

ARRANJO BÁSICO DE INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO INDC DO BRASIL – SETOR BIOCOMBUSTÍVEIS

VERSÃO FINAL

**MARCELO MOREIRA
WILLIAN KIMURA**

**SÃO PAULO
SETEMBRO DE 2016**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	2
2	OBJETIVO	3
3	METODOLOGIA.....	4
4	RESULTADOS SETOR SUCROENERGÉTICO	5
4.1	OE1 Cenários prospectivos para níveis de atividade dos produtos bioenergéticos, e condições necessárias para sua realização	5
4.2	OE2: Necessidade de investimentos e emissões de GEE.....	11
4.3	OE3: Formas de financiamento	13
4.4	OE4: Monitoramento e verificação de emissões e mitigações	14
5	RESULTADOS BIODIESEL E BIOQUEROSENE	15
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	15
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
	ANEXO I. NOTA TÉCNICA: EMISSÕES E MITIGAÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA	20
	ANEXO II. NOTA TÉCNICA: INVESTIMENTO	22
	ANEXO III DETALHAMENTO DAS RECOMENDAÇÕES PARA ATINGIR A META DE ETANOL E BIELETRICIDADE (PARA DISCUSSÃO).....	23

1 INTRODUÇÃO

Em setembro de 2015, o governo brasileiro submeteu à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima sua pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (*intended Nationally Determined Contribution* – iNDC, em inglês) como parte do esforço de negociação internacional que alcançou, em dezembro de 2015, a aprovação do Acordo de Paris. Para fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima, no contexto do desenvolvimento sustentável e dos esforços de erradicação da pobreza, os objetivos do Acordo são:

- Limitar o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais, procurando alcançar a meta de 1,5°C;
- Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos negativos da mudança do clima e promover um desenvolvimento de baixa emissão de gases de efeito estufa, de uma maneira que não ameace a produção de alimentos;
- Tornar os fluxos financeiros compatíveis com uma trajetória rumo a um desenvolvimento de baixa emissão de gases de efeito estufa e resiliente à mudança do clima.

O Brasil tem um dos maiores e mais bem sucedidos programas de biocombustíveis, incluindo a cogeração de energia elétrica a partir da biomassa. É o país que alcançou os mais expressivos resultados na redução de emissões por desmatamento, principalmente em função da queda da taxa de desmatamento da Amazônia brasileira em 82% entre 2004 e 2014 (INPE, 2016). Segundo o Balanço Energético Nacional (2016a), as fontes renováveis representaram 41% da matriz energética brasileira em 2015 (76% de renováveis na oferta de energia elétrica). Tudo isto já faz o Brasil uma economia de baixo carbono.

Segundo a iNDC, o Brasil pretende adotar medidas adicionais que são consistentes com a meta de temperatura de 2°C, em particular, no que diz respeito ao uso da bioenergia;

- Aumentar a participação da bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis, aumentando a oferta de etanol, inclusive por meio do aumento da parcela de biocombustíveis avançados (segunda geração), e aumentando a parcela de biodiesel na mistura do diesel.
- Expandir o uso doméstico de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias renováveis (além da energia hídrica) no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030, inclusive pelo aumento da participação de eólica, biomassa e solar.
- Embora não mencionado individualmente, o setor de bioenergia será ainda peça importante nas metas de uso da terra, sendo diretamente relacionado ao cumprimento do Código Florestal - protegendo áreas com remanescentes e restaurando vegetação nativa em áreas em não conformidade com a lei florestal.

Em 2015, os produtos da cana-de-açúcar e biodiesel somam cerca de 18% da oferta interna de energia, sendo cerca de 17% e 1%, respectivamente. Já as fontes de eletricidade não fósseis e não

hidráulica (incluindo nuclear) somam cerca de 14% da geração. Ou seja: além de manter a alta participação de biomassa na matriz energética em um país em desenvolvimento com crescentes necessidades energéticas e oportunidades na exploração de petróleo, a bioenergia deverá contribuir para preencher o *gap* de quase 10% a ser preenchido no uso de eletricidade.

Além de sua relevância em termos de volume, o setor sucroenergético destaca-se por ter tecnologia mundialmente reconhecida como uma das formas mais eficientes e sustentáveis para produção de energia a partir de biomassa. É um setor onde são visíveis potenciais rupturas tecnológicas que possibilitam um papel ainda mais relevante no campo energético via aproveitamento mais intenso da biomassa.

Dessa forma, torna-se fundamental uma análise prospectiva de possíveis cenários de expansão do setor de bioenergia, particularmente no que tange a:

- Potenciais de produção, consumo e exportação dos principais produtos bioenergéticos;
- Condições necessárias (investimentos, regulações, desenvolvimento tecnológico, entre outros) para atingimento de tal potencial;
- Maneiras de projetar, monitorar e verificar emissões e mitigação advinda do setor.

2 OBJETIVO

O objetivo principal desse estudo é subsidiar formuladores de política com informações que ajudem a identificar e qualificar elementos centrais para elaboração de políticas setoriais que levem à efetiva implementação das iNDCs sob a perspectiva do setor de biocombustíveis. Procura-se ainda sugerir um cronograma de implementação das ações, associando-as a metas intermediárias.

Em particular, o trabalho terá como foco os setores de etanol de cana-de-açúcar (biocombustível de primeira geração – 1G); etanol lignocelósico (biocombustível de segunda geração – 2G); geração de excedentes de bioeletricidade pelas usinas de cana-de-açúcar. Outros biocombustíveis também serão abordados, porém sem a mesma ênfase que a dada para o setor sucroenergético. Entende-se ainda que as informações servirão de referência para posicionamento da diplomacia brasileira na próxima Conferência das Partes da Organização das Nações Unidas - ONU, em novembro de 2016 (COP22).

Para atingir o objetivo principal, o presente deverá atingir os seguintes Objetivos Específicos:

- OE1: Identificar cenários prospectivos para níveis de atividade dos produtos bioenergéticos, identificando as condições necessárias para sua realização;
- OE2: Estimar o investimento, emissões e mitigação de GEE em cada cenário;
- OE3: Avaliar as formas de financiamento dos cenários;
- OE4: Propor formas para monitorar e verificar as emissões/mitigações.

3 METODOLOGIA

A metodologia de trabalho busca construir cenários de futuro, respondendo sequencialmente a cada dos Objetivos Específicos (OE1 a OE4), listados na sequência lógica descrita na Seção anterior (objetivo) e finalizando com conclusões gerais.

Dada à urgência na obtenção dos resultados e recomendações, não há tempo hábil para a elaboração de modelagem complexas. Dessa maneira, a pesquisa será, em sua grande maioria, baseada em revisão de literatura, entrevistas e, oportunamente, complementada por modelagem econômica e de uso da terra.

As iNDCs foram fundamentadas em um processo rico de consultas e estudos. No caso dos biocombustíveis, cabe destaque aos estudos prospectivos elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA) e pelo Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (projeto IES-Brasil) que, por diferentes modelos, buscaram quantificar a possível contribuição dos biocombustíveis no longo prazo.

No que tange os biocombustíveis derivados da cana-de-açúcar, esse estudo selecionou três cenários prospectivos. Os cenários foram classificados de **Pessimista**, **Previsibilidade** e **iNDC**. As condições de contorno e condições necessárias de cada cenário estão detalhadas nos resultados.

Para cada um dos cenários, foram identificados os volumes de etanol 1G e 2G, venda de bioeletricidade, produção de açúcar e moagem de cana-de-açúcar. O perfil tecnológico necessário para atender cada cenário foi estimado por meio de sistema de equações que fecham, simultaneamente, o balanço de massa e energia do setor como um todo. Com base nessas informações, foi possível estimar o investimento necessário nas fases agrícola e industrial, as emissões do processo produtivo, a mitigação de emissões por substituição da gasolina e eletricidade na margem combinada do Sistema Interligado Nacional (vide Anexo I e II).

Finalmente, foram analisadas as principais características das linhas de financiamento existentes e identificadas as possibilidades de ajustes. Uma análise mais simples foi realizada para os demais biocombustíveis (**biodiesel e bioquerosene**). No que diz respeito ao biodiesel, o presente estudo solicitou posicionamento à Associação Brasileira de Óleos Vegetais (Abiove), que gentilmente cedeu estimativas preliminares ainda não publicadas. Já o bioquerosene teve como base o plano de ação para redução das emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE da aviação brasileira (SAC-ANAC 2015), além de publicações dos próprios autores.

