecimento do setor público e uma participação potencialmente maior do setor privado são necessários para apoiar o restauro das florestas para cumprimento da Lei das Reservas Legais.

Seriam necessários incentivos para mobilizar o investimento do setor privado em medidas de baixo carbono. O setor de transporte exige o maior montante de incentivos anuais em média (aproximadamente US\$ 9 bilhões) em comparação com energia (US\$ 7 bilhões), manejo de resíduos (US\$ 3 bilhões), e LULUCF (US\$ 2,2 bilhões; Figuras 12, 13). A maioria das medidas de eficiência energética não exige incentivos adicionais. Seriam necessários instrumentos de financiamento específicos e novas fontes de financiamento para promover com sucesso a implementação de medidas de baixo carbono.

**Tabela 5: Comparação das Exigências de Investimentos Setoriais para os Cenários de Referência e de Baixo Carbono por Opção de Mitigação\*, 2010-30**

SETOR/ MEDIDA DE ABATIMENTO	POTENCIAL DE ABATIMENTO (MtCO <sub>2</sub> e)	POTENCIAL ANUAL DE ABATIMENTO (MtCO <sub>2</sub> e)	INVESTIMENTO NO CENÁRIO DE REFERÊNCIA (BILHÕES US\$)	INVESTIMENTO NO CENÁRIO DE BAIXO CARBONO (BILHÕES US\$)	BAIXO CARBONO DIFERENCIAL DE INVESTIMENTO (BILHÕES US\$)	DIFERENCIAL ANUAL (BILHÕES US\$)
<b>Uso da terra e mudanças do uso da terra</b>						
Reflorestamento	1.085	52	-	54,140	54,140	2,578
Expansão do plantio direto	355	17	0,215	0,153	(0,062)	(0,003)
Redução do Desmatamento e pecuária	6.041	288	41,845	102,420	60,575	2,885
<b>Total de uso da terra e mudança de uso da terra</b>	<b>7.481</b>	<b>356</b>	<b>42,060</b>	<b>156,713</b>	<b>114,653</b>	<b>5,460</b>
<b>Energia</b>						
<i>Geração de eletricidade</i>						
Linha de transmissão (Brasil-Venezuela)	28	1	1,676	0,455	(1,221)	(0,058)
Cogeração de cana-de-açúcar	158	8	16,756	52,264	35,508	1,691
Energia eólica	19	1	4,287	12,898	8,611	0,410
<i>Conservação de eletricidade</i>						
Aquecimento solar residencial	3	0	3,439	4,605	1,166	0,056
Iluminação residencial	3	0	0,903	1,197	0,294	0,014
Refrigeradores (MEPS)	10	0	42,734	48,785	6,051	0,288
Iluminação comercial	1	0	0,265	0,748	0,483	0,023
Motores elétricos	2	0	3,399	4,601	1,202	0,057
Iluminação industrial	1	0	0,108	0,286	0,178	0,008
Reciclagem	75	4	-	0,249	0,249	0,012
<i>Produção de combustíveis fósseis</i>						
Gas to liquid (GTL)	128	6	2,310	6,986	4,676	0,223
Novas refinarias	52	2	116,753	120,908	4,155	0,198
Refinarias existentes (integração energética)	52	2	-	4,028	4,028	0,192
Refinarias existentes (controle de incrustação)	7	0	-	-	-	-
Refinarias existentes (controles avançados)	7	0	-	1,492	1,492	0,071
<i>Conservação de combustíveis fósseis</i>						
Otimização da combustão	105	5	-	2,215	2,215	0,105
Sistema de recuperação de calor	19	1	-	0,323	0,323	0,015
Sistema de recuperação de vapor	37	2	-	0,819	0,819	0,039
Sistema de recuperação do calor de fornalhas	283	13	-	8,074	8,074	0,384
Novos processos industriais	135	6	-	37,995	37,995	1,809
Outras medidas de eficiência energética	18	1	-	0,827	0,827	0,039
<i>Substituição de combustíveis fósseis</i>						
Energia térmica solar	26	1	-	1,482	1,482	0,071
Substituição do carvão não renovável por carvão renovável	567	27	-	8,794	8,794	0,419
Gás natural em substituição de outros combustíveis	44	2	-	4,088	4,088	0,195
Exportações de etanol substituindo gasolina no exterior	667	32	3,817	19,680	15,863	0,755
<b>Total de energia</b>	<b>2.447</b>	<b>117</b>	<b>196,447</b>	<b>343,799</b>	<b>147,352</b>	<b>7,017</b>
<b>Transportes</b>						
<i>Regional</i>						
Substituição doméstica de gasolina por etanol	176	8	9,992	20,158	10,166	0,484
Investimentos em ferrovias e hidrovias versus rodovias	63	3	32,074	41,707	9,633	0,459
Trem-bala (São Paulo-Rio de Janeiro)	12	1	-	28,759	28,759	1,369
<i>Urbano</i>						
Metrô e BRT (Bus Rapid Transit)	174	8	6,562	49,182	42,620	2,030
Otimização do tráfego	45	2	-	1,050	1,050	0,050
Investimento em ciclovias	17	1	-	0,303	0,303	0,014
<b>Total de transportes</b>	<b>487</b>	<b>23</b>	<b>48,628</b>	<b>141,159</b>	<b>92,531</b>	<b>4,406</b>
<b>Manejo de resíduos</b>						
Destruição do metano de aterros sanitários	963	46	1,984	5,687	3,703	0,176
Tratamento de águas servidas + destruição de metano	116	6	40,075	41,678	1,603	0,076
Tratamento de águas servidas + destruição de metano (industrial)	238	11	7,314	36,569	29,255	1,393
<b>Total de manejo de resíduos</b>	<b>1.317</b>	<b>63</b>	<b>49,373</b>	<b>83,934</b>	<b>34,561</b>	<b>1,646</b>
<b>Total</b>	<b>11.732</b>	<b>559</b>	<b>336,508</b>	<b>725,605</b>	<b>389,097</b>	<b>18,528</b>

