

EFICIÊNCIA ENERGÉTICO-AMBIENTAL DAS REGIÕES CANAVIEIRAS PESQUISADAS PELO PROJETO CAMPO FUTURO (CNA/SENAR) NO CONTEXTO DO RENOVABIO

Visando contribuir para o atendimento das metas brasileiras de redução de emissões de gases do efeito estufa (GEEs), foi instituída a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), centrada na substituição de combustíveis fósseis por seus equivalentes renováveis. A redução das emissões por tal prática, porém, é condicionada à eficiência energética ambiental da produção do biocombustível, sumarizada nos valores da Nota de Eficiência Energético Ambiental (NEEA).

Aproveitando-se do potencial de produção de energias renováveis e de forma a incentivar a produção agrícola eficiente, em 2017, foi criado o RenovaBio pela Lei nº 13.576/2017 que estipulou os seguintes objetivos:

- I. contribuir para o atendimento aos compromissos do País no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima;
- II. contribuir com a adequada relação de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, na comerciali-

zação e no uso de biocombustíveis, inclusive com mecanismos de avaliação de ciclo de vida;

- III. promover a adequada expansão da produção e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis; e

- IV. contribuir com previsibilidade para a participação competitiva dos diversos biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis.

O objetivo numerado II explicita um aspecto muito relevante do RenovaBio: a necessidade de se apurar corretamente a redução das emissões de GEEs oriunda da substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis. Em linhas gerais, quanto maior a diferença entre as emissões de um combustível fóssil e seu biocombustível substituto, maior deverá ser o incentivo – via remuneração – da produção deste, compensando a externalidade positiva gerada pelo biocombustível ante ao fóssil de referência.

Na prática, a remuneração pela produção de biocombustível que reduz as emissões de GEEs ao substituir um combustível fóssil se dá pela permissão para emitir e comercializar o crédito de descarbonização (CBIO). A capacidade de uma determinada unidade produtora de biocombustíveis gerar CBIOs dependerá, em linhas gerais, de sua eficiência em produzi-los com a menor emissão de GEEs.

Dada a importância da eficiência energética no RenovaBio e no compromisso brasileiro com as metas do Acordo de Paris, a análise a seguir busca avaliar o cenário da NEEA nas áreas canavieiras, a partir das informações da edição de 2021 do Projeto Campo Futuro da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA).

Qual a Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA) das regiões pesquisadas pelo Projeto Campo Futuro?

A métrica-chave dentro do RenovaBio é a chamada Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA), sendo o principal fator para a geração do ativo ambiental, isto é, o CBIO. Em síntese, a NEEA representa o quanto o uso de um biocombustível comercializado por determinado produtor evita de emissões de GEEs relativamente ao combustível fóssil substituído.

No caso dos etanóis anidro e hidratado, o combustível fóssil de referência é a gasolina, cuja emissão de GEEs é estimada em 87,4 gCO₂eq/MJ, isto é, para cada megajoule de energia obtida com sua queima, foram emitidos 87,4 g de CO₂ equivalente. Esse valor é referente a todo o ciclo de vida da gasolina, considerando, por exemplo, desde a energia gasta para separá-la dos demais componentes do petróleo. É importante notar que a despeito da referência direta ao dióxido de carbono, todos os gases causadores do efeito estufa são considerados, porém são convertidos em CO₂ equivalente.

O valor de 87,4 gCO₂eq/MJ associado à gasolina é encontrado em literatura específica e utilizado como referência pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). No caso do etanol, a emissão equivalente de GEEs é calculada através da RenovaCalc, uma ferramenta que funciona como uma calculadora para a comprovação do desempenho ambiental da produção de biocombustíveis, levando-se em consideração, desde a produção da matéria-prima até a sua distribuição.

Até outubro de 2021, o país contava com 290 usinas certificadas (UNICA, 2021), e haviam mais 10 usinas ainda em processo de certificação. Considerando as usinas certificadas no RenovaBio, das etapas produtivas do etanol, a

parte agrícola pode influenciar em até 85% da NEEA total apurada, sendo considerada então peça chave na melhoria da eficiência ambiental ao longo do ciclo e, por conseguinte, reforçando a importância do produtor rural no programa RenovaBio, em especial do fornecedor independente de cana-de-açúcar.

Para cálculo e análise das emissões de CO₂eq ao longo do ciclo de produção da cana-de-açúcar, diferentes valores devem ser levantados. Dentre eles, encontram-se dados agrônômicos de produção e produtividade, impurezas vegetais e minerais na colheita, quantidade de insumos aportada tais como corretivos, fertilizantes sintéticos e orgânicos e o uso de combustíveis e eletricidade inerentes à produção da safra.

