

2010

Estudo de Baixo Carbono para o Brasil



Autor Principal
Christophe de Gouvello | Banco Mundial
Departamento de Desenvolvimento Sustentável
Região da América Latina e Caribe

© 2010 O Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento / Banco Mundial

1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
Telefone: 202-473-1000
Internet: www.worldbank.org
Email: feedback@worldbank.org

Todos os direitos reservados

Este volume é um produto da equipe do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento / Banco Mundial. Os resultados, interpretações e conclusões expressas neste volume não refletem necessariamente a opinião dos Diretores Executivos do Banco Mundial ou dos países por eles representados.

O Banco Mundial não garante a precisão das informações incluídas neste trabalho e não aceita qualquer responsabilidade por qualquer conseqüência da sua utilização. As fronteiras, cores, denominações e outras informações apresentadas em qualquer mapa deste trabalho não implicam qualquer opinião por parte do Banco Mundial sobre o status legal de qualquer território ou o endosso ou aceitação de tais fronteiras.

Direitos e Permissões

O material desta publicação é protegido por direitos autorais. A reprodução total ou parcial do texto deste documento sem permissão pode constituir violação da lei aplicável. O Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento / Banco Mundial incentiva a divulgação do seu trabalho e concede a permissão para reproduzir partes do mesmo, desde que citada a fonte.

Para permissões para fazer fotocópias ou reimprimir qualquer parte deste trabalho, favor enviar uma solicitação com informações completas para: Copyright Clearance Center Inc., 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, E.U.A. telefone: 978-750-8400, fax: 978-750-4470; Internet: www.copyright.com.

Todas as outras consultas sobre direitos e licenças, incluindo direitos subsidiários, devem ser dirigidos ao Gabinete do editor, o Banco Mundial, 1818 H Street, NW, Washington, DC, 20433, E.U.A., fax: 202-522-2422 e-mail: pubrights@worldbank.org.

O Programa de Assistência à Gestão do Setor de Energia (ESMAP) é um programa de conhecimento global e assistência técnica administrado pelo Banco Mundial, que fornece auxílio aos países de baixa e média renda com o objetivo de aumentar o saber-fazer e capacidade institucional dos mesmos para alcançar soluções ambientalmente sustentáveis no setor de energia que conduzem à redução da pobreza e ao crescimento econômico.

Para obter maiores informações sobre o **Programa de Estudos de Baixo Carbono para Países** ou sobre o trabalho do ESMAP no âmbito das mudanças climáticas, visite-nos na www.esmap.org ou escreva para:



Energy Sector Management Assistance Program

Energy Sector Management Assistance Program
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433 USA
email: esmap@worldbank.org
web: www.esmap.org

2010

Estudo de Baixo Carbono para o Brasil

Grupo Banco Mundial

Autor Principal

Christophe de Gouvello

*Departamento de Desenvolvimento Sustentável, Região da América
Latina e Caribe*

Coordenadores dos Temas:

Britaldo S. Soares Filho, CSR-UFGM e

André Nassar, ICONE

(para Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra, e Florestas)

Roberto Schaeffer, COPPE-UFRJ

(para Energia)

Fuad Jorge Alves, LOGIT

(para Transporte)

João Wagner Silva Alves, CETESB

(para Gestão de Resíduos)

Contribuições:

**CENEA, CETESB, COPPE-UFRJ, CPTEC/INPE, EMBRAPA, UFGM, ICONE
INICIATIVA VERDE, INT, LOGIT, PLANTAR, UNICAMP, USP**

Prefácio

A realidade das alterações climáticas exige uma redução drástica das emissões de Gases de Efeito Estufa, GEE, global nas próximas décadas. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, IPCC, para estabilizar as concentrações de GEE na atmosfera a 550 ppm, um nível em que há possibilidade de manter o aumento da temperatura média global de 3°C, seria necessário reduzir as emissões globais de cerca de 60 GtCO₂e para menos de 30GtCO₂e em 2030. Até essa data, as emissões dos países industrializados devem ter-se estabilizado em torno de 22 GtCO₂e. Portanto, sem questionar a responsabilidade histórica destes países, é evidente que a concentração de gases de efeito estufa não poderá ser estabilizada neste nível apenas graças a reduções de emissões realizadas nos países desenvolvidos. Passar para soluções de desenvolvimento menos intensivas em carbono nas economias emergentes é vital para o planeta.

Sem o Brasil desempenhar um papel de destaque, é difícil imaginar uma solução efetiva para a estabilização das concentrações de GEE na escala necessária. O Brasil é líder na redução das emissões do desmatamento e relacionadas ao uso da terra e às mudanças de uso da terra (conhecidas com emissões LULUCF1, em inglês), o qual, até muito recentemente, representava cerca de 20% das emissões globais. No setor da energia, o Brasil tem também sido muito inovador, acumulando uma experiência inédita em energias renováveis, especialmente em bioenergia. Como consequência disso, o país apresenta hoje emissões de combustíveis fósseis muito inferiores aos de outros países. Em 29 de dezembro de 2009, o Parlamento brasileiro aprovou a Lei 12.187, que estabeleceu uma meta de redução voluntária de GEEs nacionais de mais de 36% até 2020, incluindo uma redução de 70% do desmatamento. O Brasil também é um dos principais atores da economia política da elaboração de acordos internacionais na área de mudanças do clima. Confirmando isso, o país sediou a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento, também conhecida como Conferência da Terra, em junho de 1992. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto foi igualmente uma proposta brasileira. Além de agir coletivamente para resolver o maior desafio das alterações climáticas, o compromisso do Brasil é também muito forte no nível nacional.

Este Estudo de Baixo Carbono é destinado a apoiar o Brasil para enfrentar o duplo desafio de promover o desenvolvimento, reduzindo as emissões de GEE. Durante décadas, o Grupo Banco Mundial tem se comprometido a apoiar o desenvolvimento dos países em desenvolvimento, incluindo o Brasil. Em outubro de 2008, o Banco Mundial aprovou um Quadro Estratégico sobre as Mudanças Climáticas e o Desenvolvimento (QEMCD) para integrar as mudanças climáticas com os desafios do desenvolvimento, sem comprometer o crescimento nem os esforços de redução da pobreza. No contexto do QEMCD, o Banco Mundial lançou uma série de iniciativas para apoiar ações de mitigação das alterações climáticas integradas aos processos de desenvolvimento. Uma dessas iniciativas, construída em cima da expertise do Banco Mundial em matéria de desenvolvimento, foi lançar vários estudos de desenvolvimento de baixo carbono em estreita interação com os seus parceiros históricos. O presente estudo é um deles.

Para aproveitar o melhor conhecimento disponível, o processo enfatizou uma abordagem consultiva iterativa que envolveu amplas discussões com especialistas brasileiros da área e representantes do Governo. Em particular, este estudo tem aderido aos planos de

1 LULUCF: Land Use and Land Use Change and Forest

desenvolvimento do Governo e procurou explorar opções para atingir os mesmos objetivos de desenvolvimento, reduzindo as emissões. Foram estudadas as opções técnicas para mitigar e remover as emissões de carbono em quatro grandes áreas: LULUCF, energia, transportes e manejo de resíduos. No entanto, este estudo não se limitou a estabelecer uma lista de opções técnicas para reduzir emissões de carbono. Ele procurou ajudar a compreender as dinâmicas que determinam estas emissões nestes setores. Também investigou as condições para que estas opções de baixo carbono pudessem ser replicadas em larga escala no lugar de outras, mais convencionais. Fazendo isso, o estudo procurou fornecer elementos técnicos e analíticos para flexionar as emissões até 2030, além do compromisso voluntário de reduzir emissões até 2020, como anunciado pelo Governo.

Para enfrentar esse desafio, o estudo desenvolveu novos instrumentos. Construiu a primeira modelagem do uso e de mudanças de uso da terra geoespacialmente explícita, um instrumento fundamental para esclarecer a complexa questão de como acomodar o crescimento da agricultura, da pecuária e da bioenergia — motores essenciais da economia brasileira — em conjunto com os objetivos ambiciosos de redução do desmatamento. Outro exemplo é o desenvolvimento de uma ferramenta flexível para construir curvas de custo marginal de abatimento e gerar uma série de outros indicadores econômicos que possam apoiar o processo de decisão. Esta ferramenta está sendo desenvolvida para se tornar amplamente disponível para outros países. Conceitos inovadores também foram introduzidos, como por exemplo o conceito de preço de carbono de equilíbrio², que teve como objetivo determinar o nível de incentivo que deve ser fornecido para essas opções inovadoras se tornarem atraentes para o setor privado.

Muitos outros países já assumiram compromissos voluntários de combater as mudanças climáticas, declarando as suas vontades de implementar ações de mitigação nacionalmente apropriadas³, embora um apoio financeiro externo seja muitas vezes necessário. O Brasil tem demonstrado um crescente interesse em ajudar outros países em desenvolvimento para avançar por caminhos do desenvolvimento sustentável através de uma intensificação da cooperação Sul-Sul. É nossa esperança que ambas as ferramentas e os resultados deste estudo sejam úteis para o Brasil e para outros países que pretendam seguir caminhos de desenvolvimento de baixo carbono.

Laura Tuck, Diretor

Departamento de Desenvolvimento Sustentável
América Latina e Caribe
Grupo Banco Mundial

Makhtar Diop, Diretor para o Brasil

Escritório no Brasil
América Latina e Caribe
Grupo Banco Mundial

² Em inglês: Break-even Carbon Price

³ Em inglês: Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs)

Reconhecimento

O presente estudo foi desenvolvido pelo Banco Mundial, como parte de sua iniciativa para dar suporte ao esforço integrado do Brasil pela redução das emissões nacionais e globais de gases do efeito estufa, promovendo ao mesmo tempo o desenvolvimento de longo prazo. O estudo fundamenta-se no melhor conhecimento disponível, e para isso a equipe responsável desenvolveu um amplo processo de consultas e pesquisou a farta literatura existente para identificar a necessidade de esforços graduais e centros de excelência. Foi preparado após consultas e discussões sobre a abrangência do trabalho, realizadas com os Ministérios das Relações Exteriores, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. Foram ainda organizados vários seminários, que possibilitaram consultas com representantes dos Ministérios da Fazenda, do Planejamento, da Agricultura, dos Transportes das Minas e Energia, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. Participaram ainda, ou foram consultados várias agências públicas e centros de pesquisa, incluindo a EMBRAPA, o INT, a EPE, a CETESB, o INPE, a COPPE, a UFMG, a UNICAMP e a USP.

O estudo cobre quatro áreas cruciais, com grande potencial para opções de baixo carbono: (i) uso da terra, mudança no uso da terra e florestas (LULUCF), incluindo o desmatamento; (ii) sistemas de transporte; (iii) produção e uso de energia, em especial eletricidade, petróleo, gás e biocombustíveis e (iv) resíduos urbanos, sólidos e líquidos. O presente documento recebeu suporte de mais de 15 relatórios técnicos e quatro relatórios-síntese para as quatro áreas principais. Recebeu apoio do Banco Mundial, através de recursos oferecidos pela Rede de Desenvolvimento Sustentável (Sustainable Development Network) para as atividades relacionadas a mudanças climáticas regionais e através de suporte do Programa de Apoio à Gestão do Setor Energético do Banco Mundial (sigla ESMAP, em inglês).