Nota: Exclui ar condicionado (MEPS) e BRT.

## DESAFIOS À IMPLEMENTAÇÃO

A implementação de um Cenário de Baixo Carbono enfrenta diversos desafios.

**Uso da terra e mudança de uso da terra.** Quatro desafios e áreas especiais exigem apoio:

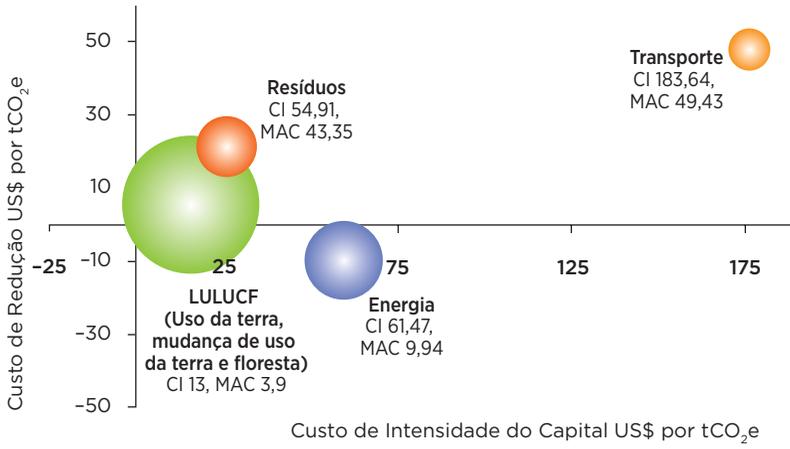
- *Os sistemas de pecuária produtiva* exigem um capital elevado no estágio de investimento e em termos de capital de giro. Os agricultores e o sistema bancário precisam de incentivos financeiros e empréstimos com prazos mais flexíveis para implementar o Cenário de Baixo Carbono. Estima-se que o volume de incentivos necessários seja da ordem de US\$ 1,6 bilhão por ano ou US\$ 34 bilhões no período 2010–30.
- *Os serviços de extensão* exigem um intenso desenvolvimento.
- *Efeito de rebote.* O aumento da produtividade da atividade pecuária pode acionar uma maior produção de carne e a conversão de mais florestas nativas em pastagens. Esse risco é especialmente alto em áreas onde novas estradas foram abertas ou pavimentadas. Os incentivos precisam ser seletivos, principalmente na Região Amazônica. Os incentivos devem ser claramente estabelecidos, com base em títulos de propriedade da terra georreferenciados e válidos, e incluir condições relativas à conversão das terras.
- *Vazamento de carbono.* Por exemplo: o replantio de florestas regidas pela Lei das Reservas Legais removeria uma grande quantidade de CO<sub>2</sub> da atmosfera, mas a área não ficaria disponível para outras atividades. Nesse caso, uma quantidade equivalente de pastagens teria que ser liberada para evitar a redução da produção ou a destruição da floresta nativa em outro lugar. Uma obrigação legal mais flexível para as reservas florestais poderia fazer com que a meta de acomodar todas as atividades agrícolas, de pecuária e florestais sem desmatamento fosse menos difícil, mas também poderia significar uma menor remoção de carbono.