A Tabela 1 apresenta os valores de área, produção e produtividade levantados na safra 2021/2022 na região Centro-Sul e safra 2020/2021 na região Norte e Nordeste do país através do Projeto Campo Futuro (CNA/Senar). Para facilidade de exposição adota-se os seguintes códigos para os painéis realizados: Maceió/AL (AL-MAC); João Pessoa/PB (PB-JOP); Recife/PE (PE-REC); Goiatuba/GO (GO-GTB); Rio Verde/GO (GO-RVD); Campo Florido/MG (MG-CPL); Nova Olímpia/MT (MT-NOV); Cianorte/PR (PR-CNO); Jacarezinho/PR (PR-JCR); Barretos/SP (SP-BRR); Ituverava/SP (SP-ITV); Morro Agudo/SP (SP-MAG); Penápolis/SP (SP-PEN); Pirassununga/SP (SP-PRSN).

Tabela 1. Valores de área, produção e produtividade dos painéis do Projeto Campo Futuro.

Painel	Área própria (ha)	Produção de cana (t)	Produtividade (t/ha)
AL-MAC	140	6.756,17	48,26
PB-JOP	100	4.560,00	45,60
PE-REC	170	8.670,00	51,00
GO-GTB	1000	81.980,41	81,98
GO-RVD	520	46.051,94	88,56
MG-CFL	1000	87.985,00	87,99
MT-NOV	1000	66.000,00	66,00
PR-CNO	50	4.000,00	80,00
PR-JCR	72	5.812,97	80,74
SP-BRR	100	6.816,67	68,17
SP-ITV	400	29.286,00	73,22
SP-MAG	250	17.012,50	68,05
SP-PEN	150	10.200,00	68,00
SP-PRSN	50	3.650,00	73,00

Fonte: Projeto Campo Futuro – CNA/Senar.

Elaboração: Pecege/CNA

Como pode ser observado, existe grande variabilidade nas escalas de produção, bem como nos níveis de produtividade. Em especial, as maiores propriedades tendem a se localizar nos estados do Centro-Oeste e Minas Gerais, enquanto o Centro-Sul tem maiores níveis de produtividade que o Nordeste. Adicionalmente a estes valores, é necessário estabelecer as quantidades de impurezas vegetais e minerais médias de uma produção de cana-de-açúcar. Tais valores constam na Tabela 2, dados oriundos do estudo *Impurezas e Qualidade da Cana-de-Açúcar* (FINGUERUT, 2014).

OUTUBRO/2021

Tabela 2. Valores médios de impurezas vegetais e minerais, segundo Finguerut (2014) e de palha recolhida (Campo Futuro - PECEGE/CNA).

Teor de impurezas vegetais (base úmida)	Umidade das impurezas vegetais	Teor de impurezas minerais	Palha recolhida (base seca)
kg/t cana	%	kg/t cana	t palha
47,5	50	9,5	0

Fonte: Projeto Campo Futuro CNA/Senar (2021), Finguerut (2014).

Elaboração: Pecege/CNA

Os aspectos mais importantes na determinação da NEEA de uma área agrícola, porém, são aqueles relacionados ao consumo específico de insumos agrícolas. Nesta análise, foi dado foco aos fertilizantes NPK e corretivos agrícolas. A Tabela 3 apresenta em quilogramas por unidade de área, o valor total de aporte de fertilizantes e corretivos ao longo de uma safra de cana-de-açúcar e abarca todas as operações de preparo de solo, plantio e tratos culturais de uma propriedade canavieira.

Tabela 3. Valores referentes a quantidade de fertilizantes e corretivos utilizados ao longo de uma safra de cana-de-açúcar.

Painel	kg N/ha	kg P ₂ O ₅ /ha	kg K ₂ O/ha	Calcário (kg/ha)	Gesso (kg/ha)
AL-MAC	46,7	36,7	36,7	333,3	0,0
PB-JOP	68,7	42,0	42,0	1200,0	0,0
PE-REC	68,3	20,0	20,0	333,3	0,0
GO-GTB	106,8	81,2	81,2	1166,7	583,3
GO-RVD	89,8	160,3	160,3	1569,2	642,3
MG-CFL	106,4	76,4	76,4	958,3	583,3
MT-NOV	67,5	82,8	76,8	2000,0	0,0
PR-CNO	140,5	55,2	55,2	541,7	375,0
PR-JCR	88,7	28,0	28,0	416,7	60,0
SP-BRR	87,2	37,4	37,4	381,7	375,0
SP-ITV	87,9	43,8	43,8	1166,7	583,3
SP-MAG	96,4	26,2	26,2	960,0	584,0
SP-PEN	94,0	50,0	50,0	933,3	933,3
SP-PRSN	113,3	19,2	19,2	240,0	160,0

Fonte: Projeto Campo Futuro CNA/Senar (2021).