O relatório foi elaborado por uma equipe coordenada por Christophe de Gouvello (Banco Mundial), e composta por Britaldo Soares e Letícia Hissa, UFMG; André Nassar, Leila Harfuch, Marcelo Melo Ramalho Moreira, Luciane Chiodi Bachion e Laura Barcellos Antoniazzi, ICONE; Luis G. Barioni, Geraldo Martha Junior, Roberto D. Sainz, Bruno J. R. Alves, e Magda A. de Lima, EMBRAPA; Osvaldo Martins, Magno Castelo Branco, e Renato Toledo, Iniciativa Verde; Manoel Regis Lima Verde Leal, CENEA; João Eduardo A.R. Silva, Univesidade de São Carlos; Fábio Marques, Rodrigo Ferreira, Luiz Goulart, e Thiago Mendes, PLANTAR; Roberto Schaeffer (coordinator energy), Ronaldo Balassiano, Alexere Szklo, Amaro Pereira, Bruno Soares Moreira Cesar Borba, Eré Frossard Pereira de Lucena, David Castelo Branco e Antonio José Alves, COPPE-UFRJ; Maurício Henriques, Fabrício Dantas, Márcio Guimarães, Roberto S. E. Castro Tapia, Joaquim Augusto Rodrigues, Marcelo R. V. Schwob e Fernea M. Bernardes, INT; Arnaldo Walter, Gilberto Jannuzzi e Rodolfo Gomes, UNICAMP; Fuad Jorge Alves José, Wagner Colombini Martins, Ferneo H. Rodrigues, Arthur C. Szasz e Sérgio H. Demarchi, LOGIT; João Wagner, Josilene T. V. Ferrer, Fátima A. Carrara, Marcos E. G. Cunha, Eduardo T. Sugawara e Francisco do Espírito Santo Filho, CETESB; Saulo Freitas, Karla Longo e Ricardo Siqueira, CPTEC/INPE; Sérgio Pacca e Júlio Hato, USP; Jennifer Meihuy Chang, Barbara Farinelli e Megan Hansen, Banco Mundial.

A equipe de supervisão do Banco Mundial para todo o Estudo de Baixo Carbono incluiu Christophe de Gouvello, Jennifer Mehuy Chang, Govinda Timilsina, Paul Procee, Mark Lundell,

Garo Batmanian, Adriana Moreira, Fowzia Hassan, Augusto Jucá, Bárbara Farinelli, Rogério Pinto, Francisco Sucre, Benoit Bosquet, Alexandre Kossoy, Flavio Chaves, Mauro Lopes de Azeredo, Fernanda Pacheco, Sebastien Pascual e Megan Hansen. Agradecimentos especiais ao Mark Lundell, que providenciou sugestões e comentários importantes tanto no que diz respeito ao processo como à substância e à Jennifer Meihuy Chang, cujos esforços foram essenciais para garantir a coerência da enorme quantidade de dados entre os setores do estudo, apesar das muitas iterações ao longo do processo.

O Estudo de Baixo Carbono para o Brasil foi preparado sob a direção de Laura Tuck, Makhtar Diop e Philippe Charles Benoit, com contribuições dos revisores do Banco Mundial Gary Stuggins, Kseniya Lvovsky, Xiaodong Wang, Werner Kornexl, Charles Peterson e Roger Gorham e comentários dos especialistas do Banco John Nash, Todd Johnson, Sergio Margulis e Stefano Pagiola.

Finalmente, agradecimentos especiais à Norma Adams, editora do documento original em inglês, e à Helena Jansen, editora em português, que contribuíram muito no aprimoramento deste relatório.

Acrônimos e Abreviações

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AIE	Agência Internacional de Energia
AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
APP	Área de Preservação Permanente
ARPA	Programa de Áreas Protegidas da Amazônia
BDMG	Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais
BEN	Balanço de Energia Nacional
BLUM	Modelo de Uso da Terra no Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
CBERS	Programa de Satélites Sino-Brasileiros de Recursos Terrestres
CCC	Conta de Consumo de Combustíveis
CCMA	Curva do Custo Marginal de Abatimento
CCS	Cadastro de Compromisso Socioambiental
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CEAF	Centro de Energias Alternativas de Fortaleza
CEIF	Estrutura de Investimento em Energia Limpa (<i>Clean Energy Investment Framework</i>)
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CER	Redução Certificada de Emissões (sigla CER, em inglês)
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CFL	Lâmpada Incandescente Compacta
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CH ₄	Metano
CIDE	Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico
CMA	Custo Marginal de Abatimento
CMN	Conselho Monetário Nacional
CNA	Confederação Nacional de Agricultura e Pecuária
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural
CO ₂	Dióxido de Carbono
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CSR	Centro de Sensoriamento Remoto
CTEnerg	Fundo Setorial de Ciência e Tecnologia para Energia
CT-Petro	Fundo Setorial de Ciência e Tecnologia para Petróleo e Gás
DEGRAD	Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Legal
DETER	Deteção de Desmatamento em Tempo Real
EGO	Ambiente para Geoprocessamento de Objetos

EIA	Agência de Informações em Energia
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa de Planejamento Energético
ESCO	Companhia de Eficiência em Energia (<i>Energy Saving Company</i>)
FAPRI	Instituto de Pesquisa em Políticas Alimentares e Agrícolas (<i>Food and Agricultural Policy Research Institute</i>)
FGEE	Fundo de Garantia a Empreendimentos de Energia Elétrica
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FINAME- AGRÍCOLA	Agência de Financiamentos para Aquisição de Máquinas e Equipamentos
FINEM	Financiadora de Equipamentos e Máquinas
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FNP	FINEP Consultoria & Comércio
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
GEE	Gás do Efeito Estufa
GEF	<i>Global Environment Facility</i>
GNC	Gás Natural Comprimido
GNL	Gás Natural Liquefeito
GTL	Conversão de gás natural em combustíveis líquidos (<i>Gas-To-Liquid</i>)
GTZ	Agência Alemã de Cooperação Técnica
HFC	Hidrofluorcarboneto
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBP	Índice de Biomassa Potencial
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICONE	Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais
IDE	Investimento Direto Estrangeiro
IGP-DI	Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INT	Instituto Nacional da Tecnologia
I-O	<i>Input-Output</i>
IPAM	Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
KfW	Banco Alemão de Desenvolvimento
LULUCF	<i>Land Use, Land-Use Change and Forestry</i> (Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas)
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MELP	Modelo de Expansão de Longo Prazo
MEPS	<i>Minimum Energy Performance Standard</i> (Padrão Mínimo de Desempenho Energético)
MIPE	Modelo Integrado de Planejamento Energético
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
M-Ref	Modelo de Estudo de Refino
MSR	Modelo de Projeção de Demanda de Energia Residencial
MT	Ministério dos Transportes
N	Nitrogênio

NAPCC	<i>National Action Plan on Climate Change</i>
NIPE	Núcleo Interdisciplinar para Planejamento Estratégico
NRC	<i>National Research Council</i> (Conselho Nacional de Pesquisa)
N ₂ O	Óxido Nitroso
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PAS	Plano Amazônia Sustentável
PFC	Perfluorocarbono
PIB	Produto Interno Bruto
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PME	Pesquisa Mensal de Emprego
PNE	Plano Nacional de Energia
PNLT	Plano Nacional de Logística e Transporte
PNMC	Plano Nacional sobre Mudança do Clima
PPCDAM	Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal
PPP	Parceria Público-Privada
PROALCOOL	Programa Nacional do Álcool
PROBIO	Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira
PROCEL	Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica
PRODES	Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia
PRODUSA	Programa de Estímulo à Produção Agropecuária Sustentável
PROESCO	Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas
PROLAPEC	Programa de Integração Lavoura-Pecuária
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PROPASTO	Programa Nacional de Recuperação de Pastagens
PROPFLORA	Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Florestas
REDD	<i>Reducing Emissions from Deforestation and Degradation</i> (Reduzindo Emissões do Desflorestamento e da Degradação)
RGR	Reserva Global de Reversão
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAE	Secretaria de Assuntos Estratégicos
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SF ₆	Hexafluoreto de Enxofre
TIR	Taxa Interna de Retorno
UC	Unidade de Conservação
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>)
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
VPL	Valor Presente Líquido
WTI	<i>West Text Intermediate</i>



Unidades de Medida

Ce	Carbono Equivalente
CO ₂ e	Dióxido de Carbono Equivalente
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
gCO ₂ e	Gramas de Dióxido de Carbono Equivalente
Gt	Bilhões de Toneladas
GtCO ₂ e	Bilhões de Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt Hora
ha	Hectare
kg	Quilograma
km	Quilômetro
km ²	Quilômetro Quadrado
kW	Kilowatt
m	Metro
m ³	Metros Cúbicos
Mt	Milhões de Toneladas
MtCO ₂ e	Milhões de Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente
MW	Megawatt
MWh	Megawatt Hora
ppm	Partículas por Milhão
tCO ₂ e	Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente
TWh	Terawatt Hora

Câmbio

1 dólar dos Estados Unidos (US\$) = 2,20 reais do Brasil (R\$)

Sumário Executivo

O compromisso do Brasil para o combate à mudança climática já havia sido iniciado quando o país sediou em junho de 1992 a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Cúpula da Terra do Rio de Janeiro. A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), que resultou daquela conferência, levou à criação do Protocolo de Quioto. Hoje, permanece no Brasil o forte compromisso voluntário em reduzir as suas emissões de carbono. No dia 1º de dezembro de 2008, o Presidente Luiz Inácio Lula da Silva lançou o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), baseado no trabalho desenvolvido pela Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima. O PNMC determina uma redução de 70 por cento no desmatamento até 2017, meta especialmente digna de nota, considerando-se que o Brasil detém o segundo maior bloco do mundo de matas nativas remanescentes. No dia 29 de dezembro de 2009, o Parlamento Brasileiro aprovou a Lei 12,187, que institui a Política Nacional de Mudanças Climáticas do Brasil, assim como um conjunto de metas voluntárias de redução dos gases de efeito estufa, entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020.

Sendo o maior país tropical do mundo, o Brasil mostra-se singular quanto ao seu perfil de emissões de gases do efeito estufa (GEE). **Em décadas passadas, a disponibilidade de grandes volumes de terras para cultivo e pastagem ajudou a transformar a agricultura e a pecuária em setores cruciais para a sustentação do crescimento econômico do país.** Durante apenas os últimos dez anos, esses dois setores responderam por uma média de 25 por cento do PIB nacional. A expansão constante da área necessária para agricultura e pastagem exigiu ainda a conversão de mais terras nativas, **fazendo da mudança do uso da terra a principal fonte de emissões de GEE atualmente existente no país. Ao mesmo tempo, o Brasil utilizou os recursos naturais, tão abundantes em seu vasto território, na exploração e no desenvolvimento de energias renováveis de baixo carbono.**

Atualmente, no Brasil, as emissões oriundas de combustíveis fósseis *per capita* estão em níveis muito mais baixos em comparação com outros países,⁴ como resultado do papel importante desempenhado pelas fontes renováveis de energia usadas na geração de eletricidade e combustíveis. A hidroeletricidade representa mais de três quartos da capacidade instalada de geração de eletricidade, ao mesmo tempo em que o etanol substitui dois quintos do combustível de gasolina. **Não fossem esses grandes investimentos em energia renovável feitos no passado, a atual matriz energética brasileira seria muito mais intensiva em carbono. Caso a matriz energética brasileira refletisse a média mundial, as emissões geradas pelo setor de energia seriam presumivelmente duas vezes mais altas, sendo o total nacional das emissões 17 por cento mais alto.** Os setores de energia e transportes no Brasil já estão, portanto, amplamente baseados em alternativas de baixas emissões de carbono e os esforços atuais para manter a matriz energética limpa devem ser reconhecidos. No entanto, a manutenção de um caminho de desenvolvimento de baixo carbono no Brasil continuará a exigir maiores

⁴ As emissões baseadas em combustíveis fósseis correspondem a aproximadamente 1,9 tCO₂ por ano *per capita*, ou menos de um quinto da média dos países da OCDE.

investimentos em opções de baixo carbono e medidas adicionais para reduzir as emissões no setor energético brasileiro podem exigir maiores esforços.