4 RESULTADOS SETOR SUCROENERGÉTICO

4.1 OE1 CENÁRIOS PROSPECTIVOS PARA NÍVEIS DE ATIVIDADE DOS PRODUTOS BIOENERGÉTICOS, E CONDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA SUA REALIZAÇÃO

Ainda em 2015, os principais representantes do setor sucroenergético brasileiro se organizaram em um movimento de defesa do setor, buscando demonstrar os benefícios do etanol perante a gasolina. Esforços foram orientados para formulação de cenários para 2030 que possibilitariam a quantificação dos benefícios do etanol. Os resultados foram apresentados a diferentes instituições, incluindo órgãos públicos que viriam a formular a INDC brasileira. O documento síntese desse esforço teve como objetivo:

“[...] (i) trazer considerações sobre a recuperação do valor da CIDE [Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico] aplicado sobre a gasolina de R\$ 0,60 por litro, valor equivalente ao custo social do carbono; (ii) e, nesse contexto, apresentar cenários que retratem a perspectiva do setor produtivo em relação à produção futura de etanol no Brasil, bem como os efeitos indiretos decorrentes dessa ampliação sobre, por exemplo, o número de empregos, as importações de gasolina e a indústria de base nacional. [...]”.

Nele foram apresentados os potenciais de produção do setor em 2030 em dois cenários: de Estagnação e de Expansão. O Cenário Estagnação representa a manutenção do *status quo*, sem clara sinalização de incentivos no médio e longo prazo para bioenergia. Já o Cenário Expansão se contrapõe ao primeiro, considerando políticas de longo prazo para o setor, dando destaque à necessidade de ampliação da CIDE sobre a gasolina. Enquanto o Expansão se reflete em aumento significativo do consumo interno de etanol, o Cenário Estagnação projeta perda de competitividade do etanol perante gasolina e uma expansão de moagem apenas suficiente para atender o mercado de açúcar. Os efeitos de cada cenário sobre emissões de GEE e investimentos serão retomados ao longo deste estudo.

No bojo do Acordo de Paris, um conjunto de instituições membros da já formada “Coalizão Clima, Agricultura e Florestas” elaborou uma síntese das ações necessárias para o atingimento das metas das INDCs (Coalizão, 2016). Mais especificamente o Grupo de Trabalho em Biocombustíveis lista como premissas necessárias: (i) uma diretriz de longo prazo para a matriz brasileira de combustíveis, ou seja, um ordenamento claro e duradouro, com mecanismos que evitem as frequentes e intensas mudanças; (ii) um diferencial tributário em favor dos biocombustíveis para que as externalidades sejam incorporados no sistema de precificação; (iii) incentivo aos investimentos em infraestrutura para produção, armazenamento, processamento e distribuição dos biocombustíveis e produtos agrícolas; e, por fim, (iv) padrões internacionais de combustíveis com níveis mínimos de biocombustíveis renováveis misturados aos fósseis.

Na esfera governamental, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético. Seus estudos são a principal referência sobre visões de longo prazo para todo setor de energia no Brasil. O Plano Decenal de Energia e o Plano Nacional de Energia são guias para expansão do setor energético -

embora referência importante, os documentos não constituem metas. Geralmente, as publicações não deixam claras as condições de mercado, tributárias e de financiamento necessárias para que os níveis de atividade sejam atingidos.

No que tange ao planejamento da iNDC, a EPE lançou recentemente estudo sobre “O compromisso do Brasil no combate às mudanças climáticas”, no qual explicita os valores tomados como referência pelo governo na elaboração da iNDC. É um documento de grande importância na medida que permite interpretação de diversas imprecisões do texto oficial da iNDC.¹

A Figura 1 reporta os níveis de produção, consumo e exportação de etanol encontrados na revisão de literatura e identifica os volumes considerados nos cenários Pessimista, Previsibilidade e iNDC.

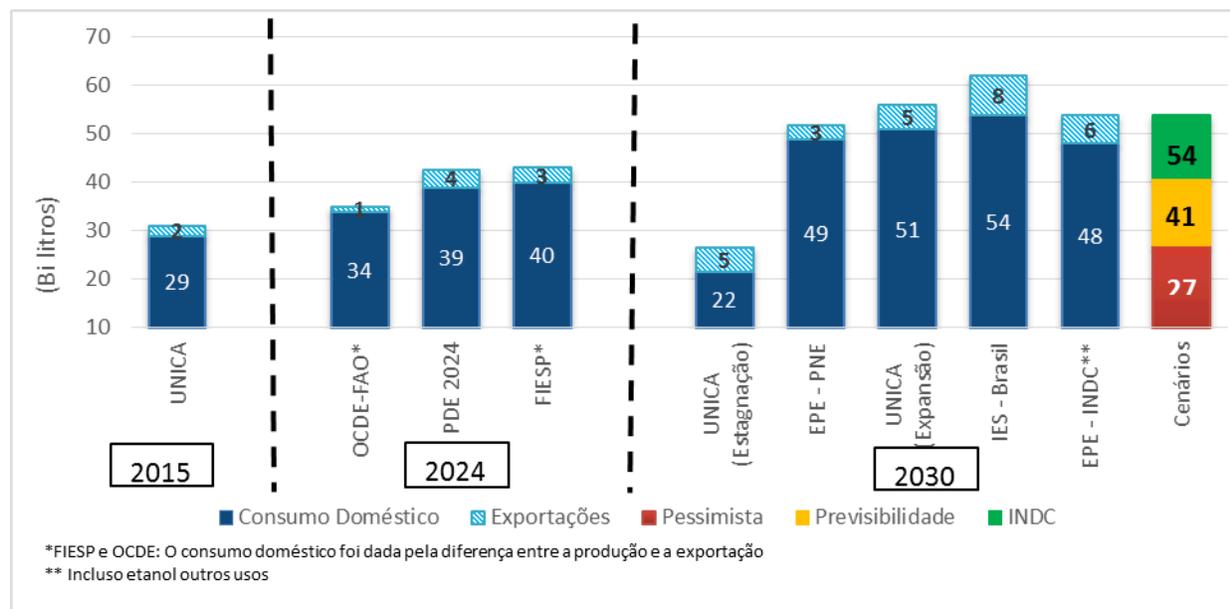


Figura 1: Consumo etanol carburante, exportação e outros usos (bilhões de litros)

Fonte: UNICA (2016a); UNICA (2016b); OECD-FAO (2016); EPE (2015); FIESP (2014); LA ROVERE, E. L. et al. (2016); EPE (2016b); EPE (2016c)

A atividade sucroenergética envolve altos investimento e prazos de retorno relativamente longos na esfera industrial e, também, no campo. Portanto, a adequada expansão do setor requer um horizonte com certa previsibilidade institucional. Mudanças bruscas de prioridades, alternando política energética e climática com manutenção artificial de índices inflacionários (como as ocorridas recentemente) impedem que usinas e canaviais sejam adequadamente dimensionados. As consequências são altos índices de ociosidade, que associados ao alto grau de alavancagem, tornam o etanol não competitivo *vis a vis* a gasolina. O presente estudo assume em um cenário **Pessimista** que tais condições dominam o ambiente institucional, levando a **falta de previsibilidade** para os

¹ A EPE lançou uma nota técnica sobre Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto em 16 de setembro de 2016 (EPE (2016d)). Não houve, portanto, tempo hábil para incorporação da referida nota no presente estudo.

investimentos. Nele, os níveis de atividade se assemelhariam ao Cenário Estagnação desenhado pelas instituições do setor sucroenergético (**27 bilhões litros de etanol em 2030**).

O Cenário **Previsibilidade** se contrapõe ao Cenário Pessimista assumindo **estabilidade institucional**. Considera ainda que o preço internacional do barril de petróleo voltará ao patamar de USD 95 em 2030 (IEA, 2015) e que o PIS/COFINS voltará a incidir sobre o etanol partir janeiro 2017 (Lei 12.995/2014), perdurando até o fim do período projetado. Na indisponibilidade de referências que refletissem tal cenário, este estudo fez uso de modelos de projeção de mercado de etanol de uso interno da Agroicone financiados pelo projeto Clima Land Water Energy (CLIMA).