**Energia.** São necessários esforços significativos para a implementação de medidas nos Cenários de Referência e de Baixo Carbono:

- *Geração.* Os projetos do PNE 2030 de hidroeletricidade representarão mais de 70% da geração de energia em 2030; a capacidade de geração de hidroeletricidade precisará aumentar em um ritmo ainda não observado. O processo de licenciamento ambiental restringiu a participação da energia hidrelétrica em novos leilões e, como resultado, houve um aumento da geração de combustíveis fósseis. Os processos de licenciamento precisariam ser aprimorados.<sup>18</sup>
- *Transmissão.* A principal barreira para a cogeração de bagaço de cana e para a energia eólica é o custo de interconexão com a rede de subtransmissão às vezes distante ou com restrições de capacidade. Se esse custo continuar a ser totalmente pago respectivamente pelas usinas de açúcar e usinas eólicas, é provável que a contribuição da cogeração e da energia eólica continue baixa, resultando na participação de um número maior de alternativas baseadas em combustíveis fósseis. A questão crucial é como financiar a rede necessária. Um programa ambicioso de desenvolvimento de redes inteligentes ajudaria a otimizar a exploração desse potencial promissor — mas distribuído — de geração de baixa intensidade de carbono.
- *Eficiência energética.* Houve progresso na implementação da lei de eficiência energética e vários mecanismos que promovem essa eficiência consideram as necessidades de todos os grupos de consumidores (ex., leilões planejados pelo PROCEL, CONPET e pela EPE). Essas iniciativas oferecem a possibilidade de criar um mercado sustentável de eficiência energética. Os principais problemas a serem enfrentados são: as distorções de preços que geram desestímulos à conservação da energia e a separação dos esforços em prol da eficiência energética das instituições de energia e de petróleo e gás. É preciso obter uma melhor coordenação institucional por intermédio de uma comissão responsável pelo desenvolvimento dos dois programas.

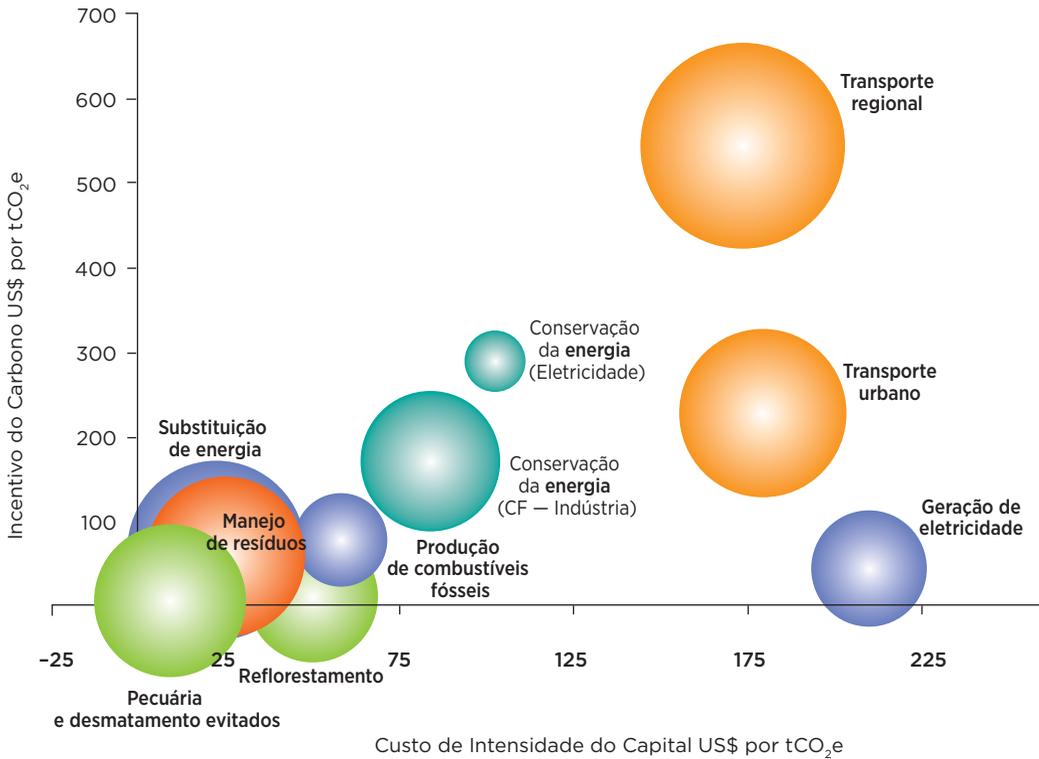
<sup>18</sup> Consulte o Relatório de Síntese “Licenciamento ambiental de projetos hidrelétricos no Brasil: uma contribuição para o debate”. Unidade de Gestão do País do Banco Mundial, 28 de março de 2008.