Contudo, o Brasil costumava ser um dos maiores emissores de GEE através do desmatamento e, provavelmente, continuaria sendo, se não fosse pela recente aprovação do governo de uma série de medidas para proteger a floresta. Apesar de haver sido drasticamente reduzido durante os últimos anos, o desmatamento pode potencialmente continuar a ser uma grande fonte de emissões no futuro. Fatores agravando este cenário incluem um antecipado crescimento em fontes mais intensivas de carbono para a geração de energia elétrica, aceleração do uso de meios de transportes movidos a diesel e um maior volume de emissões de metano (CH₄), como resultado da expansão no desenvolvimento de aterros sanitários.

Ao mesmo tempo, é provável que o Brasil venha a sofrer de forma significativa dos efeitos adversos da mudança climática. De acordo com indicações baseadas em modelos avançados, sugere-se que uma porção significativa da parte oriental da Amazônia Brasileira poderá vir a transformar-se em ecossistema semelhante à savana antes do final deste século. O fenômeno conhecido como Colapso da Amazônia (*Amazon Dieback*), combinado aos efeitos de mais curto prazo causados pelo desmatamento através de queimadas, poderia reduzir a incidência de chuvas nas regiões Centro-Oeste e Nordeste, o que resultaria em menor produtividade agrícola e menor disponibilidade de água para a produção de hidroeletricidade.⁵ Assim sendo, são necessárias soluções urgentes para reduzir a vulnerabilidade do Brasil à mudança climática e permitir a execução de ações de adaptação no país.

Da mesma forma que muitos outros países em desenvolvimento, o Brasil enfrenta um duplo desafio, tendo que estimular o desenvolvimento e reduzir as emissões de GEE. O Presidente Lula expressou esta preocupação na apresentação que fez do Plano Nacional, declarando que quaisquer ações que visassem evitar futuras emissões de GEE não deveriam afetar adversamente os direitos dos pobres ao desenvolvimento, eles que nada fizeram para gerar o problema. Os esforços para mitigar as emissões de GEE não devem crescer-se aos custos do desenvolvimento, mas existem fortes motivos para migrar para um tipo de economia com baixo uso de carbono. As alternativas de baixo carbono ofereceriam importantes benefícios colaterais relativos ao desenvolvimento, que variariam de reduções nos congestionamentos e na poluição do ar, na área de transporte urbano, a um melhor manejo dos resíduos, à criação de empregos e economia de custos para a indústria, além da conservação da biodiversidade. Os países que adotam um tipo de desenvolvimento com baixo carbono têm mais probabilidade de usufruir dos benefícios oferecidos por vantagens estratégicas e competitivas, como a transferência de recursos financeiros através do mercado de carbono, novos instrumentos para financiamento internacional e acesso a mercados globais emergentes para produtos de baixo carbono. No futuro isso pode criar uma vantagem competitiva para a produção de bens e serviços, devido aos menores índices de emissões associadas ao ciclo de vida dos produtos.

Panorama do Estudo

O propósito geral deste estudo foi dar suporte aos esforços empreendidos pelo Brasil para identificar oportunidades para reduzir as suas emissões, de formas que promovam o desenvolvimento econômico. O objetivo primordial foi oferecer ao governo brasileiro os insumos técnicos necessários para a avaliação do potencial e das condições para o desenvolvimento de baixo uso de carbono nos principais setores responsáveis pelas emissões.

5 “Assessment of the Risk of Amazon Dieback,” Banco Mundial, 2010

Com esse propósito, o estudo do Banco Mundial tratou de adotar uma abordagem programática que estivesse alinhada aos objetivos de longo prazo do governo do Brasil, das seguintes maneiras: (i) prevendo a evolução futura das emissões de GEE no Brasil, para estabelecer um Cenário de Referência; (ii) identificando e quantificando opções que empreguem quantidade menor de carbono, de forma a mitigar as emissões, bem como potenciais opções para a remoção de carbono; (iii) avaliando os custos dessas opções com baixo uso de carbono, identificando barreiras à sua adoção e explorando medidas para superá-las e (iv) construindo um cenário que envolva baixo nível de emissões de carbono que atenda às mesmas expectativas de desenvolvimento. A equipe analisou ainda os efeitos macroeconômicos da migração do Cenário de Referência para o que implica em baixo uso de carbono e o financiamento necessário.

Com o intuito de aproveitar os melhores conhecimentos já disponíveis e evitar a duplicação de esforços, a equipe do estudo engajou-se em um amplo processo de consultas, reunindo-se com mais de setenta reconhecidos especialistas brasileiros, técnicos e representantes de governos, cobrindo os setores que mais geram emissões e pesquisando a abundante literatura disponível. Esse trabalho de preparação funcionou para informar a escolha de quatro áreas cruciais que demonstram grande potencial para opções de baixo carbono: (i) uso da terra, mudança no uso da terra e florestas (LULUCF), incluindo-se aqui o desmatamento; (ii) sistemas de transporte; (iii) produção e uso de energia, em especial de eletricidade e petróleo e gás; e (iv) resíduos urbanos, tanto sólidos quanto líquidos.⁶

Para determinar as emissões que o Brasil teria gerado nestes quatro setores chave durante o período do estudo, a equipe do estudo definiu um Cenário de Referência “que é posteriormente comparado ao “Cenário projetado de Baixo Carbono”. Nota-se que o Cenário de Referência é baseado em uma metodologia diferente da utilizada pelo governo brasileiro em seu inventário nacional de GEE. Devido ao fato de que o estudo focaliza nestas quatro áreas, o Cenário de Referência construído por este estudo não abrange cem por cento de todas as fontes de emissões do país e, portanto, não deve ser considerado como uma simulação de futuros inventários nacionais de emissões.

Como o objetivo deste estudo não era o de simular a futura evolução da economia Brasileira ou questionar os objetivos de desenvolvimento afirmados pelo governo, este estudo aderiu, na medida do possível, aos atuais planos governamentais para o estabelecimento do Cenário de Referência. Portanto, o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), publicado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em 2007, foi adotado como o Cenário de Referência para o setor da energia. O estudo também considerou o Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo e o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), lançado em 2007, assim como outras políticas e medidas em outros setores que já haviam sido publicadas antes do estabelecimento do Cenário de Referência.⁷ Quando as publicações de planejamento a longo

6 Determinadas fontes de óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF_6) e outros gases GEE não cobertos pelo Protocolo de Quioto não estão incluídos neste estudo. Sem um inventário completo recente, não é possível determinar com precisão a participação de outras fontes no balanço nacional de GEE. Entretanto, com base na primeira Comunicação Nacional do Brasil (1994), a expectativa é que não excedam 5 por cento do total de emissões de GEE de Quioto. Nem todas as atividades agrícolas foram consideradas ao se estimar as emissões provenientes do setor; as culturas consideradas para o cálculo das emissões provenientes da agricultura representam cerca de 80% do total da área cultivada.

7 Como resultado da metodologia utilizada para estabelecer o Cenário de Referência, o mesmo difere das projeções das emissões nacionais e setoriais oficialmente anunciadas pelo Governo Brasileiro em 2009, juntamente com o compromisso voluntário de redução de emissões, refletido na lei Lei 12,187. A diferença entre o Cenário de Referência definido por este estudo e o cenário estabelecido pelo Governo Brasileiro, o qual foi baseado em tendências históricas, reflete o impacto positivo das políticas já adotadas na redução de emissões no momento do estabelecimento do Cenário de Referência do estudo. Notavelmente, o Cenário de Referência foi definido antes da elaboração do Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e a aprovação

prazo não se encontraram disponíveis, a equipe construiu seu próprio Cenário de Referência, utilizando modelos de setor desenvolvidos ou adaptados para o estudo, de acordo com as principais premissas do PNE 2030. As interfaces chave (por exemplo, determinação da área necessária para a produção de biocombustíveis líquidos e sólidos dos setores de transportes e energia), foram tratadas pelas equipes devidamente responsáveis por estes setores conjuntamente com a modelagem de uso da terra.

Os resultados do Cenário de Referência para estes principais setores demonstram que o desmatamento continua sendo o principal impulsionador das futuras emissões de GEE no Brasil, até 2030. Os resultados da modelagem indicam que após um ligeiro decréscimo de 2009 a 2011, a expectativa é que as emissões oriundas do desmatamento sejam estabilizadas a uma taxa anual de aproximadamente 400–500 MtCO₂. Mesmo assim, a participação relativa cai para em torno de 30 por cento, enquanto continuam a crescer as emissões geradas pelos setores de energia, transporte e manejo de resíduos. Considerando-se que tanto o transporte quanto o consumo de energia são funções do crescimento econômico, certos subsetores dependentes de combustíveis fósseis (como, por exemplo, sistemas de ônibus urbanos ou a geração de energia térmica e processos industriais) registram significativo aumento em suas emissões; no caso dos subsetores que dependem de formas de energia com menor intensidade de carbono (como, por exemplo, veículos movidos a etanol ou energia hidrelétrica), os níveis de emissões permanecem relativamente estáveis. Um anexo de mapas e um banco de dados eletrônico detalham os resultados por estados.

Uso da Terra e Mudança no Uso da Terra: Em Direção a uma Nova Dinâmica

Apesar do significativo declínio verificado nos últimos quatro anos, o desmatamento continua a ser a maior fonte das emissões de carbono, representando aproximadamente dois quintos das emissões nacionais brutas (2008). Ao longo dos últimos 15 anos, o desmatamento contribuiu para reduzir o estoque de carbono brasileiro em aproximadamente 6 bilhões de toneladas métricas, o que equivale a dois terços das emissões globais anuais.⁸ Sem os recentes esforços da parte do governo do Brasil para proteger as florestas, o padrão atual de emissões oriundas do desmatamento seria significativamente mais alto.⁹ Os fatores que impulsionam o desmatamento ocorrem em múltiplos níveis. Nas regiões da Amazônia e do Cerrado, por exemplo, a dinâmica especial da expansão da agricultura e da pecuária, novas rodovias e a imigração determinam o padrão de desmatamento. A uma escala nacional ou internacional, são as mais amplas forças de mercado que afetam os setores de carne e de agricultura que estimulam o desmatamento.