Enquanto o etanol anidro é consumido em proporções fixas da gasolina, dependendo do mandato de mistura, o etanol hidratado é visto como substituto direto para a gasolina aos olhos do consumidor. Considerando a crescente fração dos veículos flex na frota total (chegando a 90% em 2030), a troca de um combustível pelo outro é muito sensível ao preço. A previsibilidade do ambiente institucional aliado a um cenário de recuperação do preço internacional do petróleo faz com que as usinas sejam capazes de reduzir ineficiências no processo produtivo, diminuindo seu custo. O consumo de etanol hidratado responde a preços mais acessíveis, de modo que o consumo interno chegue a 35 bilhões de litros e a produção total atinge **41 bilhões de litros no cenário de Previsibilidade**.

No presente estudo, tomou-se como premissa que o cenário de cumprimento da **iNDC é aquele publicado pela EPE, com produção de 54 bilhões de litros em 2030**. Como podemos ver na Figura 1, há grande convergência de visões do governo e do setor privado sobre o potencial de produção e o consumo de etanol. Tendo como base as informações das publicações originais, o estudo entende que a **diferenciação tributária entre etanol** e gasolina é o principal diferencial do cenário para implemento da iNDC. A diferenciação tributária é o instrumento mais tangível no curto prazo e pode ser implementada gradativamente até refletir os custos sociais do carbono (EPA, 2015). No longo prazo há espaço para estruturação de outros mecanismos mais elaborados.

Para que haja maior coerência, os dados de produção de etanol são mantidos na formulação dos níveis de produção de bioeletricidade, etanol 2G e moagem.

No caso da bioeletricidade, há alguma diferença nas unidades da iNDC, na análise da EPE e no estudo divulgado pelo setor privado. O texto da iNDC em sua versão em inglês deixa claro que não contam para a meta de 23% de eletricidade a eletricidade de fonte fóssil ou hidroelétrica, sem maiores definições. A nota técnica da EPE traz informações adicionais, estabelecendo níveis de referência para energia solar, eólica e bioeletricidade, deixando claro que a meta de eletricidade inclui autoprodução. Já as projeções do setor privado divulgam apenas a geração de eletricidade excedente, que, em seguida, é utilizada para abatimento de emissões de eletricidade na margem do Sistema Interligado Nacional (SIN). Oportunamente a nota técnica da EPE disponibiliza valores segregados entre autoprodução e geração centralizada, possibilitando a utilização da mesma unidade de medida. Porém, não há distinção quanto às diferentes fontes de biomassa.

O presente estudo entende que o autoconsumo de biomassa é uma característica importantíssima do setor sucroenergético brasileiro, que permite que o mesmo tenha balanços

energéticos e de GEE muito mais sustentáveis que biocombustíveis de outras fontes. Já a geração de excedentes de bioeletricidade indica necessariamente um melhor aproveitamento da biomassa em sistemas de geração mais eficientes aliados à otimização de processos industriais. Os benefícios ambientais da bioeletricidade excedente se dá pela substituição de eletricidade proveniente de termelétricas, além de contribuir para a rentabilidade econômica da usina. A biomassa de cana-de-açúcar apresenta ainda maior complementariedade de geração elétrica com o período de seca na região Centro-Sul do Brasil, quando as hidrelétricas tendem a ter um declínio na produção, as usinas de cana começam a entrar no pico da safra (maio/junho). Comparado com solar e eólica, a biomassa também apresenta menor intermitência ao longo dos dias. A Figura 2 apresenta os cenários prospectivos referentes às vendas de bioeletricidade do setor da sucroenergético para o grid nacional.

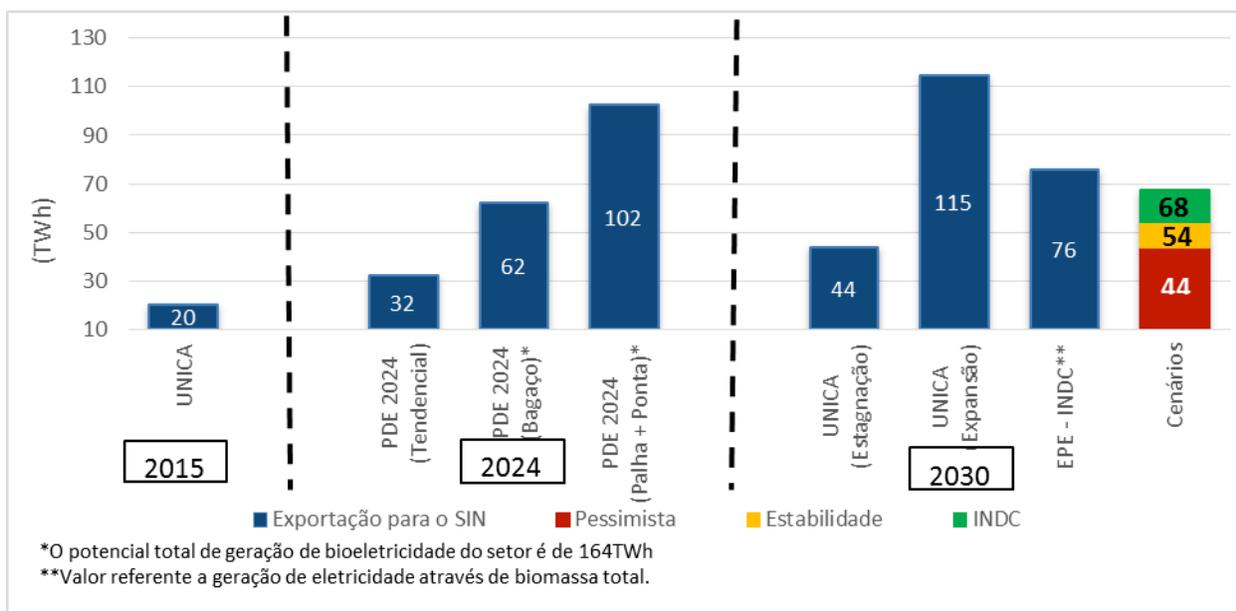


Figura 2: Exportação de bioeletricidade ao SIN (TWh)

Fonte: UNICA (2016c); EPE (2015), EPE (2016c).

É interessante observar que, mesmo no Cenário Estagnação, as vendas de eletricidade do setor ao grid mais que dobram entre 2015 e 2030. Isso reflete os compromissos já assumidos pelo setor, além de uma certa maturidade da tecnologia de cogeração com bagaço, que passa a ser adotada sempre que existam condições mínimas para sua implantação. Considera-se que **o acesso à rede é facilitado assim como o crédito para a atividade**, incluindo linhas para *retrofit*. No Cenário Previsibilidade, as condições mais favoráveis para o investimento elevam o consumo de etanol e, portanto, a moagem. **O salto de 10 TWh entre o Cenário Pessimista e o de Previsibilidade ocorre essencialmente por conta da maior moagem** para produção de etanol. Naturalmente, os esforços para conexão ao grid serão maiores, assim como a demanda por linhas de crédito específicas.

O Cenário iNDC eleva a bioeletricidade exportada para níveis próximos aos limites técnicos da tecnologia selecionada (utilizando só bagaço). No estudo da EPE para formulação das iNDCs, é reportado

76 TWh de eletricidade provenientes de biomassa total vendidos em 2030, entretanto, como este trabalho é focado no setor sucroenergético, foi aplicado a mesma participação da biomassa de cana de 2015 (UNICA, 2016c) em 2030, chegando a 68 TWh exportados ao SIN. A viabilidade do **Cenário iNDC** requer um conjunto de condições que reconheçam os benefícios da bioeletricidade (tanto ambientais como de maior estabilidade de fornecimento à rede), dentre as quais se destacam as modalidades **de leilão específicas para biomassa e com diferenciação regional, estimulando a contratação da bioeletricidade via geração distribuída.**

Vale observar que a venda de bioeletricidade no Cenário iNDC é significativamente menor que o potencial técnico com aproveitamento energético de palha e ponta da cana-de-açúcar. Tal fato fica evidente na diferença entre o cenário assumido pelo setor privado, assim como também identificado pela EPE no Plano Decenal de Expansão (PDE) 2024. Além de reduzir emissões de GEE, o recolhimento mitiga potenciais riscos da colheita mecanizada, tais como incêndios e doenças. **Não considerar palha e ponta da cana-de-açúcar como fonte de energia seria assim um grande desperdício.** É importante frisar que a tecnologia de uso de palha já se encontra razoavelmente consolidada² e que as necessidades para a ampliação da geração com tal combustível se assemelham à bioeletricidade de modo geral.