Elaboração: Pecege/CNA

Uma vez que a produção agrícola utiliza uma grande diversidade de formulações NPK, a RenovaCalc é flexível o suficiente para que se converta os montantes dos produtos formulados em parcelas específicas de Nitrogênio (N), pentóxido de fósforo (P₂O₅) e óxido de potássio (K₂O). Por seu turno, os corretivos (calcário e gesso) são considerados de maneira convencional.

Para melhor entendimento do modelo de cálculo do programa, a Tabela 4 traz a emissão de cada tipo de fertilizante sintético. Tais pesos foram considerados de acordo com as informações dos levantamentos de custos do Projeto Campo Futuro (CNA/Senar) para geração dos dados a serem inseridos na RenovaCalc.

Tabela 4. Dados de emissão de carbono por quilograma de diferentes insumos agrícolas aplicados na produção canavieira.

Insumos agrícolas	Emissões de GEEs (gCO ₂ eq/kg)
Calcário calcítico	36,8
Calcário dolomítico	36,8
Gesso	2,8
N - Ureia	3.211,2
N - MAP - Fosfato Monoamônico	3.262,5
P ₂ O ₅ - MAP - Fosfato Monoamônico	1.662,3
N - DAP - Fosfato diamônico	3.369,9
P ₂ O ₅ - DAP - Fosfato diamônico	1.446,5
N - Nitrato de Amônio	8.226,6
N - UAN - Nitrato de amônio Ureia	5.697,0
N - Amônia anidra	1.976,1
N - Sulfato de Amônio	1.803,3
N - CAN - Nitrato de amônio cálcio	8.313,2
N - Nitrato de cálcio	2.780,4
P ₂ O ₅ - SSP - Superfosfato Simples	2.367,7
P ₂ O ₅ - TSP - Superfosfato Triplo	1.876,4
K ₂ O - KCl - Cloreto de potássio	455,2
N - Outros	3.211,2
P ₂ O ₅ - Outros	2.367,7
K ₂ O - Outros	455,2

Fonte: ANP

Para fins de métrica e comparação, complementarmente aos dados do Projeto Campo Futuro, foram utilizados, no estudo, os valores declarados no Anexo I da Resolução ANP Nº 758, de 23.11.2018, publicada no Diário Oficial da União de 27 de novembro de 2018. Este anexo detalha os dados de dois produtores representativos, denominados típico e penalizado. Os dados de um produtor típico visam representar a quantidade média de insumos aportados ao sistema de cana-de-açúcar, enquanto os valores penalizados representam os mais altos aportes de insumos dos sistemas de produção agrícola brasileiros. Para determinar os valores típicos, foi utilizado o projeto *“Inventários de Ciclo de Vida de produtos agrícolas brasileiros: uma contribuição ao banco de dados ecoinvent”* (Folegatti-Matsuura & Picoli, 2018), da Embrapa Meio Ambiente.

Na prática, o chamado produtor penalizado (*default*) é aquele que não ofereceu ao agente regulador as informações necessárias para o cálculo preciso de seu impacto ambiental, fazendo que, para efeitos de obtenção da NEEA, considere-se que seus indicadores encontram-se entre os piores.

Demonstra-se, então, a importância do produtor rural em realizar de forma mais assertiva o controle de compra e uso dos insumos dentro da propriedade rural. Dito de outra forma, o produtor que tem controle sobre o gerenciamento e uso de seus insumos apresenta vantagem em NEEA e eficiência ambiental frente ao produtor penalizado.

Com os dados relacionados a corretivos, fertilizantes e combustível levantados através dos painéis do Projeto Campo Futuro (CNA/Senar) e obtidos através da Resolução 758 da ANP, de 2013, gerou-se a Tabela 5, que visa demonstrar uma comparação entre as diversas regiões. Além destes dados, considerou-se como percentual de área queimada valores de acordo com o tipo de colheita realizado em cada região. Os valores contidos nestas tabelas estão padronizados no mesmo modelo solicitado para inserção de dados da calculadora RenovaCalc, criando assim o perfil de cada região.