A produção agrícola e a pecuária geram também emissões diretas, juntas respondendo por um quarto das emissões nacionais brutas. As emissões oriundas da agricultura resultam principalmente do emprego de fertilizantes e da mineralização do nitrogênio (N) no solo, do cultivo

da Lei 12,187, que institui a Política Nacional de Mudanças Climáticas do Brasil, assim como um conjunto de metas voluntárias de redução dos gases de efeito estufa.

- 8 Entre 1970 e 2007, a Amazônia perdeu em torno de 18% da sua cobertura florestal original; ao longo dos últimos 15 anos, o Cerrado perdeu 20% da sua área original, enquanto que a Mata Atlântica, que já havia sofrido intenso desmatamento anteriormente, perdeu 8 por cento.
- 9 Depois de alcançar o pico em 27.000 km² em 2004, as taxas de desmatamento apresentaram substancial declínio, chegando a 11.200 km² em 2007, a segunda mais baixa taxa histórica registrada pelo programa de observação do desmatamento – PRODES – (INPE 2008). As taxas de desmatamento baixaram mais ainda em 2008 e 2009.

de arroz irrigado em várzeas, da queima da cana-de-açúcar e do emprego de maquinário agrícola movido a combustíveis fósseis. As emissões geradas pela pecuária resultam principalmente do processo digestivo do gado de corte, que libera metano (CH_4) na atmosfera.

Resultados de Modelos e Cenários de Referência

Com o objetivo de estimar a demanda futura por terra e as emissões geradas por LULUCF, o estudo desenvolveu dois modelos complementares: i) O Modelo Brasileiro de Uso da Terra (sigla BLUM, em inglês) e (ii) SIM Brasil. O BLUM é um modelo econométrico que calcula a alocação de terras e mede as mudanças no uso da terra como resultado da dinâmica oferta-e-demanda no caso de atividades concorrentes importantes.¹⁰ O SIM Brasil, um modelo georreferenciado de espacialização, calcula o uso futuro da terra de acordo com vários cenários; não altera os dados do BLUM, mas encontra um lugar para atividades que envolvam o uso da terra, levando em consideração critérios como aptidão para a agricultura, distância até as rodovias, atração urbana, custo do transporte até os portos, declividade e distância até áreas convertidas. O SIM Brasil trabalha com um nível de definição de 1 km^2 , possibilitando a geração de mapas e tabelas detalhados.

De acordo com o Cenário de Referência, são necessários aproximadamente 17 milhões de hectares adicionais de terras para poder acomodar a expansão de todas as atividades durante o período de 2006 a 2030. Em todo o Brasil, a área total alocada a usos produtivos, estimada em 257 milhões de hectares em 2008, deve passar por uma expansão de 7 por cento – atingindo em torno de 276 milhões de hectares em 2030; 24 por cento desse crescimento deve dar-se na Região Amazônica. Em 2030, da mesma forma que em 2008, a expectativa é que as terras de pastagem ocupem a maior parte dessa área (205 milhões de hectares em 2008 e 207 milhões em 2030). O crescimento verificado ao longo do tempo nesse valor total torna necessário converter a vegetação nativa em uso para produção, o que ocorre principalmente nas regiões de fronteiras, na Região Amazônica e – em menor escala, no Maranhão, no Piauí, no Tocantins e na Bahia.

Para calcular o balanço correspondente de emissões anuais e remoção de carbono ao longo do período seguinte de 20 anos, estes modelos e outros modelos relacionados calcularam o uso da terra e a modificação no uso da terra para cada parcela de terra de 1 km^2 , em vários níveis.¹¹ De acordo com os resultados, as mudanças no uso da terra geradas pelo desmatamento respondem pela maior parcela das emissões anuais relacionadas a LULUCF – praticamente $533 \text{ MtCO}_2\text{e}$ até 2030. As emissões anuais diretas geradas apenas pelo uso da terra (para agricultura e pecuária) registram aumento durante o período, com taxa anual média de $346 \text{ MtCO}_2\text{e}$. A remoção de carbono compensa menos de 1 por cento das emissões brutas geradas por LULUCF, sequestrando $29 \text{ MtCO}_2\text{e}$ em 2010, caindo para $20 \text{ MtCO}_2\text{e}$ em 2030. Durante o período de 20 anos, as emissões brutas geradas por LULUCF sofreram aumento de um quarto, chegando a $916 \text{ MtCO}_2\text{e}$ até 2030. **O balanço líquido entre o uso da terra, a mudança no uso da terra e a remoção de carbono resulta em um aumento das emissões, que chegam a aproximadamente $895 \text{ MtCO}_2\text{e}$ por ano até 2030¹².**

10 Essas atividades incluem seis cultivos principais (soja, milho, algodão, arroz, feijão e cana-de-açúcar), pastagens e matas de produção; além disso, o modelo projeta a demanda por vários tipos de carne e necessidades correspondentes de soja e de milho.

11 Micro-região, estado e país.

12 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 através da regeneração natural de florestas degradadas fosse incluída, o potencial de remoção aumentaria em 109 MtCO_2 por ano, reduzindo assim as emissões líquidas.



Opções de Baixo Carbono para Mitigação de Emissões

De longe, evitar o desmatamento é a opção que oferece a maior oportunidade para a mitigação de GEE no Brasil. De acordo com o Cenário de Baixo Carbono resultante, as emissões geradas pelo desmatamento que seriam evitadas corresponderiam a em torno de 6,2 GtCO₂e ao longo do período entre 2010 e 2030, ou mais de 295 MtCO₂e por ano.

O Brasil desenvolveu políticas e projetos para a proteção das florestas para enfrentar a progressão da pressão nas fronteiras e tem experiência com atividades econômicas que são compatíveis com a sustentabilidade das florestas. **A migração para um Cenário de Baixo Carbono que possa garantir o crescimento da agricultura e da indústria de carne – ambos importantes para a economia brasileira – exigiria também o desenvolvimento de ações referentes à causa primária do desmatamento: a demanda por mais terra para a agricultura e para a pecuária.**

Para reduzir drasticamente o desmatamento, o presente estudo propôs uma estratégia dupla: (i) eliminar as causas estruturais do desmatamento e (ii) proteger a floresta contra tentativas ilegais de derrubadas. A eliminação das causas estruturais do desmatamento exigiria um aumento dramático da produtividade por hectare. **O aumento da produtividade da pecuária poderia liberar enormes áreas de pastagem.** Tecnicamente, essa opção é possível, uma vez que a produtividade da pecuária brasileira é em geral baixa e os sistemas existentes de confinamento de gado e de lavoura-pecuária poderiam ser expandidos; o emprego de sistemas mais intensivos de produção poderia desencadear retornos econômicos superiores e ganhos líquidos para a economia do setor (capítulo 7). **O potencial representado pela liberação e pela recuperação de áreas degradadas de pastagem seria suficiente para acomodar o mais ambicioso dos cenários de crescimento.**

A combinação da redução da área de pastagem e da proteção das florestas pode resultar em um acentuado declínio das emissões geradas pelo desmatamento. Isso ficou demonstrado durante o período de 2004 a 2007, quando novos esforços em prol da proteção das florestas, combinados a uma ligeira contração do setor de pecuária e, conseqüentemente, da área dedicada à pastagem¹³, levou a uma redução de 60 por cento no desmatamento (de 27.000 para 11.200 km²). **Essa rápida redução resultou do desmatamento e das emissões associadas a ele estando relacionadas à expansão marginal da terra usada para agricultura e pecuária,¹⁴ sem a qual não haveria necessidade de conversão de vegetação nativa adicional, com a conseqüente geração de emissões de GEE. Caso fossem negligenciados os esforços para reduzir a área dedicada à pastagem e para proteger as florestas, as emissões do desmatamento seriam imediatamente reiniciadas. Para proteção contra a derrubada ilegal, a floresta deveria ser ainda mais protegida contra interesses fraudulentos.** O governo brasileiro vem implementando esforços consideráveis nessa área, em especial como resultado do Plano de Ação de 2004 para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM).

De acordo com projeções baseadas em modelos, com a nova dinâmica de uso da terra, o desmatamento estaria reduzido em mais de dois terços (68 por cento) em 2030, em comparação com os níveis projetados no Cenário de Referência; na Mata Atlântica, a redução

13 O período de 2005 a 2007 testemunhou o primeiro declínio no tamanho do rebanho (de 207 para 201 milhões de cabeças) após um aumento que se estendeu por uma década, juntamente com uma ligeira contração da área dedicada à pastagem (de 210 milhões para 207 milhões de ha).

14 Diferentemente de outros setores, cujas emissões baseadas em energia são em geral proporcionais ao porte pleno das atividades do setor, as emissões do desmatamento relacionam-se apenas à expansão marginal da agricultura e da pecuária.

seria de aproximadamente 90%, enquanto na Amazônia e no Cerrado teríamos reduções de 68 e 64%, respectivamente. **Da mesma maneira, em 2030 as emissões anuais oriundas do desmatamento seriam reduzidas em quase 63% (de aproximadamente 530 MtCO₂ para 190 MtCO₂), em comparação com o Cenário de Referência projetado. Na Amazônia, o nível de desmatamento sofreria queda rápida, atingindo em torno de 17% da média histórica anual de 19.500 km² observada no passado recente, dessa forma atendendo à meta do PNMC, de reduzir em 72% o desmatamento na região Amazônica até 2017¹⁵.**

O estudo propôs ainda formas para reduzir as emissões diretas geradas pelas atividades de produção agrícola e pecuária. Em comparação com os sistemas agrícolas convencionais, o plantio direto envolve um número muitas vezes menor de operações, podendo assim reduzir as emissões causadas pela conversão do carbono do solo e que emprega equipamento movido a combustíveis fósseis. Quando empregado com efetividade, o plantio direto pode ajudar a controlar a temperatura do solo, melhorar a sua estrutura, aumentar a capacidade de armazenamento de água no solo, reduzir a perda desse solo e incrementar a retenção de nutrientes nas plantas. Por todos esses motivos, é acelerada a expansão do plantio direto no Cenário de Baixo Carbono, que deve chegar a 100% até 2015 e que deve resultar em 356 MtCO₂ e de emissões evitadas durante o período de 2010 a 2030.

Para reduzir as emissões diretas causadas pela criação de gado de corte, o estudo propôs a migração para sistemas mais intensivos de produção de carne, como já foi anteriormente mencionado. Além disso, apresentou opções de melhoramento genético para a redução do CH₄, incluindo melhoramento da forragem para herbívoros e touros geneticamente superiores, que possuem ciclo de vida mais curto. De acordo com projeções apresentadas pelo estudo, a combinação da forragem melhorada e dos touros, associada ao aumento de produtividade, resultaria na redução das emissões diretas causadas pelos animais de 272 para 240 MtCO₂ por ano até 2030, ou seja, mantendo-as próximas aos níveis de 2008.