Apesar dos avanços recentes na construção das primeiras plantas em escala industrial, em grande parte resultado do incentivo governamental à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) como o Plano de Apoio Conjunto à Inovação Tecnológica Agrícola no Setor Sucroenergético – PAISS, ainda é muito difícil traçar cenários de longo prazo para o etanol 2G. Ainda pairam incertezas quanto à efetiva viabilidade das rotas tecnológicas e configurações vencedoras em escala comercial. Sendo ainda uma tecnologia inovadora, há um caminho significativo a ser percorrido para a redução de custos, particularmente no que diz respeito ao CAPEX por litro produzido de 2G, custo da biomassa e das enzimas (Millanez et al, 2015).

A capacidade de produção 2G pode ainda ser ampliada sob diferentes designs, como *greenfields* independentes, *greenfields* integrados de 1G e 2G, plantas 2G anexadas a unidades 1G existentes. A usina Bioflex, da Granbio, por exemplo, foi construída de forma independente e, embora com atividades suspensas temporariamente, é a usina com maior capacidade de produção. O modelo adotado na usina Costa Pinto (Raízen) tem menor capacidade de produção, porém, apresenta custos mais baixos no que diz respeito a investimento por litro, justamente por aproveitar sinergias com a infraestrutura existente.³ Ainda que exista grande incerteza, a revisão de literatura indica que sistemas integrados tendem a ter custos mais baixos no futuro (Millanez 2015; IEA-RETD (2015)). A Figura 3 apresenta os cenários prospectivos referentes à produção de etanol 2G.

Levantamento realizado pela EPE indica que a capacidade nominal de produção atual é de cerca de 125 milhões de litros⁴ e que a conclusão dos atuais planos de investimentos de seis empresas/grupos

² O incentivo ao desenvolvimento/adequação de maquinário para enfardamento da palha da cana foi apontado como uma necessidade em PD&I.

³ Vale dizer que tais informações dizem respeito à capacidade de produção, e não produção efetiva, uma vez que os valores efetivos de produção não estão disponíveis.

⁴ A produção efetiva está provavelmente bem abaixo da capacidade nominal.

elevariam a uma capacidade de produção para 429 milhões de litros (EPE, 2015). Tais planos de investimentos já teriam fontes de recursos identificados, sendo necessária a manutenção dos mesmos para que as obras sejam realizadas. Já as projeções para 2030 variam significativamente em escala. O Cenário Estagnação, da UNICA, indica a produção de 0,2 bilhões de litros enquanto o cenário traçado pelo BNDES (BNDES 2015 *apud* UNCTAD, 2016) indica um potencial de produção de 10 bilhões de litros. Já o Cenário Expansão apresentado pelo setor privado considera um potencial de produção de 5 bilhões de litros em 2030. Dentro desse universo disperso de expectativas, a EPE considera uma produção de 2,5 bilhões como referência para o atingimento das metas iNDC.

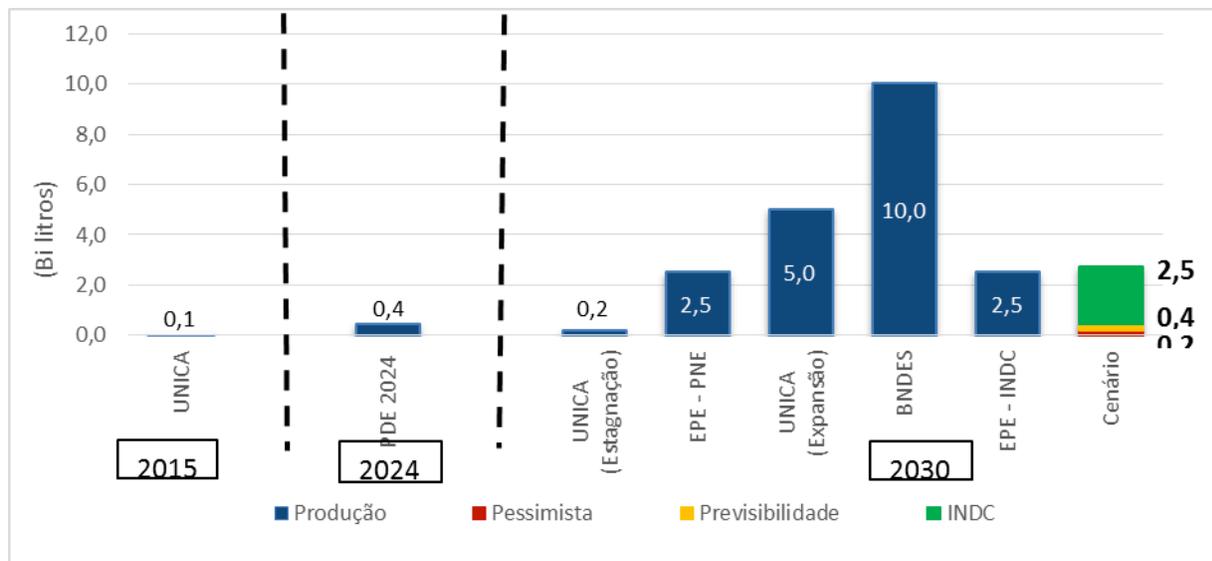


Figura 3: Produção de etanol 2G (bilhões de litros)

Fonte: UNICA (2015); EPE (2015); (BNDES 2015 *apud* UNCTAD, 2016); EPE (2016c)

As hipóteses por trás de cada cenário em 2030 indicam diferentes perspectivas quanto ao apetite para investimentos, que dependem de custos, condições de mercado e políticas de incentivo. Ainda que o etanol 2G possa vir a ser custo-competitivo no futuro (como sugerem algumas das referências citadas), o caminho para a redução de custos passa necessariamente por políticas de incentivo no curto prazo. Assim, o Cenário Pessimista assume que nenhuma política adicional será adotada, de modo que a capacidade de produção de 2G se limitará aos investimentos já iniciados. Nele, o nível de produção de etanol 2G seria o mesmo do Cenário Estagnação. **Caso a política atual de apoio à P&DI seja mantida** (particularmente o financiamento ao investimento), **os projetos serão executados, o que garantirá uma capacidade de produção pouco mais de 0,4 bilhões de litros.** O presente estudo associa ao **Cenário iNDC políticas que, além do incentivo à P&DI, trabalhem com políticas que estimulem a demanda por etanol 2G.** Tais políticas podem ser montadas de diferentes maneiras como, por exemplo, percentuais fixos do consumo da gasolina C, metas de consumo para etanol 2G (segundo exemplo RFS2), benefícios tributários ou valorização do carbono, não cabendo a este estudo maior aprofundamento sobre o assunto.

A Tabela 1 resume os níveis de atividade necessários para atingimento de cada um dos cenários. Não ocorrem alterações entre os cenários na produção total de açúcar (53 milhões de toneladas) e a produtividade agrícola (95 ton/ha), em 2030.

Tabela 1: Níveis de atividade nos cenários Pessimista, Previsibilidade e iNDC

Produto	Unidade	2015	Pessimista (2030)	Previsibilidade (2030)	iNDC (2030)
Moagem de cana	Milhão ton	667	731	885	1.100
Área de cana colhida	Milhão ha	8,6	7,7	9,3	11,6
Etanol Total*	Bilhão litros	30,6	26,6	41,0	54,0
Demanda Etanol 2G	Bilhão litros	0,1	0,18	0,42	2,5
Bioeletricidade	TWh	20,2	43,8	54,4	67,6

*inclui outros usos e exportações.

Fonte: Dados do estudo, com base em UNICA (2015); UNICA (2016 a c d e); EPE (2016c).

4.2 OE2: NECESSIDADE DE INVESTIMENTOS E EMISSÕES DE GEE

O perfil tecnológico necessário para atender cada cenário (vide Tabela 1) foi estimado por meio de sistema de equações que, via combinação de modelos típicos de usinas, fecham simultaneamente o balanço de massa e energia do setor como um todo (vide Anexo I). Assim, foi possível de estimar as variações da capacidade de moagem (tipificada por tecnologia), *retrofit* e área colhida. Quando acoplados aos respectivos indicadores de investimento apresentados na Tabela 2, resulta no investimento total necessário em cada cenário.

Tabela 2: Investimentos agrícolas e industriais no setor sucroenergético

Setor	Tecnologia	Fonte	Unidade	Valor
Industrial	Dest. 1G + Co-Geração	PDE 2024*	R\$/ton cana	292
Industrial	Mista 1G + Co-Geração	Agroicone/CTBE	R\$/ton cana	252 a <u>272</u>
Industrial	1G + 2G + Co-Geração	Agroicone/CTBE	R\$/ton cana	367 a <u>394</u>
Industrial	1G + 2G + Co-Geração	BNDDES/CTBE*	R\$/t cana	342
Eq. Agrícola	-	PDE 2024*	R\$/ton cana	<u>66</u>
Formação canav.	-	PDE 2024/PECEGE*	R\$/ton cana	17
Formação canav.	-	Pró-Renova/ BNDDES	R\$/ha	<u>7.265</u>
Formação canav.	-	Agriannual (FNP)	R\$/ha	5.619 a 6.240

Notas: Valores em R\$ de 2015/16 (ajuste IPCA, se necessário).