**Figura 12: Avaliação dos Custos Marginais de Redução, Intensidade do Capital e Potencial de Redução das Emissões, por setor**



Nota: O tamanho da bolha corresponde ao montante de emissões evitadas.

**Figura 13: Avaliação dos Incentivos Necessários e da Intensidade de Capital, por Setor**



Nota: O tamanho da bolha corresponde à soma dos incentivos anuais com o investimento incremental anual exigidos em US\$.

**Transporte.** Os principais desafios para o transporte urbano concentram-se nas restrições de financiamento e na coordenação institucional. Mais de 5.000 municípios administram de forma independente seus sistemas de trânsito e transporte, dificultando a harmonização de planos e políticas na esfera nacional, e os sistemas urbanos de transporte de massa exigem um grande capital. As parcerias público-privadas (PPPs) poderiam ser uma opção para superar as restrições de financiamento.

É necessário ter melhor integração e parcerias entre as concessionárias de trens e entre as concessionárias e o governo (incluindo as autoridades normativas) para promover medidas de transportes regionais. A maioria dos meios de transporte é operada pelo setor privado e o suporte público é necessário para garantir a integração eficiente e a construção de novos terminais e infraestrutura. É necessário reunir um planejamento adequado, a alocação de recursos e medidas para facilitar o financiamento de grandes investimentos para criar e adaptar projetos de transferência intermodal e para atenuar os impactos negativos (por ex., na abertura de novas estradas nas florestas da Amazônia).

O principal desafio para a migração da gasolina para o combustível de bioetanol é o alinhamento dos sinais dos preços do mercado, uma vez que a maior parte dos carros produzidos no Brasil é de veículos *flex*. É preciso criar e implementar um mecanismo financeiro para absorver os choques dos preços do petróleo e manter a atratividade do etanol para os proprietários de veículos.

**Manejo de resíduos.** A complexidade institucional e a descentralização dificultam o levantamento da grande quantidade necessária de recursos financeiros. É necessário haver coordenação intermunicipal, regulamentações claras e PPPs, bem como a continuação de incentivos baseados no carbono para recuperação/uso dos gases dos aterros sanitários para ampliar a coleta, o tratamento e o descarte de resíduos, além de evitar as emissões.

O Brasil dispõe de grandes oportunidades de mitigação e remoção das emissões de GEE e, portanto, é um ator importante para enfrentar os desafios globais do clima. *O Estudo de Baixo Carbono para o Brasil* demonstra uma série de medidas tecnicamente viáveis para a mitigação e remoção das emissões de GEE. Contudo, a implementação dessas medidas propostas exigiria grandes volumes de investimentos e incentivos, o que pode exceder uma resposta estritamente nacional e requerer apoio financeiro internacional. Além disso, para que o Brasil possa aproveitar plenamente todas as oportunidades para mitigar as emissões de GEE, os mecanismos de mercado não serão suficientes. Políticas públicas e planejamento teriam importância crucial, concentrando-se na concorrência pelo uso da terra e na proteção das florestas.