O estudo explorou ainda duas importantes opções de remoção de carbono: (i) restauro das matas nativas e (ii) florestas de produção para a indústria de aço e de ferro. No caso do restauro de florestas, o Cenário de Baixo Carbono considerou a observação das ações legais referentes à reconstituição obrigatória, de acordo com a legislação referente às matas ciliares e reservas legais.¹⁶ Nesse sentido, o Cenário de Baixo Carbono deu origem a um “Cenário da Legalidade”. Utilizando essas áreas definidas para reflorestamento, o estudo modelou o seu potencial para redução de CO₂.¹⁷ De acordo com o que ficou demonstrado pelo Cenário da Legalidade, o potencial de remoção de carbono é alto: um total cumulativo de 2.9 GtCO₂ e ao longo do período de 20 anos, ou aproximadamente 140 MtCO₂ e por ano, em média.¹⁸ No caso das florestas de produção, o Cenário de Referência supôs que o processo de termo-redução seria baseado no coque (66%), carvão vegetal não renovável (24%) e carvão vegetal renovável (10%). O Cenário de Baixo Carbono supôs uma substituição total do carvão vegetal não renovável até 2017 e o emprego do carvão vegetal renovável em até 46% da produção total de ferro e lastro de aço até 2030; o volume de emissões sequestradas totalizaria 377 MtCO₂ em 2030, ou 62 MtCO₂ a mais do que no Cenário de Referência.

15 Durante o período de 1996 a 1995, a taxa histórica de desmatamento verificada na região Amazônica foi de 1,95 milhão de hectares por ano, de acordo com o PNMC.

16 Nas áreas que exibissem condições ótimas, a recuperação das florestas conseguiria remover até 100 tC por ha na região Amazônica. No Cenário de Referência, sua contribuição fica limitada em termos de quantidade.

17 O modelo do estudo usou variáveis meteorológicas e climáticas (por exemplo, pluviosidade, estação de seca e temperatura) e variáveis edáficas (solo e topografia) para calcular o potencial de biomassa.

18 Se a remoção de carbono através da regeneração natural de florestas degradadas fosse incluída, o potencial de remoção aumentaria em 112MtCO₂ por ano, em média.



Uma Nova Dinâmica no Uso da Terra

A construção de um Cenário de Baixo Carbono para o uso da terra envolve mais do que acrescentar as reduções de emissões associadas às oportunidades de mitigação; precisa também evitar o potencial de vazamento de carbono. Por exemplo, aumentar o restauro de florestas resulta em remoção de carbono, mas reduz também a área de terra que de outra forma estaria disponível para expansão das atividades da agricultura e da pecuária. Por sua vez, isso poderia provocar um excesso na demanda pelo uso da terra, o que poderia gerar desmatamento, induzindo um balanço líquido inferior de remoção de carbono. Para evitar o vazamento de carbono é preciso encontrar maneiras de limitar a demanda global por terra para outras atividades, mantendo ao mesmo tempo o mesmo nível de fornecimento de produtos encontrado no Cenário de Referência.

No Cenário de Baixo Carbono, a quantidade de terras adicionais necessárias para a mitigação das emissões e para a remoção de carbono chega a mais de 53 milhões de hectares. Dessa quantidade, mais de 44 milhões de ha – mais do que o dobro da expansão de terra projetada no Cenário de Referência – seriam destinados à recuperação de florestas. Juntamente com as terras adicionais necessárias de acordo com o Cenário de Referência, o volume total de terras adicionais necessárias chega a mais de 70 milhões de ha, mais do que duas vezes a extensão total de terras plantadas com soja (21,3 milhões de ha) e com cana-de-açúcar (8,2 milhões de ha) em 2008, ou mais do que duas vezes a área de soja projetada para 2030 no Cenário de Referência (30,6 milhões de ha) (Tabela 1).

Tabela 1: Sumário das Necessidades Adicionais de Terras nos Cenários de Referência e de Baixo Carbono

Cenário	Terras Adicionais Necessárias (2006–30)
Cenário de Referência: volume adicional de terras necessário para a expansão das atividades de agricultura e pecuária	<i>Expansão da produção agrícola e de pecuária para atender às necessidades previstas para 2030: → 16,8 milhões de ha</i>
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 ha
	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 ha
	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 ha
Total	70,4 milhões de hectares adicionais

Para aumentar a produtividade da pecuária, com vistas a atingir o nível necessário para liberação do volume exigido de terras de pastagem, o Cenário de Baixo Carbono considerou três opções: (i) promover a recuperação de áreas degradadas de pastagem, (ii)

estimular a adoção de sistemas produtivos que envolvam confinamento de gado para engorda e (iii) encorajar a adoção de sistemas de lavoura-pecuária. O aumento da taxa de lotação resultante da recuperação de áreas degradadas, combinado a sistemas integrados mais intensivos de lavoura-pecuária e confinamento de gado para engorda refletem-se em acentuada redução na demanda por terra, projetada para ser de aproximadamente 138 milhões de ha no Cenário de Baixo Carbono, em comparação com 207 milhões de hectares no Cenário de Referência para o ano de 2030. A diferença seria suficiente para absorver a demanda por terras adicionais associadas tanto à expansão das atividades de agricultura e pecuária no Cenário de Referência, quanto à expansão da mitigação e remoção de carbono, no Cenário de Baixo Carbono.

Energia: Sustentando Uma Matriz Energética Limpa

A intensidade das emissões de GEE no setor energético do Brasil é comparativamente baixa de acordo com padrões internacionais, devido ao papel significativo desempenhado pela energia renovável na matriz energética nacional. A energia renovável responde por quase a metade do fornecimento doméstico de energia no Brasil – com mais de três quartos de hidroeletricidade (MME 2007). Em 2005, o setor de energia do país gerava apenas 1,2% das 27 GtCO₂ de emissões de combustíveis fósseis registradas no mundo, o que corresponde a uma média anual *per capita* de 1,77 tCO₂, significativamente inferior às médias anuais globais *per capita* (4,22 tCO₂) e dos países da OCDE (11,02 tCO₂) (IEA 2007). Em 2010, as emissões resultantes da produção e do consumo de energia, excluindo-se o setor de transportes, representou quase um quinto das emissões nacionais.

Cenário de Referência: Aumento de 97% nas Emissões

O PNE 2030, no qual foi baseado o Cenário de Referência do setor, reflete as políticas setoriais recentes e tendências e características básicas de mercado, incluindo a dinâmica da incorporação **de tecnologia e a evolução da oferta e da demanda**¹⁹. A visão referente à consistência técnica e econômica de longo prazo faz do PNE 2030 uma ferramenta importante para a criação de um Cenário de Referência para o setor de energia; no entanto, por razões circunstanciais (ou seja, condições hidrológicas adversas), nos últimos anos houve maior utilização de energia termoelétrica no Brasil do que antecipada no PNE 2030. Se essa situação perdurar por mais longo prazo, o fator médio de emissões da rede brasileira seria maior do que o projetado pela MME em 2007. Se ficar comprovada a participação substancialmente menor da hidroeletricidade, em comparação com as previsões, o Cenário de Referência considerado neste estudo revelar-se-ia conservador.

Muito embora o PNE 2030 suponha um maior emprego de fontes renováveis de energia para o período de estudo, entre 2010 e 2030, com o tempo a matriz energética brasileira geraria maiores níveis de emissões, no que diz respeito ao Cenário de Referência. Para o ano de 2030, os números projetados para emissões, excluindo-se combustíveis empregados em transporte, ficariam pouco acima de 458 MtCO₂, o que representaria aumento de 97%, ou mais de um quarto das emissões nacionais. As estimativas indicam emissões cumulativas para o setor de 7,6 GtCO₂ ao longo do período de 20 anos.

19 O Cenário de Referência utilizado no estudo – o PNE 2030 – difere das projeções das emissões do setor de energia oficialmente anunciadas pelo governo brasileiro em 2009, juntamente com o compromisso voluntário de redução de emissões, refletido na Lei 12,187. A diferença entre o Cenário de Referência definido por este estudo e o cenário estabelecido pelo governo brasileiro, o qual foi baseado em tendências históricas, reflete o impacto positivo das políticas já adotadas na redução de emissões no PNE 2030.



Potencial de Mitigação do Cenário de Baixo Carbono: Menos de 20%

Para desenvolver um Cenário de Baixo Carbono, o estudo analisou opções de mitigação para eficiência energética e para troca de combustível na indústria, refino e “Conversão de gás natural em combustíveis líquidos”²⁰, geração de energia eólica e cogeração de bagaço, além de eletrodomésticos de alta eficiência.²¹ Considerando que a maior parte do principal potencial brasileiro remanescente em termos de hidroeletricidade já terá sido plenamente explorado até 2030 no Cenário de Referência considerado (PNE 2030), o estudo não considerou nenhuma outra oportunidade para reduzir as emissões através da expansão da hidroeletricidade, a mais do que havia sido estabelecido no Cenário de Referência. Além das oportunidades para reduzir as emissões domésticas, o estudo considerou duas oportunidades de redução no exterior: (i) a hidro-complementaridade (para redução das emissões de CO₂ dos setores de energia no Brasil e na Venezuela) e (ii) exportações de etanol em grande escala (para redução de emissões de combustíveis fósseis dos setores de transporte do mundo inteiro).

No período de 2010 a 2030, as reduções cumulativas de emissões chegariam a 1,8 GtCO₂, ou menos de 25% das emissões cumulativas do setor no Cenário de Referência.²² Caso viessem a ser implementadas todas as opções de baixo carbono propostas, as emissões anuais do setor de energia seriam reduzidas em 35% no ano de 2030.²³ Um fator não surpreendente é que o setor de indústria, que ainda está fortemente baseado em combustíveis fósseis, responderia por 75% das reduções até 2030 (68 MtCO₂ por ano), seguido pelo carvão vegetal renovável para a siderurgia (31%) e cogeração de biomassa (9%). **Mesmo assim, no Cenário de Baixo Carbono, as emissões geradas pelo setor de energia permaneceriam aproximadamente 28% mais altas em 2030, em comparação com 2008.**

Incremento de Exportações de Etanol:

Aumento de Um Terço no Potencial de Mitigação

O sucesso do Brasil com o bioetanol oferece uma oportunidade para reduzir as emissões globais através do aumento das exportações do produto. Em termos de emissões, custos sociais e custos econômicos de produção, o etanol produzido a partir do açúcar no Brasil mostra-se superior às alternativas apresentadas em outros países, refletindo uma vantagem comparativa significativa no atendimento à crescente demanda internacional por combustíveis de baixo carbono para veículos. A redução ou a eliminação das elevadas barreiras comerciais e dos enormes subsídios atualmente existentes em vários países geraria benefícios econômicos tanto para o Brasil quanto para seus parceiros comerciais, além de reduzir as emissões de GEE. Muito embora o porte dessas exportações dependa de suposições contrafatuais, este estudo adotou uma meta de 70 bilhões de litros até 2030 – 57 bilhões a mais do que o que aparece no Cenário de Referência do PNE e pouco mais de 2% do consumo global estimado de gasolina para aquele ano (igual a 10% da demanda por bioetanol para chegar à meta média de 20% de mistura de etanol na gasolina em todo o mundo). Essa meta corresponde ao limite inferior de um recente estudo sobre a

20 Sigla em inglês é GTL: *Gas-To-Liquid*.

21 Para evitar dupla contagem, o presente estudo considerou as reduções de emissões como resultado da troca de combustíveis de veículos como reduções de emissões do setor de transportes.

22 Excluindo as 667 MtCO₂ de emissões evitadas como resultado das exportações de etanol e as 28 MtCO₂ da linha de transmissão entre a Venezuela e o Brasil.