Variação de custo em função do tamanho da usina (2 ou 4 MM t/ano).

*Valores conforme publicação.

Fonte: conforme indicado na tabela.

A estagnação recente no setor não permite informações precisas sobre investimentos, de modo que os valores devem ser entendidos como indicativos. Os valores sublinhados são aqueles

efetivamente utilizados para estimativa de investimento total, enquanto os demais valores foram apenas reportados para maior comparações e compreensão de possível viés do estudo.

O investimento total necessário é obtido pela expansão e mudança do perfil tecnológico do setor sucroenergético (Tabela 1) e valores de investimentos (Tabela 2). Não foram considerados investimentos destinados de renovação para infraestrutura, maquinário ou canavial existentes. Na Tabela 3 são reportados os investimentos necessários para o período 2020-2030, em bilhões de reais.

Tabela 3: Investimento necessário em cada cenário (bilhões de reais)

Investimento	Pessimista (2020 - 2030)	Previsibilidade (2020 - 2030)	INDC (2020 - 2030)
Industrial	21,5	52,8	100,6
Equip. Máq. Agrícola	3,2	10,7	21,1
Expansão do canavial	0,0	4,2	18,7
Renovação do canavial	0,0	4,6	20,4
Total	24,7	72,3	160,8

Fonte: Dados do estudo.

A mesma evolução do perfil tecnológico do setor sucroenergético foi utilizada para estimativa de emissões e mitigação de GEE (vide Anexo I). As principais fontes de emissões são N₂O derivado da aplicação de fertilizantes nitrogenados e utilização de diesel nas operações agrícolas. Já a estimativa de mitigação de emissões de GEE se dá pela substituição de gasolina por etanol e pela substituição de eletricidade na margem combinada do SIN. O saldo líquido do balanço entre emissões e mitigação é apresentado na Figura 4.

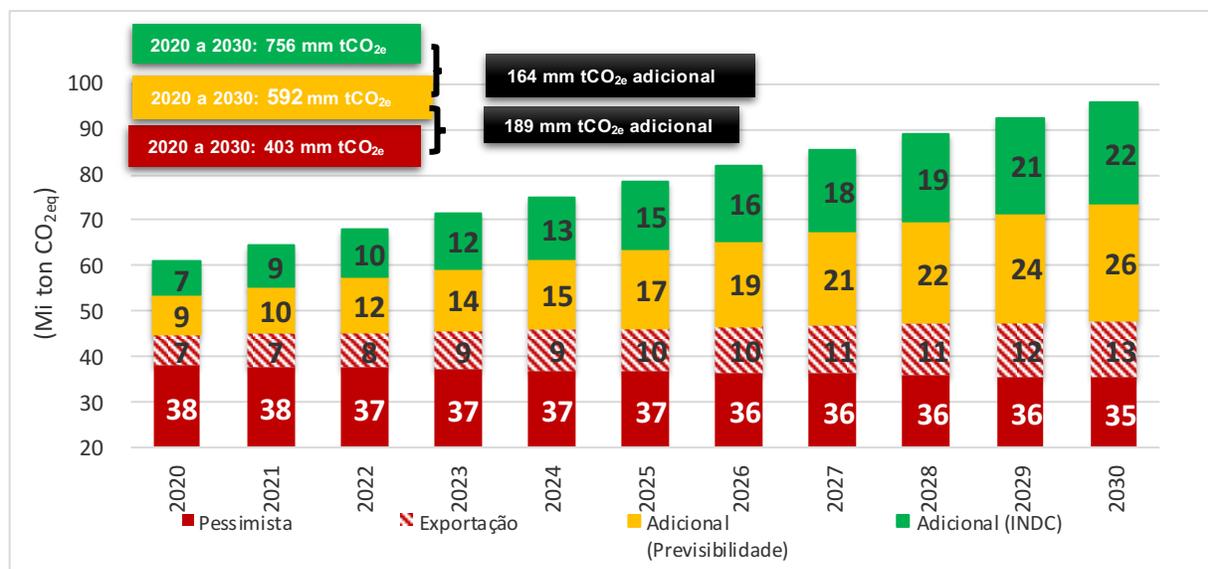


Figura 4: Evolução do saldo líquido de mitigação de GEE (milhões de tCO₂eq)

Fonte: Dados do estudo.

O balanço de emissões indica um saldo líquido de mitigação de emissões em todos os cenários. No Cenário Pessimista são mitigados cerca de 400 milhões de toneladas de gás carbônico equivalente

(CO₂eq) entre 2020 e 2030, sendo grande parte dessa mitigação fruto da substituição de gasolina pelo etanol anidro. Com as medidas implementadas, o valor salta para 590 e 755 milhões de toneladas nos cenários Previsibilidade e iNDC, respectivamente. Apesar de ser equivalente às emissões totais de um país como a Alemanha (ou dez vezes as emissões anuais de um país como o Marrocos) (WRI, 2015), o Cenário iNDC é menos expressivo que o cenário apresentado pelo setor privado (aproximadamente 10% menor para o mesmo período). A principal razão para a diferença é o não aproveitamento de palha como fonte de energia (reduzindo os volumes de bioeletricidade e etanol 2G).

4.3 OE3: FORMAS DE FINANCIAMENTO

O presente estudo identificou claras demandas de financiamento para a expansão de capacidade e indução à adoção de tecnologias mais sustentáveis. O cenário iNDC aponta uma necessidade de investimento da ordem de R\$ 161 bilhões entre 2020 e 2030 para modernização e expansão da indústria sucroenergética, sendo boa parte do investimento adicional na área industrial.

Por outro lado, a atual situação fiscal brasileira sinaliza para um constrangimento de fontes governamentais baratas no curto prazo e ao longo do tempo. Soma-se a tal complexidade o elevado grau de endividamento corrente do setor, que já ultrapassa R\$ 140 por tonelada de cana-de-açúcar (Novacana.com, 2016). A capacidade de tomada de crédito varia significativamente entre empresas, mas pelo menos 27 grupos empresariais do setor (representando 30% da moagem) encontram-se em alto grau de alavancagem ou em recuperação judicial. É provável que, antes de uma efetiva retomada de investimentos em expansão de capacidade, o setor passe por um processo de consolidação, injeção de capital novo, melhorando da os indicadores de endividamento.

Dessa maneira, compreende-se que é essencial uma reflexão sobre o modelo de financiamento, separando em eficiência, inovação e expansão, fazendo uso de diferentes instrumentos para diferentes objetivos. No curto prazo é fundamental um melhor aproveitamento dos ativos existentes. Embora algumas inovações para captação de recursos (ie. emissão de títulos no exterior, verdes ou não) comecem a desenhar novas formas de captação, a experiência é curta e os fundamentos ainda não são claros, sendo necessária a manutenção de linhas de financiamento para renovação do canavial e *retrofit*. Percebe-se também necessidade de atuação governamental para induzir inovação, na medida em que os primeiros projetos de usinas 2G e aproveitamento de palha da cana-de-açúcar precisam ser testados e aprimorados em escala comercial. Modelos como o Plano PAISS se demonstraram eficientes no fomento do desenvolvimento tecnológico e da inovação. Tal aprendizado é valioso e, dadas as restrições orçamentárias, deveria ser combinado com outras estratégias setoriais e mecanismos financeiros inovadores (talvez trabalhando o conceito de diluição de risco) que possam atrair capital privado.

Do ponto de vista de expansão da capacidade, os chamados fundamentos (otimização de custos e aspectos regulatórios) são tão ou mais importantes que inovações nas linhas de financiamento para impulsionar o investimento. Tendo maior previsibilidade de receitas, estabilidade de políticas e maior eficiência (via linhas de fomento citadas anteriormente) o capital privado e/ou internacional pode passar a ter uma relevância maior na expansão (ainda que esse movimento se inicie por uma fase de consolidação). Como tais fundamentos e a confiança do investidor demoram a se consolidar, essa maior relevância de outras fontes de capital deve ser almejada a médio prazo. Ainda haverá necessidade de participação governamental na indução tecnológica, devido a falhas de mercado, mas a mesma poderá se dar de maneira diferente do que é hoje. Uma análise semelhante pode ser feita também no caso do biodiesel.