Tabela 5. Parâmetros de consumo de insumos agrícolas na produção de cana-de-açúcar: dados dos pais do projeto Campo Futuro.

Parâmetro	V.T.	V.P.	AL-MAC	PB-JOP	PE-REC	GO-GTB	GO-RVD	MG-CFL	MT-NOV
Área queimada	18%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%
Calcário Calcítico ou Dolomítico (kg/t cana)	5,79	12	6,91	26,32	6,54	14,23	17,72	10,89	30,3
Gesso Agrícola (kg/t cana)	2,79	5	0	0	0	7,12	7,25	6,63	0
Fertilizantes Sintéticos Nitrogenados (kg N/t cana)	1,11	2	0,97	1,51	1,34	1,3	1,01	1,21	1,02
Fertilizantes Sintéticos Fosfatados (kg P2O5/t cana)	0,44	1	0,76	0,92	0,39	0,99	1,81	0,87	1,25
Fertilizantes Sintéticos Potássicos (kg K2O/t cana)	1,35	2	1,8	2,07	1,76	1,22	1,01	1,24	1,16
Combustíveis (Diesel B10) (L/t cana)	3,18	6	3,01	1,11	3,48	2,3	4,82	4,27	5,61

Parâmetro	V.T.	V.P.	PR-CNO	PR-JCR	SP-BRR	SP-ITV	SP-MAG	SP-PEN	SP-PRSN
Área queimada	18%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Calcário Calcítico ou Dolomítico (kg/t cana)	5,79	12	6,77	5,16	5,6	15,93	14,11	13,73	3,29
Gesso Agrícola (kg/t cana)	2,79	5	4,69	0,74	5,5	7,97	8,58	13,73	2,19
Fertilizantes Sintéticos Nitrogenados (kg N/t cana)	1,11	2	1,76	1,1	1,28	1,2	1,42	1,38	1,55
Fertilizantes Sintéticos Fosfatados (kg P2O5/t cana)	0,44	1	0,69	0,35	0,55	0,6	0,39	0,74	0,26
Fertilizantes Sintéticos Potássicos (kg K2O/t cana)	1,35	2	1,6	1,63	1,52	1,45	1,53	1,47	1,58
Combustíveis (Diesel B10) (L/t cana)	3,18	6	4,5	4,91	4,35	3,67	2,98	5,3	3,43

Fonte: Projeto Campo Futuro – CNA/SENAR (2021).

Elaboração: Pecege/CNA

Nota: V.T.: Valor típico; V.P.: Valor penalizado.

Além dos valores citados, considera-se para a cana-de-açúcar a aplicação de subprodutos orgânicos oriundos da produção de açúcar e etanol, tais como vinhaça, torta de filtro e cinzas. Contudo, tal prática não é adotada em larga escala pelos produtores independentes, sendo somente realizada em áreas próximas às unidades industriais. Dessa forma, para fins de cálculo da NEEA das regiões do Projeto Campo Futuro, tais valores foram considerados nulos.

Resultados

Utilizando os dados levantados pelo Projeto Campo Futuro, os valores típicos considerados pela ANP e os ajustes específicos realizados (referentes à queima da cana para colheita, bem como uso de subprodutos da agroindústria canavieira) gerou-se, através da RenovaCalc, os valores de NEEA para cada região estudada. Os resultados da aplicação encontram-se discriminados na Tabela 6.

Tabela 6. Valores referentes à Nota de Eficiência Energético-Ambiental individual aos painéis realizados no Projeto Campo Futuro, em ordem crescente.

Produtor	Emissão em g CO ₂ eq/MJ na fase agrícola	NEEA Agrícola ¹
Valor Penalizado (V.P)	45,75	41,65
MT-NOV	36,37	51,03
PB-JOP	35,35	52,05
SP-PEN	31,00	56,40
PE-REC	30,83	56,57
GO-RVD	30,78	56,62
PR-CNO	29,00	58,40
AL-MAC	28,24	59,16
SP-ITV	26,93	60,47
MG-CFL	26,74	60,66
SP-MAG	25,82	61,58
SP-BRR	24,91	62,49
GO-GTB	24,61	62,79
PR-JCR	24,45	62,95
Valor típico (V.T.)	23,54	63,86
SP-PRSN	23,35	64,05

Fonte: Elaborado a partir de Projeto Campo Futuro CNA/Senar (2021) e ANP (2018)