23 Em 2030, as emissões anuais seriam reduzidas de 458 para 297 MtCO₂ (excluindo-se os transportes) ou de 735 para 480 MtCO₂ (incluindo transportes), ou seja, uma redução anual semelhante às emissões da Argentina no ano de 2000.

viabilidade do aumento da produção do etanol para exportação.²⁴

O acréscimo nas reduções de emissões alcançado através de exportações de etanol chegaria a 73 MtCO₂ por ano e corresponderia a 667 MtCO₂ durante o período de 2010 a 2030, ou mais ou menos um terço da redução total das emissões do setor de energia. O etanol adicional exigiria um aumento da área cultivada com cana-de-açúcar de 6,4 milhões de hectares em 2030 (de 12,7 para 19,1 milhões de ha), a qual continuaria menor do que a área total hoje cultivada com soja (22,7 milhões de hectares em 2006) e um décimo da área atualmente dedicada à pastagem (210 milhões de hectares).²⁵ Como ficou explicado acima, supõe-se, contanto que sejam atendidas as metas propostas para incremento da produtividade da pecuária, que a expansão do plantio de cana-de-açúcar não redundaria em desmatamento, seja direta ou indiretamente através da expansão das áreas de pastagem – e a produção de cana-de-açúcar não ocorreria em áreas de conservação.

Transporte: Substituição de Modais e Troca de Combustíveis

O setor de transportes brasileiro apresenta intensidade menor de carbono, quando comparado ao de outros países, devido ao amplo uso do etanol como combustível nos veículos. Mesmo assim, o setor responde por mais da metade do consumo total de combustíveis fósseis no país, principalmente diesel. Em 2008, as emissões do setor eram de cerca de 149 MtCO₂e, o que representava 12% das emissões nacionais.

Originaram-se no transporte urbano aproximadamente 51% das emissões diretas do setor no ano de 2008. Entre as causas principais, surgem o emprego cada vez mais intenso de carros particulares, o congestionamento e os sistemas ineficientes de transporte de massa. **O estudo revelou que a troca de modais, para o Sistema de Trânsito de Ônibus Rápido (Sigla BRT, em inglês) e para o Metrô, associada a medidas de gestão de trânsito, teria potencial para reduzir as emissões em cerca de 26% em 2030;** entretanto, frequentemente aspectos ligados a políticas públicas, coordenação e financiamento impedem a sua implementação. Os mais de 5.000 municípios do país administram o seu próprio trânsito e sistemas de transporte, dificultando a mobilização de recursos onde é necessário. Além disso, os sistemas de transportes de massa exigem investimento de quantidades significativas de capital.

No caso do transporte regional, o estudo revelou um potencial de reduzir as emissões em cerca de 9% em 2030, através de mudanças de modais, tanto para o transporte de passageiros, quanto de carga. De acordo com simulações, a expansão do trem de passageiros de alta velocidade entre São Paulo e Rio de Janeiro, por exemplo, poderia atrair passageiros dos modos de transporte que envolvem níveis altos de emissões (como, por exemplo, aviões, automóveis e ônibus). No caso do transporte de fretes, a migração do transporte baseado em rodovias para o aquaviário e ferroviário poderia reduzir as emissões de modo significativo. Entre os obstáculos a essa mudança, incluem-se a inadequada infraestrutura para a transferência intermodal eficiente e a falta de coordenação entre as instituições públicas.

Sem o bioetanol, que já contribui para a baixa intensidade em carbono do setor de transporte, de acordo com o Cenário de Referência as emissões do setor em 2030 chegariam a ser quase 32% maiores do que as expressas no Cenário de Referência, e mais do que o dobro das emissões verificadas atualmente. Devido ao aumento dos veículos de combustível

24 Relatório do NIPE/UNICAMP para o CGEE/MCT, Campinas, dezembro de 2005.

25 As medidas propostas para reduzir o desmatamento a zero de acordo com o Cenário de Baixo Carbono consideraram a quantidade adicional de terras necessárias para o plantio de cana-de-açúcar para as exportações de etanol para evitar vazamento de carbono.



flex e à troca da gasolina pelo bioetanol, espera-se que as emissões geradas por veículos leves permaneçam estáveis ao longo dos próximos 25 anos, apesar de um crescimento projetado no número de quilômetros percorridos. **No Cenário de Baixo Carbono, essa troca de combustível poderia ser aumentada ainda mais, de 60 para 80% em 2030, o que resultaria na metade das reduções de emissões até 2030, e mais de um terço do total dessas reduções no setor de transportes durante o período (quase 176 MtCO₂).** O principal desafio é garantir que os sinais de preços do mercado estejam alinhados a esse objetivo. Por causa da volatilidade dos preços do petróleo, seria necessário um mecanismo financeiro apropriado, de modo a absorver os choques de preços e manter a atratividade do etanol para os proprietários de veículos.

Implementar o Cenário de Baixo Carbono significaria reduzir o aumento de emissões geradas pelo setor de transportes, de quase 65% para menos de 17% (de 149 MtCO₂ em 2008 para 174, em vez de 245 MtCO₂ por ano em 2030). O total de emissões evitadas corresponderia a cerca de 524 MtCO₂, durante o período de 2010 a 2030, ou em torno de 35 MtCO₂ por ano, em média – o que, grosso modo, equivaleria à combinação das emissões do Uruguai e de El Salvador.

Manejo de Resíduos: Alavancagem de Recursos Financeiros

O setor de manejo de resíduos do Brasil tem uma história de insuficiência de investimentos e de pouca participação do setor privado. Em parte, essa situação pode ser atribuída a uma falta de planejamento de longo prazo, à insuficiência de recursos alocados para o setor e à falta de incentivos. Tanto o manejo de resíduos sólidos quanto líquidos padecem de alto nível de complexidade institucional e descentralização, o que dificulta ainda mais a alavancagem dos recursos financeiros necessários. **Em 2008, as emissões do setor mostravam-se relativamente limitadas, ao nível de 62 MtCO₂e, o que representava 4,7% das emissões nacionais.**

Nos aterros sanitários modernos, onde a fermentação é anaeróbica, o metano (CH₄), um poderoso GEE gerado no final do processo, é liberado na atmosfera, e as emissões aumentam à medida que a coleta de resíduos e os locais de depósito continuam com o processo de expansão. De acordo com o Cenário de Referência, o CH₄ gerado não é necessariamente destruído. As emissões **são rapidamente impulsionadas, e poderiam aumentar mais de 50% ao longo do período do estudo, à medida que um número cada vez maior de pessoas começarem a beneficiar-se dos serviços de coleta de resíduos sólidos e líquidos. Entretanto, considerando que o CH₄ pode ser facilmente destruído, os incentivos criados pelo mercado de carbono poderiam estimular a participação em projetos desenhados para destruir os gases gerados nos aterros no Cenário de Baixo Carbono.** Com vistas a enfrentar os desafios do setor de manejo de resíduos, torna-se imperativo que tanto as municipalidades responsáveis pela promoção de parcerias quanto as entidades do setor privado tenham o conhecimento adequado para o melhor uso das estruturas jurídicas e institucionais existentes, assim como os procedimentos necessários para o acesso a fontes de financiamento disponíveis (ex: dentro de prazos estipulados etc.). Particularmente, parcerias intermunicipais e consórcios regionais devem ser estabelecidos para lidar com o tratamento de resíduos, e parcerias público-privadas (PPPs) devem ser estabelecidas através de concessões e contratos de longo prazo.

A implementação do Cenário de Baixo Carbono reduziria as emissões anuais do setor em 80% (de 99 MtCO₂e para 19 MtCO₂e em 2030). Durante o período 2010–30, o total de emissões evitadas seria igual a 1.317 MtCO₂, ou uma média de 63 MtCO₂ por ano, o que é comparável às emissões anuais do Paraguai.

Análise Econômica das Opções de Mitigação

Para informar o governo brasileiro e a sociedade em geral sobre os custos econômicos envolvidos na migração para uma via de desenvolvimento com baixa intensidade de carbono, a equipe do estudo desenvolveu uma análise econômica para determinar as condições financeiras sob as quais poderiam ser implementadas as opções propostas para mitigação e remoção de carbono. A análise econômica foi usada também para escolher as opções de mitigação que poderiam ser mantidas em um Cenário de Baixo Carbono. **Foram desenvolvidos dois níveis complementares de análise econômica: (i) uma avaliação microeconômica das opções consideradas, tanto do ponto de vista social quanto do setor privado, e (ii) uma avaliação macroeconômica dos impactos dessas opções sobre a economia nacional**, seja individual ou coletivamente, empregando um modelo de insumos e produtos (*input-output* ou I-O).

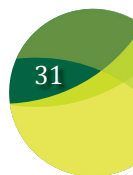
A abordagem social possibilitou uma comparação intersetorial do custo-eficiência das opções de mitigação e de remoção de carbono consideradas para a sociedade em geral. Com esse objetivo, foi calculado um custo marginal de abatimento (CMA) para cada uma das medidas, utilizando uma taxa de desconto social de 8%. Os resultados foram classificados por valores crescentes e plotados em um único gráfico, conhecido como curva de custos marginais de abatimento (CCMA), que permite uma rápida leitura de como é possível comparar as várias medidas, em termos de custos e de volume de emissões GEE.

Quanto à abordagem do ponto de vista do setor privado, explorou as condições de acordo com as quais as medidas propostas tornar-se-iam atraentes para desenvolvedores individuais de projetos. Corresponde ao mesmo princípio subjacente à abordagem *cap-and-trade*, adotada no Protocolo de Quioto: oferta de receitas adicionais aos agentes econômicos que optarem por soluções menos intensivas em carbono do que as da linha de base. O objetivo dessa abordagem é calcular o incentivo econômico mínimo – o “preço de equilíbrio do carbono” – a ser oferecido, para tornar atraente a medida proposta de mitigação. Essa abordagem baseia-se nas taxas esperadas de retorno dos agentes econômicos reais nos setores considerados, da forma observada pelas principais instituições de financiamento consultadas no Brasil.

Uma vez que as taxas de retorno esperadas pelo setor privado são em geral mais altas do que a taxa de desconto social, o preço de equilíbrio do carbono é geralmente superior ao CMA. Em alguns casos, o CMA chega a ser negativo, enquanto o preço de equilíbrio do carbono é positivo (por exemplo, a cogeração a partir da cana-de-açúcar, medidas para a prevenção do desmatamento, a substituição de combustível por gás natural, a iluminação e os motores elétricos ou o GTL), o que nos ajuda a compreender por que uma medida com CMA negativo não é automaticamente implementada. A maior parte das opções de mitigação e remoção de carbono presume incentivos para tornarem-se atraentes, com a exceção de medidas de eficiência energética.

O volume total de incentivos necessários durante o período do estudo alcançaria US\$445 bilhões, ou US\$21 bilhões por ano, em média.

De acordo com as estimativas, o incentivo para as medidas propostas para evitar emissões relacionadas ao desmatamento corresponderia a cerca de US\$34 bilhões durante o período, o que equivaleria a US\$1,6 bilhão por ano, e a US\$6 por tCO₂ (incluindo os custos com a proteção de florestas, de \$24 bilhões ao longo do período). Para 80% do potencial de mitigação e remoção de acordo com o Cenário de Baixo Carbono – ou seja, mais de 9 GtCO₂ – o nível necessário de incentivos seria de US\$ 6 por tCO₂ e ou menos.