4.4 OE4: MONITORAMENTO E VERIFICAÇÃO DE EMISSÕES E MITIGAÇÕES

Visando uma alternativa transparente e custo-efetiva, sugerimos que o monitoramento de emissões e mitigação seja feito por meio de mensuração dos níveis de atividade (publicados por órgãos oficiais ou pela entidade de classe) e coeficientes técnicos (kg CO₂eq/unidade produto) preestabelecidos (referenciados em literatura) que associam uma mitigação ou emissão a cada indicador de atividade.

Os indicadores sugeridos para o monitoramento das emissões irão auxiliar na construção do parque industrial, definindo qual coeficiente de emissão utilizar, assim como na contabilização das emissões. Já os indicadores para mitigação, como independem da eficiência agrícola ou industrial, poderão ser utilizados diretamente na contabilização das mitigações.

Indicadores para emissão:

- Produção anual de cana-de-açúcar;
- Produção anual de etanol;
- Produção anual de açúcar;
- Exportação anual de bioeletricidade.

As emissões relacionadas à produção são contabilizadas dentre as emissões nacionais. Vide parâmetros no Anexo I.

Indicadores para mitigação:

- Consumo doméstico anual de etanol anidro;
- Consumo doméstico anual de etanol hidratado;
- Exportação anual de bioeletricidade.

Embora toda a produção de etanol gere emissões no Brasil, somente a substituição interna de consumo de gasolina por etanol é contabilizada como mitigação. A parcela exportada de etanol produzido no Brasil deve ser contabilizada no inventário do país importador.

Todos os indicadores propostos para o monitoramento são publicados em fontes oficiais do governo e pela entidade de classe do setor (CONAB, IBGE, MAPA, ANP, SECEX, CCEE, UNICA).

Sugerimos uma menor periodicidade para atualização dos coeficientes técnicos para emissões por unidade de produto, uma vez que o levantamento dessas informações tende a ser muito mais custoso. Os coeficientes técnicos para mitigação dizem respeito à gasolina e eletricidade substituída na margem combinada no SIN. No que tange às emissões, sugerimos atualizações periódicas dos balanços de massa e energia das unidades sucoenergéticas, verificando se os parâmetros técnicos utilizados estão adequados. Recomenda-se particular atenção aos seguintes parâmetros listados na Tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros de referência para estimativa de emissões de GEE no setor sucoenergético

Atividades agrícolas	Atividades industriais
Produtividade agrícola (ton/ha);	Eficiência industrial – etanol (l/ton);
Qualidade da matéria prima (ATR/ton);	Eficiência industrial – bioeletricidade (kWh/ton cana);
Aplicação de fertilizante (ton/ha);	Insumos industriais
Queima de cana (ha);	Distribuição (km)
Consumo de diesel (l/ha)	
Transporte (km)	

Fonte: dados do estudo.

5 RESULTADOS BIODIESEL E BIOQUEROSENE

Os documentos da iNDC indicam um compromisso de chegar a uma mistura obrigatória para o biodiesel de 7% (B7) em 2025 e de 10% (B10) em 2030. No início do ano de 2016 foi sancionada a lei Nº 13.263/2016, mais ambiciosa que a iNDC, que eleva a mistura do biodiesel dos atuais 7% para 8% até 2017, 9%, até 2018; e 10%, até 2019, podendo chegar a 15% nos anos seguintes. Entidades do setor de óleos vegetais acreditam que tanto a meta iNDC quanto a legislação estão muito aquém do potencial do biodiesel. Segundo documento preliminar disponibilizado para este estudo, a Abiove considera que a meta de B20 (teor de 20% de mistura) poderia ser atingida em 2030, elevando a participação do biodiesel para 3% da matriz energética nacional e evitando a emissão de 130 milhões de toneladas de CO₂eq por ano em 2030.

Para isso seriam necessários de 18 bilhões de litros de biodiesel. A soja seria a principal fonte (75% do volume), seguida por óleo de palma e sebo bovino (10% cada) e 5% de outras fontes. O cenário traçado pela instituição considera uma forte expansão de beneficiamento nacional do grão de soja e produção interna de farelo, onde o Brasil passaria dos atuais 10% para 20% da produção mundial. Seriam necessários esforços significativos para o aumento do consumo interno de farelo (aumento de produção e abertura de mercado para de carnes) e abertura de mercados para exportação do farelo (em particular no sudeste asiático). As condições para viabilização de tal cenário incluiriam medidas na área tributária e de comércio exterior, além de melhorias na infraestrutura logística que liga a região Centro-Oeste à região Norte do País, especialmente no Pará. Um aprofundamento maior do tema foge aos objetivos propostos para o estudo.⁵

Apesar de não ser citado explicitamente na iNDC, o bioquerosene se apresenta como uma alternativa renovável para o querosene fóssil com grande potencial de mitigação. Tomando como base uma unidade produtiva no interior de São Paulo, Moreira et al. (2014), demonstraram que o consumo de bioquerosene produzido a partir da cana-de-açúcar pode reduzir as emissões em até 90% quando comparado ao fóssil. Registram-se ainda iniciativas no Rio Grande do Sul, com óleo de soja, e em Minas Gerais, com a macaúba (SAC e ANAC, 2016).

O custo de produção do bioquerosene ainda é o maior entrave ao desenvolvimento do renovável, sendo necessárias medidas econômicas que viabilizem competitividade. Estimativas indicam que, dadas as características econômicas regionais, tais medidas podem induzir benefícios socioeconômicos (emprego, renda, etc) muito mais expressivos que o fóssil (Moreira et al. 2015).

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo teve como objetivo subsidiar formuladores de política com informações que ajudem a identificar os elementos centrais para elaboração de políticas setoriais que levem à efetiva implementação das iNDCs sob a perspectiva do setor de biocombustíveis. Para isso, foram elaborados três possíveis cenários futuros nomeados de Pessimista, Previsibilidade e iNDC. Em cada um dos cenários foram listadas as condições mínimas necessárias para sua efetividade, o volume de investimentos e o potencial de mitigação, que estão sumarizados na Tabela 5.

⁵ Houve pouco tempo entre o recebimento do documento pela Agroicone para o debate sobre *case* biodiesel. Recomendamos a leitura do documento original produzido pela Abiove.

Tabela 5: Condições necessárias, mitigação e investimento sucroenergético em cada cenário entre 2020 e 2030.

	Pessimista	Previsibilidade	INDC
Mitigação (Milhão tCO ₂ eq)	403	592	756
Investimento (R\$ bilhões)	25	72	161
Medidas mínimas necessárias (cumulativas)			
Etanol	Mistura anidro na gasolina	Previsibilidade de preços. Estímulo ao ganho de eficiência do etanol nos veículos flex;	Diferenciação tributária (curto prazo) refletindo correta precificação do carbono. No longo prazo outras ferramentas de precificação podem ser adotadas.
Bioeletricidade	Manutenção de linhas de modernização; Facilitação do acesso à rede.	Maior expansão do setor (maior consumo de etanol).	Leilões por fonte ou região, reconhecendo atributos ambientais, elétricos e econômicos advindos do uso da bioeletricidade
2G	-	Manutenção e aprimoramento das estratégias de financiamento.	Adoção de políticas de estímulo à demanda.

Fonte: elaborado para este estudo.

Como podemos ver, a mitigação potencial do cenário iNDC no período 2020-2030 (756 milhões de toneladas de CO₂eq) equivale às emissões totais de um país como a Alemanha ou dez vezes as emissões anuais de um país como o Marrocos, sede da próxima COP. Para isso, serão necessários R\$ 160 bilhões de investimentos em modernização e expansão do setor. As medidas mínimas necessárias para cumprimento de cada cenário são apresentadas de maneira cumulativas da esquerda para direita e de cima para baixo. Ou seja: para que o etanol atinja as metas para iNDC, é necessário que haja mistura anidro na gasolina, previsibilidade de preços e correta precificação do carbono nos preços. Já as metas para bioeletricidade e 2G dependem das condições mínimas postas para o etanol de primeira geração, além de políticas específicas (leitura horizontal). Os atuais preços baixos do petróleo abrem a oportunidade de introduzir o diferencial tributário entre renovável e fóssil sem aumentar o preço da gasolina. Uma sugestão de detalhamento das ações de implementação do cenário iNDC e metas intermediárias está disponível no Anexo III.