## ACRÔNIMOS E ABREVIações

BLUM	Modelo Brasileiro de Uso da Terra (Brazil Land Use Model)
BRT	Bus Rapid Transit (Sistema de Trânsito de Ônibus Rápido)
C	Carbon
Ce	Carbono Equivalente
CETESB	Agência de Manejo de Resíduos do Estado de São Paulo (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental)
CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub> e	Equivalente ao dióxido de carbono
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural
COPERT	Modelo para calcular as emissões poluentes do ar dos transportes
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa de Planejamento Energético
ESMAP	Programa de Apoio à Gestão do Setor Energético
PIB	Produto interno bruto
GHG	Greenhouse gas
GEE	Gases do efeito estufa
Gt	Bilhões de toneladas
GTL	Conversão de gás natural em combustíveis líquidos ( <i>Gas-to-liquid</i> )
ha	Hectare
HFC	Hidrofluorcarboneto
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
IO	Input-output (insumos e produtos)
km <sup>2</sup>	Quilômetro quadrado
LULUCF	Land use, land-use change, and forestry (Uso da terra, mudança de uso da terra e florestas)
CMA	Custo Marginal de Abatimento (Marginal Abatement Cost)
CCMA	Curva de Custo Marginal de Abatimento (Marginal Abatement Cost Curve)
MAED	Modelo para análise de demanda de energia (Model for Analysis of Energy Demand)
MESSAGE	Mix otimizado da oferta de energia
Mt	Milhões de toneladas
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
ÓCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PFC	Perfluorcarboneto
PNE	Plano Nacional de Energia
PNMC	Plano Nacional sobre Mudança do Clima
PPP	Parceria público-privada
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SF <sub>6</sub>	Hexafluoreto sulfúrico
SIM	Simulate Brasil
t	Toneladas
TRANSCAD	Modelo de demanda de planejamento e viagens
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
US\$	Dólar dos Estados Unidos
USP	Universidade de São Paulo

#### **Créditos das fotos**

Capa: iStockphoto

Página 5: stock.xchnng

Página 6: Yosef Hadar/ Banco Mundial

Página 10: stock.xchnng

Página 15: stock.xchnng

Página 27: stock.xchnng

#### **Créditos da produção**

Projeto: Naylor Design, Inc.

Produção: Automated Graphic Systems, Inc.

Copyright ©Junho 2010

The International Bank for Reconstruction  
and Development/THE WORLD BANK GROUP  
1818 H Street NW

O texto desta publicação pode ser reproduzido no todo ou em parte e de qualquer forma para fins educacionais e não lucrativos sem autorização especial, desde que seja feito o reconhecimento da fonte. As solicitações de autorização para reproduzir partes para revenda ou fins comerciais devem ser enviadas para o(a) Gerente do ESMAP no endereço acima. O ESMAP incentiva a divulgação do seu trabalho e geralmente concede pronta permissão. O(A) Gerente do ESMAP gostaria de receber uma cópia da publicação que utilizar esse texto como fonte no endereço acima.

Todas as imagens são propriedade exclusiva da respectiva fonte e não podem ser usadas para nenhum fim sem autorização escrita da fonte.

O Programa de Apoio à Gestão do Setor Energético (ESMAP) é um programa global de assistência técnica e conhecimento administrado pelo Banco Mundial, que auxilia os países de renda baixa e média a aumentar o conhecimento e a capacidade institucional para obter soluções de energia ambientalmente sustentáveis para redução da pobreza e crescimento econômico.

Para obter mais informações sobre o Programa de Estudos de Baixo Carbono para Países ou sobre o trabalho do ESMAP acerca da mudança climática, visite nosso site em [www.esmap.org](http://www.esmap.org) ou escreva para nós em:



Energy Sector Management Assistance Program  
The World Bank  
1818 H Street, N.W.  
Washington, D.C. 20433 EUA  
e-mail: [esmap@worldbank.org](mailto:esmap@worldbank.org)  
web: [www.esmap.org](http://www.esmap.org)

O principal objetivo de desenvolvimento do fundo de Assistência ao Financiamento do Carbono (CF-Assist) é garantir que os países em desenvolvimento e as economias em transição possam participar integralmente dos mecanismos flexíveis definidos no Protocolo de Quioto e beneficiar-se dos ganhos de desenvolvimento sustentável associados com esses projetos.

O CF-Assist é co-patrocinador do Programa de Estudos sobre Países em Crescimento com Baixo Carbono.



Carbon Finance-Assist Program  
World Bank Institute  
1818 H Street, N.W.  
Washington, D.C. 20433 EUA  
e-mail: [cfassist@worldbank.org](mailto:cfassist@worldbank.org)  
web: [www.cfassist.org](http://www.cfassist.org)