O incentivo econômico a ser oferecido não passa necessariamente pela venda de créditos de carbono. Outros incentivos, como subsídios de capital para tecnologias de baixo carbono, condições de financiamento de investimentos, isenções e créditos fiscais, regulamentações ou outros instrumentos podem às vezes revelar-se mais efetivos para tornar as opções de baixo carbono preferíveis para os desenvolvedores de projetos.

Os efeitos macroeconômicos das opções de mitigação consideradas foram estimados individual e coletivamente, sendo o impacto incremental do Cenário de Baixo Carbono calculado em comparação com o Cenário de Referência, utilizando-se um simples modelo de IO. Muito embora os resultados devam ser considerados com cautela, sendo utilizados meramente para sugerir a magnitude do impacto, a simulação baseada em IO indica que **não se espera que o investimento, no caso do Cenário de Baixo Carbono, afete negativamente o crescimento econômico. Em vez disso, tanto o PIB quanto o emprego poderiam apresentar ligeira melhora, como resultado de efeitos colaterais em toda a economia gerados pelo investimento nas opções de baixo carbono.** Calcula-se que o PIB pudesse apresentar aumento de 0,5% por ano em média durante o período de 2010 a 2030, enquanto o emprego experimentaria em média crescimento de 1,13% ao ano durante o mesmo período.

Com base nessa análise econômica de dois níveis, o estudo selecionou as opções de mitigação e remoção de carbono consideradas para um Cenário de Baixo Carbono no Brasil durante o período de 2010 a 2030. Os critérios adotados foram que o CMA, que representa a perspectiva social em geral adotada nos exercícios de planejamento do governo, não deveria exceder US\$50 por tonelada de CO₂e, com exceção das opções impulsionadas mais pelos grandes co-benefícios esperados e seus impactos macroeconômicos positivos, o que se equilibraria com o CMA mais alto. Tipicamente, esse é o caso para a maioria das medidas propostas pelos setores de transporte e de resíduos.

Um Cenário Nacional de Baixo Carbono

O Cenário de Baixo Carbono elaborado para o Brasil neste estudo é um agregado dos que foram desenvolvidos para cada um dos quatro setores considerados no presente estudo. Em cada um dos setores, foram analisadas as oportunidades mais significativas para mitigar e sequestrar GEEs, enquanto deixaram de ser consideradas opções menos promissoras, ou já plenamente exploradas, no Cenário de Referência. Em resumo, esse Cenário nacional de Baixo Carbono deriva-se de uma simulação de baixo para cima e determinada pela tecnologia, focalizando subsetores individuais (por exemplo, conservação de energia na indústria ou de coleta e destruição de gases de aterros sanitários), baseando-se em avaliações detalhadas dos pontos de vista técnico e econômico das opções viáveis no contexto brasileiro, além da otimização setorial para dois dos quatro principais setores (uso da terra e transportes).

Esse Cenário nacional de Baixo Carbono foi construído de forma coordenada, de modo a garantir plena consistência entre os quatro principais setores considerados. Com o intuito de assegurar a transparência, os métodos e os resultados foram apresentados e discutidos em várias ocasiões com vários representantes de governo.²⁶ **Por outro lado, não existe a presunção de que esse Cenário de Baixo Carbono tenha explorado todas as opções possíveis para mitigação, ou que represente uma combinação preferida e recomendada.**

²⁶ Foram realizados três seminários nos últimos anos (14 a 16 de setembro de 2007, 30 de abril de 2008 e 19 de março de 2009) para apresentar e discutir a metodologia de estudo, os resultados intermediários e os resultados quase finais, com a participação de representantes de 10 ministérios. Equipes setoriais interagiram também em várias ocasiões com representantes de áreas técnicas e de agências públicas.

Este cenário, que simula o resultado combinado de todas as opções cobertas por este estudo, deve ser considerado como sendo modular – como um menu de opções – e não prescritivo, em especial já que a economia política pode revelar-se significativamente distinta entre setores ou regiões, o que faz com que determinadas opções de mitigação, que inicialmente possam parecer mais dispendiosas, sejam mais fáceis de ser aproveitadas do que outras, que no começo aparentem ser mais atraentes do ponto de vista econômico.

Esse Cenário de Baixo Carbono representa redução de 37% nas emissões brutas de GEE ao longo do período compreendido entre 2010 e 2030, em comparação com o Cenário de Referência. A redução cumulativa total das emissões durante o período chega a mais de 11,1 GtCO₂e, o que corresponde a cerca de 37% das emissões cumulativas observadas no Cenário de Referência. As projeções referentes às emissões brutas em 2030 são 40% mais baixas no Cenário de Baixo Carbono (1.023 MtCO₂e por ano), em comparação com o Cenário de Referência (1.718 MtCO₂e por ano) e 20% mais baixas do que em 2008 (1.288 MtCO₂e por ano – ver Tabela 2, Figura 1). Além disso, o plantio de florestas e a recuperação de reservas legais deverão sequestrar o equivalente a 16% das emissões verificadas no Cenário de Referência em 2030 (213 MtCO₂e por ano).²⁷

Tabela 2: Comparação da Distribuição das Emissões entre os Setores nos Cenários de Referência e de Baixo Carbono, 2008-2030

Setor	Referência 2008		Referência 2030		Baixo Carbono 2030	
	Mt CO ₂ e	%	Mt CO ₂ e	%	Mt CO ₂ e	%
Energia	232	18	458	26	297	35
Transporte	149	12	245	14	174	17
Resíduos	62	5	99	6	18	2
Desmatamento	536	42	533	31	196	19
Pecuária	237	18	272	16	249	24
Agricultura	72	5	111	6	89	11
Total Bruto de Emissões	1.288	100	1.718	100	1.023	100
Remoção de carbono	295	2	-21	-1	-213	21
Total Líquido de Emissões	1.259	98	1.697	99	810	79

As duas áreas onde o Cenário de Baixo Carbono proposto registra maior sucesso em termos de redução das emissões líquidas são a redução do desmatamento e o aumento da remoção de carbono. Os principais fatores impulsionadores são (i) a redução da extensão total de terras necessárias, através de ganhos significativos na produtividade da pecuária, para acomodar a expansão da agricultura e da produção de carne e (ii) o restauro das reservas legais de florestas e as florestas de produção para a produção de carvão vegetal renovável para a siderurgia. Até 2017, o Cenário de Baixo Carbono proposto reduziria o desmatamento em mais de 80%, em comparação com a média registrada no período de 1996 a 2005, garantindo assim a conformidade com o compromisso do governo brasileiro assumido em dezembro de 2008.

²⁷ Se a remoção de carbono através da regeneração natural de florestas degradadas fosse incluída, o potencial de remoção aumentaria em 112MtCO₂ por ano, em média, reduzindo assim as emissões líquidas.

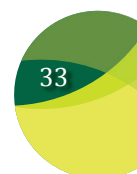
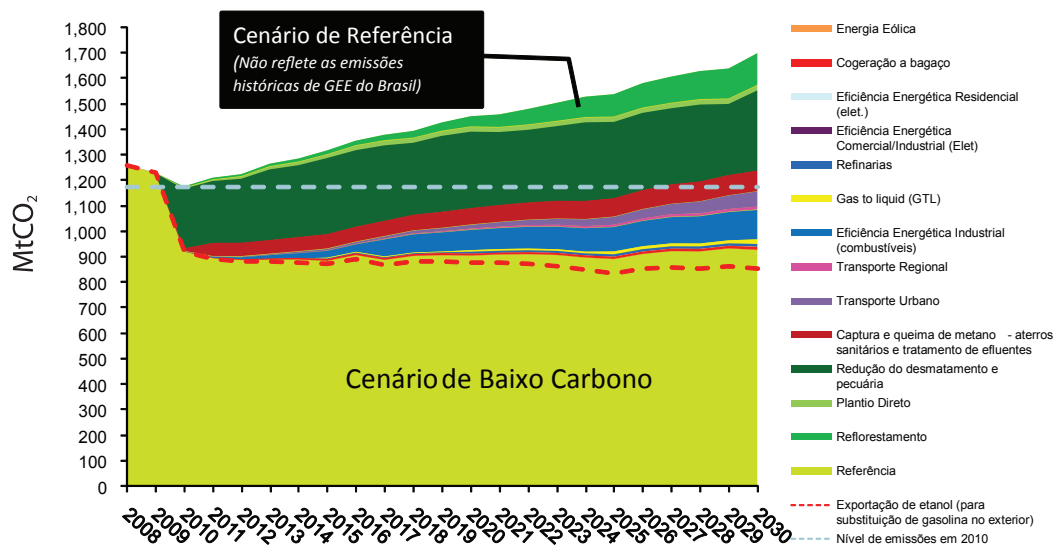


Figura 1: Diferenças de Mitigação de GEE no Cenário de Baixo Carbono, 2008–30



Nos setores de energia e de transportes, é mais difícil reduzir as emissões, uma vez que já estão em níveis baixos, de acordo com os padrões internacionais, o que é principalmente explicado pela hidroeletricidade e pelo bioetanol, como substituto para a gasolina na atual matriz energética. Conseqüentemente, a participação relativa desses setores nas emissões nacionais aumenta mais no Cenário de Baixo Carbono do que no Cenário de Referência.

Avaliação das Necessidades de Financiamento

A implementação das opções do Cenário de Baixo Carbono exigiria mais do que duas vezes o volume de financiamento necessário para as alternativas do Cenário de Referência – aproximadamente US\$725 bilhões em termos reais, em comparação com US\$336 bilhões de 2010 a 2030. A distribuição por setor é de US\$344 bilhões para energia, US\$157 bilhões para uso da terra, mudanças no uso da terra e florestas, US\$141 bilhões para transportes e US\$ 84 bilhões para manejo de resíduos.

Seria necessário em média mais US\$20 bilhões por ano em investimentos. Isso representaria menos do que 10% dos \$250 bilhões anuais em investimentos nacionais em 2008 (aproximadamente 19% do PIB²⁸), ou menos da metade dos \$42 bilhões em desembolsos de empréstimos feitos pelo BNDES e dois terços dos US\$30 bilhões em Investimento Direto Estrangeiro (IDE) no Brasil durante o ano de 2008. Essas necessidades comparam-se bem com o Plano de Aceleração do Crescimento do Governo do Brasil (PAC), que prevê despesas de \$504 bilhões de 2007 a 2010.

Para implementar os Cenários de Referência e de Baixo Carbono, há necessidade de investimentos, tanto do setor público quanto do setor privado. Considerando-se qualquer que seja o cenário, os setores de transporte e de resíduos exigem mais investimentos do setor privado do que hoje, enquanto o setor de energia continua a beneficiar-se da significativa participação do setor público; a potencial implementação de novas regras, ou a modificação das regras existentes, poderá favorecer um melhor emprego dos recursos (como GTL). No caso do setor de uso da terra, a redução de emissões do desmatamento continua a exigir intervenção

28 PIB de \$1,573 trilhões de acordo com o World Factbook da CIA.

do setor público, seja sob a forma de recursos especiais, como o Fundo da Amazônia, ou de ação legal para aplicação da legislação; ao mesmo tempo, a maior produtividade do setor de pecuária baseia-se em melhor acesso a financiamento, tanto do setor público quanto do privado. Da mesma maneira, o restauro das florestas através da observação da Lei de Reservas Legais exige ação do setor público e potencialmente maior participação do setor privado.