A estratégia de financiamento do Cenário iNDC se depara com uma situação fiscal complexa, uma parte significativa da indústria demasiadamente exposta ao crédito e um ambiente internacional de juros baixos ou até negativos. Propomos assim decompor a estratégia em objetivos e prazos. No curto prazo, o financiamento direcionado ainda é necessário, porém com maior foco na valorização dos ativos existentes (ie. *retrofit* e renovação do canal). Com a melhoria dos fundamentos econômicos (previsibilidade de rentabilidade), o capital privado e/ou internacional deveria se tornar a principal fonte de recursos para expansão. Isso não quer dizer que não haverá necessidade para ação governamental também no longo prazo. Pelo contrário, as experiências recentes (ie. Plano PAISS) formaram uma enorme capacidade de análise pelos bancos de desenvolvimento na seleção de projetos e indução de inovação. Recomendamos assim novos estudos que levem a uma paulatina migração da atual estratégia

de financiamento (via equalização de taxa de juros) para novas estratégias de influência na tomada de decisão empresarial, possivelmente focada na diluição de risco.

A principal crítica desse trabalho ao cenário iNDC é o não aproveitamento de palha e da ponta da cana-de-açúcar como fonte de energia, levando a menores volumes de bioeletricidade e etanol 2G. Com o avanço da colheita mecanizada, a palha torna-se um risco no campo podendo causar incêndios não intencionais, doenças etc. Ressalta-se assim a possibilidade de ir além do cenário proposto pela EPE, com benefícios que vão além da redução de emissões de GEE. No que diz respeito ao biodiesel, recomenda-se uma avaliação mais profunda do seu potencial, dada à ambição sinalizada pela indústria. Segundo entidade do setor, é viável promover o aumento gradativo do teor de biodiesel adicionado ao diesel fóssil no Brasil em até 20%, além do resultado relatado pela EPE. Tal expansão elevaria a participação do biodiesel para 3% da matriz energética e mitigação anual de 130 milhões de tCO₂eq. Para isso seriam necessárias medidas na área tributária e de comércio exterior (particularmente na expansão de mercados para o farelo), além de melhorias na infraestrutura logística que liga a região Centro-Oeste à região Norte do Brasil, especialmente no Pará.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil (2015). Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC). Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf

BRASIL. Lei Nº 12.995, de 18 de junho de 2014. Altera a legislação tributária federal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/Lei/L12995.htm

BRASIL. LEI Nº 13.263, DE 23 DE MARÇO DE 2016. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13263.htm

Coalizão Brasil (2016). Pós-acordo de Paris. Caminhos para implementação da economia de baixo carbono. Disponível em: <http://coalizaobr.com.br/2016/index.php/docs/documentos-da-coalizacao?download=71:pos-acordo-de-paris-caminhos-para-implementacao-da-economia-de-baixo-carbono>

EAI (2015). U.S. Energy Information Administration - World Energy Outlook 2015. Disponível em: <https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RBRT&f=M>

EPA (2015) Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/inforeg/scc-tds-final-july-2015.pdf>.

EPE (2015). Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2024. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202024.pdf>

EPE (2016a). Balança Energético Nacional 2016 – Relatório síntese. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2016_Web.pdf

EPE (2016b). Demanda de Energia 2050 - Nota Técnica DEA 13/15. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA%2013-5%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>

EPE (2016c). O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/NT%20COP21%20iNDC.pdf>

EPE (2016d). Nota Técnica Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto. Disponível em <https://goo.gl/BKftWk>.

FIESP (2014). Outlook Fiesp 2024: projeções para o agronegócio brasileiro. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. - São Paulo: FIESP, 2014.

Fórum Nacional Sucreenergético; UNICA; FEPLANA; ORPLANA; UNIDA (2015). O reconhecimento das externalidades positivas do etanol e o papel do setor sucreenergético no abastecimento de combustíveis leves no Brasil. Disponível em: <http://www.cana.com.br/biblioteca/informativo/DOCUMENTO%20SETOR%20SOBRE%20A%20CIDE.pdf>

IEA-RETD (2015). Towards advanced Biofuels - options for integrating conventional and advanced biofuel production sites (RES-T-BIOPLANT), [Ugarte, S., Fritsche, U., SQ Consult B.V. and IINAS GmbH], IEA Implementing Agreement for Renewable Energy Technology Deployment (IEA-RETD), Utrecht, 2016.

INPE (2016). Projeto PRODES - Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>

LA ROVERE, E. L. et al. (2016). Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2030: Sumário Técnico / Projeto IES-Brasil, Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – FBMC. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016

MACEDO, I.; Seabra, J. (2008). Mitigation of GHG emissions using sugarcane bioethanol. In: Sugarcane ethanol—contributions to climate change mitigation and the environment, eds. Zuurbier P, van de Vooren J.

MCTI (2016). Fatores de Emissão de CO2 do Sistema Interligado Nacional do Brasil – Ano base 2015. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/72764.html>

MILANEZ, A. Y. et al. (2015). De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar: uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.41 , p. [237]-294, mar. 2015

MOREIRA, M.; GURGEL, A. SEABRA, J. (2014). Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Sugar Cane Renewable Jet Fuel. Environmental Science & Technology doi: 10.1021/es503217g

MOREIRA, M.; LIMA R.; KIMURA, W.; HARFUCH, L. (2015) Bioquerosene de Cana: Oportunidade para o Estado de São Paulo?. Ethanol Summit. Disponível em: <http://ethanolsummit.com.br/>.

Novacana.com (2016). Dívida do setor de cana diminuiu 8,6% no acumulado de 2016/17, diz Archer. Disponível em www.novacana.com/n/industria/financeiro/. Acesso em setembro 2016.

OECD-FAO (2016). OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025. Disponível em: http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2016

SAC & ANAC (2016). Plano de Ação para a Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa da Aviação Brasileira - ANO BASE 2015. 2ª Ed. <http://www.aviacao.gov.br/noticias/2016/08/plano-apresenta-acoes-do-setor-aereo-voltadas-para-a-reducao-dos-gases-do-efeito-estufa>

UNCTAD (2016). Second-Generation Biofuel Markets: State of Play, Trade and Developing Country Perspectives - UNCTAD/DITC/TED/2015/8. Disponível em: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ditcted2015d8_en.pdf

UNICA & Agroicone (2015). Cana de açúcar como ativo estratégico da agenda de mitigação de GEE brasileira. Ethanol Summit 2015. Disponível em: <http://agroicone.com.br/uploads/2015/07/ethanol-summit-agroicone-rodriigo-c-a-lima.pdf>

UNICA (2016a). Consumo de combustíveis. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/index.php?idioma=1>

UNICA (2016b). Exportação e importação. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/index.php?idioma=1>

UNICA (2016c). Situação atual do setor sucroenergético, com ênfase na geração de energia com bioeletricidade. CIBIO - Congresso Internacional de Biomassa Curitiba – PR. Disponível em: <http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=7690046>

UNICA (2016d). Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/index.php?idioma=1>

UNICA (2016e). Área colhida com cana-de-açúcar. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/index.php?idioma=1>

WRI (2015). CAIT Climate Data Explorer. 2015. Washington, DC: World Resources Institute. Disponível em: <http://cait.wri.org>

ANEXO I. NOTA TÉCNICA: EMISSÕES E MITIGAÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Os cálculos de emissões e mitigações de gases de efeito estufa (GEE) foram feitos com base no estudo de Macedo e Seabra (2008) e nos dados do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2016).

Macedo e Seabra apresentam três tecnologias de produção: tecnologia atual (2006), tecnologia avançada em cogeração de bioeletricidade (2020 electricity) e tecnologia de etanol 2G (2020 ethanol). Para composição do parque tecnológico do presente estudo, replicamos os valores dessas três tecnologias, com exceção à bioeletricidade exportada na tecnologia avançada, onde alteramos de 135 kWh/ton de cana para 70 kWh/ton. Essa mudança foi necessária para atender com maior precisão o escopo do trabalho.

Em cada tecnologia os valores se diferem pela necessidade de insumo, eficiência e produto final. As emissões contemplam a produção agrícola (cana de açúcar), produção industrial (etanol e açúcar) e distribuição. A Tabela 1 apresenta os valores utilizados para elaboração do parque industrial e para o cálculo de emissões e a Tabela 2 a evolução no parque industrial nos três cenários.

Tabela 1. Eficiência industrial e coeficientes de emissões de GEE.