¹NEEA Agrícola - Subtração das emissões ao longo do ciclo agrícola da cana-de-açúcar frente ao combustível fóssil equivalente (gasolina);

Analisando as NEEA geradas, nota-se que a região que obteve melhor desempenho energético-ambiental foi a de Pirassununga (SP-PRSN), e tal resultado espelha um bom manejo operacional quanto ao uso de combustíveis e insumos utilizados ao longo da safra 2021/2022. De fato, os painéis localizados no estado de São Paulo tenderam a apresentar valores mais elevados da NEEA. Todos os painéis que obtiveram uma NEEA acima de 60 também apresentam um bom manejo energético-ambiental, enquanto aqueles se encontram entre 41,65 e 60 apresentam espaço para melhoria no desempenho agrícola.

Em uma comparação entre a média das NEEAs calculadas para o Nordeste e o Centro-Sul canavieiro, são identificados os valores de 55,93 e 59,77, respectivamente. Os menores valores encontrados para a região Nordeste podem ser justificados pela colheita predominantemente realizada de forma manual, criando a necessidade de queimada prévia dos canaviais, e implicando uma maior emissão de CO₂eq, o que reduz a nota calculada para os painéis desta grande região.

Quanto aos dados do Centro-Sul canavieiro, nota-se que o painel de Nova Olímpia (MT-NOV) ficou com uma NEEA satisfatória, porém abaixo da média quando comparado aos demais. Tal fato pode ser atrelado ao tipo de fertilizante utilizado no plantio, a saber o MAP, que se destaca como sendo um insumo de alta emissão de CO₂eq em sua utilização. Além disso, deve-se notar que a região tem sofrido com os intempéries climáticas dos últimos anos, levando a uma menor produtividade efetiva no ano de 2021, fator que também influencia negativamente o cálculo da NEEA.

De maneira geral, os grupos de insumos que apresentam maiores impactos no cálculo de emissões são os de fertilizantes sintéticos e combustíveis, representando até 65% das emissões totais, quando considerados os valores de insumos aplicados aos produtores típicos e penalizados.

OUTUBRO/2021

Isso evidencia que com o RenovaBio os produtos de cana-de-açúcar deverão focar em oportunidades de melhorias nos processos agrícolas, em especial, naqueles que envolvam maior intensidade de carbono reforçando a importância da escolha adequada dos insumos agrícolas e da eficiência de operações, de modo a minimizar a emissão de gases de efeito estufa.

Cabe ressaltar que, como os dados são referentes a uma única safra, as notas calculadas podem refletir situações pontuais. Intempéries climáticas regionais podem influenciar no manejo naquele ano específico, influenciando a NEEA tanto de maneira positiva quanto negativa. Em tais situações poderiam ocorrer revisões e melhorias das NEEAs. Além disso, os dados utilizados tratam-se de projeções quanto ao uso de insumos agrícolas em dada região, podendo não refletir a realidade de produtores individuais.

Por fim o Brasil é considerado um país de tradição no uso de energias renováveis, com investimentos relevantes nessa área iniciados ainda na década de 1960. Apesar disso, a consolidação da agenda ambiental como principal motivador de tais investimentos se fortaleceu principalmente após os anos 2000 com a crescente preocupação mundial acerca dos riscos inerentes ao aquecimento global, culminando na assinatura do Acordo de Paris, de 2015.

Sendo a etapa agrícola responsável pela maior parte da determinação da NEEA, o cenário traçado por essa análise considerou para as diferentes regiões canavieiras brasileiras, suas principais características de manejo. Com isso ficou evidenciado que o manejo operacional e uso de combustíveis e insumos de maneira mais eficiente se refletem nas notas apuradas e na maior ou menor eficiência energético-ambiental.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). RenovaBio. Disponível em <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/renovabio>>. Acesso em 13 out. 2021.

CLIMATEWATCH. World Greenhouse Gas Emissions in 2018 by Sector, End Use and Gases. Disponível em <<https://www.climatewatchdata.org/key-visualizations?visualization=2>>. Acesso em 12 out. 2021.

FINGUERUT, Jaime. Impurezas e Qualidade da Cana-de-Açúcar. STAB. 5 jun. 2014. Apresentação. 59 slides. color. Disponível em: http://www.stab.org.br/palestra_ws_limpeza_da_cana/JAIME_FINGUERUT.pdf. Acesso em: 12 out. 2021.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). Emissões totais. Disponível em <https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission>. Acesso em 12 out. 2021.