Para mobilização de investimentos do setor privado, seria preciso que os incentivos dessem um caráter mais atraente às opções de baixo carbono, em comparação com outras, mais convencionais. As opções de mitigação na área de transportes exigiriam o maior volume médio de incentivos por ano, ao nível aproximado de US\$9 bilhões, sendo seguidas pela área de energia, de US\$7 bilhões, resíduos, de US\$3 bilhões e LULUCF, de US\$2,2 bilhões. Por outro lado, a maior parte das medidas ligadas à eficiência energética não necessitaria incentivos.

Poucos dos muitos mecanismos e instrumentos de financiamento econômico do Brasil, hoje existentes, focalizam atividades relacionadas às mudanças climáticas. É possível que mecanismos não relacionados ao clima pudessem ser aplicáveis às opções de baixo carbono, da mesma forma que poderiam ser aplicados às alternativas do Cenário de Referência. Entretanto, sua disponibilidade, alcance, configuração e escala podem ser limitados, em especial quando aplicados a alternativas não convencionais. Muito embora os custos gerais possam não parecer exorbitantes quando se trata da implementação de um Cenário de desenvolvimento de Baixo Carbono, os recursos disponíveis para a implementação de atividades de mitigação podem não ser tão facilmente identificáveis ou suficientes ao nível específico de implementação dos projetos, ou os mecanismos de financiamento podem não ser apropriadamente definidos para tais opções. **Assim sendo, seriam necessários instrumentos e novas fontes específicos de financiamento, que promovessem a implementação das atividades propostas de mitigação.**

Enfrentando o Desafio do Cenário de Baixo Carbono

A implementação do Cenário de Baixo Carbono proposto exige que seja enfrentada uma variedade de desafios em cada uma das quatro áreas consideradas. A estratégia combinada de liberar áreas de pastagem e proteger florestas para reduzir o desmatamento a 83% dos níveis historicamente observados implica em cinco desafios principais. **Em primeiro lugar, os sistemas produtivos de criação de animais são muito mais intensivos em capital, tanto na etapa de investimento quanto em termos de capital de giro.** Fazer com que os pecuaristas migrem para esses sistemas significaria ter que oferecer-lhes grandes volumes de financiamento em condições atraentes, bem acima dos níveis atuais de oferta de crédito. Em outras palavras, grande volume de incentivos associados a critérios mais flexíveis de empréstimos, para que esse financiamento fosse viável, tanto para pecuaristas quanto para o sistema bancário. Uma primeira tentativa de estimar o volume de incentivos necessários sinaliza uma ordem de magnitude de US\$1,6 bilhão por ano, ou US\$34 bilhões durante o período. **Em segundo lugar, esses sistemas exigem níveis mais altos de qualificação do que o tipo tradicional de pecuária extensiva,** que está acostumado a passar para novas áreas tão logo a produtividade da pastagem se mostre degradada, eventualmente convertendo vegetação nativa em pasto. Assim sendo, o esforço de financiamento precisa ser acompanhado de um intenso desenvolvimento de serviços de extensão.

Um terceiro desafio tem a ver com evitar o efeito de rebote: níveis superiores de lucratividade oriundos da necessidade de menos terras para produzir o mesmo volume de carne poderiam desencadear incentivos para produzir mais carne e possivelmente converter mais florestas nativas em pasto. Um risco assim é especialmente alto em áreas onde tenham



sido abertas ou pavimentadas novas estradas. Portanto, é preciso que o incentivo oferecido seja seletivo, principalmente na região Amazônica. Somente deve ser concedido quando ficar claramente estabelecido, com base em títulos válidos e georreferenciados de propriedade da terra, que o projeto excluirá tanto a conversão de vegetação nativa em pasto, quanto áreas convertidas em anos recentes (por exemplo, há menos de cinco anos).

Em quarto lugar, várias opções atraentes no Cenário de Baixo Carbono, focalizadas em mitigar as emissões ou expandir a remoção de carbono, **ampliam a necessidade de liberar áreas de pastagem para evitar vazamento de carbono**. Por exemplo, se por um lado o replantio de floresta para atender à Lei das Reservas Legais funcionasse para remover grande quantidade de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera, essa área já não estaria disponível para outras atividades. Uma quantidade adicional equivalente de pastagem teria que ser liberada, ou uma parte da produção teria que ser reduzida, ou mais floresta nativa seria eventualmente destruída em outro local. **Um tipo de obrigação legal mais flexível em relação às reservas florestais faria com que a meta para acomodar todas as atividades de agricultura, pecuária e florestais sem desmatamento fosse menos difícil de ser atingida, mas também poderia significar ao mesmo tempo uma menor remoção de carbono**.

No caso dos transportes urbanos, o principal desafio não é tecnológico, muito embora alguns ganhos de eficiência pudessem ainda resultar de inovações tecnológicas. Tecnologias de transporte de massa, opções não motorizadas de transporte e medidas de gestão da demanda são todas possibilidades disponíveis, e que já foram testadas na prática. **Na verdade, o principal desafio está na falta de financiamento e na necessidade de maior coordenação institucional.** Por exemplo, os mais de 5.000 municípios brasileiros administram independentemente os seus sistemas de transporte e de trânsito, o que dificulta a harmonização de planos e políticas públicas para todo o país. Além disso, sistemas de transporte de massa em áreas urbanas exigem grande quantidade de capital, o que impede que muitos municípios os implementem. Uma maneira de superar a capacidade limitada de investimentos do setor público é promover PPPs.

Em termos do transporte regional, atender as metas de transporte de fretes em um Cenário de Baixo Carbono exige melhor integração e parcerias entre concessionárias de ferrovias e entre as concessionárias e o governo, incluindo as agências reguladoras. Os vários modos de transporte são em geral operados pelo setor privado; assim sendo, para haver eficiência na sua integração, é preciso que haja infraestrutura e terminais, o que exige uma maior coordenação e apoio da parte das autoridades públicas. Com relação à região Amazônica, a abertura de novas estradas nas florestas pode resultar em maior desmatamento e, portanto, mais emissões. Para o sucesso de políticas públicas que envolvam projetos de transferência intermodal, mitigando impactos negativos, é necessário que haja planejamento adequado, alocação apropriada de recursos, bem como medidas para facilitar o financiamento dos grandes investimentos indispensáveis para a construção e adaptação da infraestrutura necessária.

Com relação à substituição ainda mais intensa da gasolina pelo bioetanol, o principal desafio é garantir que os sinais de preços de mercado estejam alinhados a esse objetivo. A maior parte dos carros novos produzidos no Brasil é de combustível *flex*, podendo por definição ser abastecidos com etanol ou gasolina, indistintamente. Os sinais de preços do mercado são fatores cruciais para a determinação da alta participação de mercado do etanol. Devido à alta volatilidade dos preços do petróleo, é necessário desenhar e implementar um mecanismo financeiro para absorção dos choques de preço e manutenção da atratividade do etanol para os proprietários de veículos.

No caso do setor de energia, os principais desafios relativos à mitigação das emissões não envolvem apenas a implementação das medidas propostas no Cenário de Baixo Carbono; algumas premissas em que se baseia o Cenário de Referência exigem também esforços importantes. No Cenário de Baixo Carbono, baixa intensidade de carbono do setor de energia resulta do nível já baixo no Cenário de Referência. O PNE 2030 projeta que a hidroeletricidade responderá com mais de 70% da geração de energia em 2030, o que implica em aumentar a capacidade de geração a um ritmo ainda não registrado.

A participação da hidroenergia em novos leilões de energia vem sendo limitada devido ao processo de licenciamento ambiental. Como resultado, aumentou a participação de usinas elétricas a óleo combustível, diesel e até mesmo das baseadas em carvão. Entre as medidas a serem tomadas para melhorar a eficiência do processo de licenciamento ambiental para a geração de hidroeletricidade, poderiam incluir-se (i) garantir que planos, programas e políticas do setor de eletricidade levem em consideração fatores sociais e ambientais, juntamente com os aspectos econômicos, financeiros e técnicos; (ii) promover e estabelecer mecanismos para a solução de litígios entre os atores do processo de licenciamento; (iii) preparar um guia de operações, que defina as abordagens usadas durante o processo e (iv) construir capacidade técnica e expandir e diversificar as qualificações profissionais das agências ambientais.²⁹

O controle do potencial de mitigação da eficiência energética de acordo com o Cenário de Baixo Carbono exige a exploração plena das opções oferecidas pela estrutura legal e institucional existente. Ainda que lento, 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 (por exemplo, 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 (i) as distorções de preços que introduzem desincentivos para a conservação de energia e (ii) a separação dos esforços em prol da eficiência energética das instituições de eletricidade e de óleo e gás. Seria possível alcançar uma melhor coordenação através de uma comissão responsável pelo desenvolvimento de ambos os programas.

Para a cogeração de bagaço e para a energia eólica, a principal barreira à implementação é o custo de interconexão com a rede de subtransmissão, às vezes distante ou com restrições de capacidade. Caso esse custo continue a ser integralmente pago respectivamente pelas usinas de açúcar e pela usinas eólicas, a contribuição da cogeração e da energia eólica provavelmente permanecerá baixa, o que resultará 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 rede inteligente poderia ajudar a otimizar a exploração desse promissor – mas distribuído – potencial de geração de baixa intensidade em carbono.

Com relação ao setor de resíduos, **tanto o manejo de resíduos sólidos quanto líquidos enfrentam alto nível de complexidade e descentralização institucional, o que faz com que seja mais difícil alavancar o grande volume necessário de recursos financeiros.** A expansão de formas adequadas de coleta, tratamento e descarte, juntamente com ações para evitar emissões, exigiria mais coordenação intermunicipal, regulamentos claros e PPPs, juntamente com a continuação de incentivos baseados no carbono para a destruição ou o uso do gás gerado por aterros sanitários.

²⁹ Ver “Licenciamento Ambiental para Projetos de Hidroeletricidade no Brasil: Uma Contribuição para o Debate”, Relatório Sumário. Unidade de Administração de Países do Banco Mundial, 28 de março de 2008.



Comentários Finais

O Brasil possui muitas oportunidades em relação à mitigação e a remoção das emissões de GEE na atmosfera. Isso coloca o país na posição de um dos principais atores capazes de enfrentar o desafio representado pela mudança climática global. O presente estudo conseguiu demonstrar que toda uma série de medidas de mitigação e remoção de carbono são tecnicamente viáveis, e que já estão em curso esforços promissores. **Por outro lado, a implementação dessas medidas propostas exigiria grandes volumes de investimentos e de incentivos, que podem estar além de uma resposta estritamente nacional, exigindo suporte financeiro internacional. Além disso, para que o Brasil possa aproveitar todo o leque de oportunidades para mitigação das emissões de GEE, não seriam suficientes mecanismos de mercado. Políticas públicas e planejamento seriam essenciais, com o gerenciamento da competição pela terra e a proteção das florestas no seu cerne.**