Variável	Unidade	2006	2020 electricity	2020 ethanol
Produção de Etanol	litro/ton de cana	86	92	129
Bioeletricidade	kWh/ton de cana	10	70*	44
Emissão: Fase Agrícola	kg CO ₂ eq/m ³ anidro	417	326	232
Emissão: Fase Industrial	kg CO ₂ eq/m ³ anidro	25	24	22
Emissão: Distribuição	kg CO ₂ eq/m ³ anidro	51	43	43
Emissão: Total	kg CO ₂ eq/m ³ anidro	493	393	297

Fonte: Macedo e Seabra (2008) - *adaptado

Obs. O coeficiente de emissão referente a produção de açúcar foi o mesmo utilizado para o etanol.

Tabela 2. Parque industrial entre 2015 e 2030 para os cenários propostos.

Parque Industrial	Baixa Tecnologia	Alta Tecnologia	Etanol 2G
2015	65.5%	34.1%	0.4%
Pessimista (2030)	16.3%	83.1%	0.7%
Previsibilidade (2030)	13.5%	85.2%	1.3%
iNDC (2030)	11.4%	82.4%	6.2%

Fonte: Resultados do estudo

Para a contabilidade das mitigações foi levado em consideração a substituição de gasolina por etanol e a substituição de energia elétrica oriunda de termelétrica por bioeletricidade.

A mitigação proveniente da substituição de gasolina por etanol é computada como contribuição brasileira apenas quando ocorrer dentro do Brasil. Ou seja, somente o mercado doméstico contribui para o compromisso brasileiro, as exportações são contabilizadas pelo país importador.

Um litro de etanol consumido, evita-se:

- 2,1 kg CO₂ eq. (Anidro E25);
- 1,8 kg CO₂ eq. (Hidratado – Carro Flex).

A mitigação proveniente da substituição de termoeletricidade por bioeletricidade foi calculada com base no método proposto para projetos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Consiste numa média entre o fator de emissão da margem de operação (intensidade de CO₂ da energia despachada na margem) e da margem de construção (intensidade de CO₂ da energia das últimas usinas construídas), o qual se denomina margem combinada.

Um MWh de bioeletricidade consumido, evita-se 0,41 tCO₂ eq. (Ano base – 2015)

- Margem de operação: 0,56 tCO₂ eq.;
- Margem de construção: 0,26 tCO₂ eq.;
- Margem combinada: 0,41 tCO₂ eq..

O valor da mitigação líquida nacional consiste no somatório das emissões evitadas pela substituição de gasolina (mercado doméstico) e termoeletricidade, descontada as emissões proveniente da produção agrícola, industrial e distribuição.

ANEXO II. NOTA TÉCNICA: INVESTIMENTO

As estimativas de investimento referem-se ao adicional para alcançar cada cenário proposto. Não contemplam a renovação (reposição) de máquinas e equipamentos agrícolas e as plantas industriais. Os valores de investimentos para cada tipo de tecnologia foi levantada através de revisão de literatura e entrevistas com atores do setor (Tabela 3).

Tabela 3. Investimentos por tipo de tecnologia

Variável	Unidade	Baixa Tecnologia	Alta Tecnologia	Etanol 2G
Industrial (<i>Greenfield</i>)	R\$/ton de cana	-	272	394
Industrial (<i>Retrofit</i>)	R\$/ton de cana	35	-	-
Máquinas e Equipamentos	R\$/ton de cana	66	66	66
Formação do canavial	R\$/ha	7,265	7,265	7,265

Fonte: Agroicone/CTBE; PDE 2024 (2015); Pro-Renova (2016)

Os investimentos estão divididos em quatro pontos: industrial; máquinas e equipamentos agrícolas; expansão do canavial e renovação do canavial.

Industrial: Manteve-se o parque industrial (Tabela 2) para que o balanço de massa e energia fosse respeitado.

- *Greenfield:* Cana adicional em usina de alta tecnologia e etanol 2G multiplicado pelo seu respectivo investimento. Não considera a cana proveniente de usina de baixa tecnologia;
- *Retrofit:* Cana que migrou de usina de baixa tecnologia para alta tecnologia multiplicado pelo seu investimento;

Máquinas e equipamentos agrícolas: Cana adicional total multiplicado pelo seu investimento, independente da tecnologia industrial;

Expansão do canavial: Área adicional total multiplicado pelo seu investimento, independente da tecnologia industrial;

Renovação do canavial: Replântio a cada 6 anos. Reinvestimento da área de expansão após 6 anos.

O investimento total consiste no somatório dos quatro pontos. Em caso de retração, como na expansão do canavial no cenário pessimista, o valor não é descontado, ele é desprezado.

ANEXO III DETALHAMENTO DAS RECOMENDAÇÕES PARA ATINGIR A META DE ETANOL E BIOELETRICIDADE (PARA DISCUSSÃO)

Ação	Objetivo / Detalhamento	Atores envolvidos	Prazo de implementação
Criar e/ou manter políticas claras de médio e longo prazo no setor de energia.	Aumentar a confiança no setor, possibilitando a retomada de investimentos com atração de capital privado e internacional. O planejamento energético deve estar alinhado com as metas iNDCs (incluindo evidenciar os custos do carbono).	Casa Civil, MME, EPE, bancos e Investidores nacionais/internacionais.	Início imediato, com resultados concretos (fluxos de investimentos) a partir de 2018.
Inserir o custo do carbono no sistema de preços dos combustíveis.	Informar custo real do combustível ao consumidor (incluindo externalidades). No curto prazo o diferencial tributário é a única medida disponível. Pode ser substituída por uma nova geração de políticas climáticas no longo prazo.	MAPA, MMA, MF, MME, M. Planejamento, ANP, Sindicom, UNICA.	Início imediato, com implementação total até 2020.
Revisar estruturas dos leilões de eletricidade para competição mais justa. Facilitar o acesso à rede do SIN.	Estimular expansão de fontes de energia complementares a hídrica, dando maior segurança ao sistema.	MME, CCEE, EPE, ANEEL Concessionárias de energia, usinas e demais empresas.	Início imediato. Prazo implementação 2018.
Manter disponibilidade de recursos para renovação de canavial e <i>retrofit</i> .	Incrementar produtividade agrícola, e eficiência industrial reduzindo capacidade ociosa e custos fixos. Melhorar a valorização dos ativos. Atingir produtividade crescente média Brasil acima de 80 t/ha e ATR acima de 137 até 2020.	BNDES e Bancos comerciais, Ministério da Fazenda, MAPA.	Início imediato.
Acelerar inovação e adoção de tecnologia.	Investir em PD&I para na inserção de novas tecnologias agrícolas (Recolhimento e processamento de palha, novas variedades, OGM, cana energia, etc) e indústrias (novos sistemas, enzimas, processos para 2G, etc) que possam gerar rupturas tecnológicas no setor.	MCTI, MAPA, EMBRAPA, Usinas, BNDES, Agências de desenvolvimento, centros de pesquisa e tecnologia público e privado (CTC, CTBE, FAPESP...).	Início imediato, com resultados concretos a partir de 2018 (ie. Recolhimento de palha).

Desenvolver nova geração de políticas para precificação do carbono.	Incentivar pesquisas para o desenvolvimento de métodos para precificação do carbono, com particular atenção para setor combustíveis, mas considerando também outros setores.	Instituições de pesquisa (pública e privada), com envolvimento dos ministérios e principais <i>stakeholders</i> .	Análise de viabilidade até 2019. Havendo segurança suficiente, deve-se estabelecer um cronograma de implementação.
Direcionar investimentos par ganho de eficiência do etanol em motores flex.	Etanol volte a ter maior eficiência perante gasolina.	MDIC, MME, MCTI, MF Setor automobilístico.	Início imediato.
Incentivo tributário para aquisição de máquinas agrícolas e industriais para expansão da produção.	Atribuir incentivos tributários na aquisição de maquinário para expansão do setor. Atração de capital privado e internacional.	MF, MAPA, M. Planejamento, bancos e demais investidores/ financiadores.	Início imediato, com efeitos concretos a partir de 2018.
Defesa e esclarecimento dos benefícios do etanol no Brasil e no exterior.	Conscientização sobre os benefícios ambientais, sociais e econômicos dos biocombustíveis de 1ª e segunda geração, incluindo bioeletricidade.	MRE/APEX, Empresas, MMA, MAPA, ONGs.	Início imediato.

Metas intermediárias:

Nível de Atividade	Unidade	2020	2025	2030
Produção de etanol	10 ⁹ de litros/ ano	38	46	54
Venda de bioeletricidade	TWh /ano	36	52	68