



**23-25**

**MARCH  
2021**

**PROCEEDINGS  
OF CONER 2021**

Realization and Organization



GRUPO DE  
PESQUISA  
**Biomassa  
Bioenergia**





## UTILIZAÇÃO DA RENOVACALC PARA AVALIAÇÃO DA INTENSIDADE DE CARBONO DO ETANOL COMBUSTÍVEL

Anna Leticia Montenegro Turtelli Pighinelli<sup>1</sup>, Nilza Patrícia Ramos<sup>1</sup>, Marília Ieda da Silveira Folegatti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Meio Ambiente

*E-mail:* [anna.pighinelli@embrapa.br](mailto:anna.pighinelli@embrapa.br)

**RESUMO:** O objetivo desse estudo foi avaliar a intensidade de carbono do etanol combustível, no âmbito do RenovaBio. O primeiro cenário avaliou aspectos agrônômicos de produção, estando dividido em cenário padrão e um cenário otimizado, com redução de 20% na quantidade de ureia aplicada. No segundo cenário, avaliou-se o impacto do recolhimento de palha de cana-de-açúcar na intensidade de carbono do biocombustível, enquanto no terceiro cenário, avaliou-se o impacto da inclusão do milho na usina de etanol na entressafra da cana-de-açúcar. O estudo foi realizado utilizando a RenovaCalc, ferramenta de cálculo oficial do RenovaBio, que compreende um conjunto de planilhas em Excel e é utilizada para contabilizar a intensidade de carbono de biocombustíveis, resultando na Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA). A combinação da NEEA com o volume de biocombustível elegível comercializado irá resultar nos Créditos de Descarbonização (CBIOS), que se transformará em receita para as usinas de biocombustíveis. Os cálculos da intensidade de carbono são feitos com base na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), considerando “Mudanças Climáticas” como categoria de impacto. O escopo “do poço à roda” foi assumido, de forma que todos os consumos de materiais e de energia ao longo do ciclo de vida do etanol, juntamente com todas as emissões ao meio ambiente, foram contabilizados. O cenário 3 foi o que teve a maior emissão de CBIOS. Na usina *flex* foram necessários 678,40 L de etanol hidratado para emitir um CBIO, ou seja, 2,5% menos combustível quando comparado ao cenário 1 otimizado e 1,4% menos combustível quando comparado do cenário 2.

**Palavras-chave:** RenovaBio, cana-de-açúcar, milho.



## USE OF RENOVACALC TO EVALUATE THE CARBON INTENSITY OF COMBUSTIBLE ETHANOL

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the carbon intensity of ethanol, under RenovaBio regulation. The first scenario considered agronomic aspects of production, being divided into a standard scenario and an optimized scenario, with a 20% reduction in the amount of applied urea. In the second scenario, the impact of harvesting sugarcane straw on the carbon intensity of the biofuel was evaluated, while in the third scenario, the impact of the utilization of corn in the ethanol plant in the off-season of sugarcane was evaluated. The study was carried out using RenovaCalc, RenovaBio's official calculation tool, which comprises a set of Excel spreadsheets and is used to account for the carbon intensity of biofuels, resulting in the Energy-Environmental Efficiency Rating (NEEA). The combination of NEEA with the volume of eligible biofuel marketed will result in Decarbonization Credits (CBIOs), which will result in revenue for biofuel plants. The carbon intensity calculations are made based on the Life Cycle Assessment (LCA), considering “Climate Change” as the impact category. The scope “from well to wheel” was assumed, so that all material and energy consumption throughout the life cycle of ethanol, together with all emissions to the environment, were accounted for. Scenario 3 was the one that had the largest emission of CBIOs. At the flex plant, 678.40 L of hydrous ethanol were needed to emit one CBIO, that is, 2.5% less fuel when compared to scenario 1 and 1.4% less fuel when compared to scenario 2.

**Keywords:** RenovaBio, sugarcane, corn.

### 1. INTRODUÇÃO

O RenovaBio é a nova Política Nacional de Biocombustíveis, aprovada pela lei 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Fomenta o aumento da produção de biocombustíveis em padrões mais sustentáveis, prevendo um tratamento de mercado diferenciado para os biocombustíveis com menor emissão de gases de efeito estufa (GEE) em seu ciclo de vida. Para tanto, estabeleceu um arcabouço metodológico e ferramental para a contabilidade da intensidade de carbono dos biocombustíveis e sua comparação com os combustíveis fósseis (MATSUURA *et al.*, 2018a).

A RenovaCalc é a ferramenta utilizada pelo RenovaBio e visa contabilizar a intensidade de carbono de um biocombustível (em g CO<sub>2</sub> eq./MJ), comparando-a com o seu combustível fóssil equivalente. Atualmente, corresponde a um conjunto de planilhas na plataforma Excel®, contendo um banco de dados e uma estrutura de cálculo específica para cada tipo de biocombustível. A calculadora exige o preenchimento de dados relacionados à fase agrícola de produção da matéria-prima utilizada para sintetizar o biocombustível, bem como os dados da fase industrial (MATSUURA *et al.*, 2018a).

Para a fase agrícola, deve-se preencher todos os insumos que foram utilizados para produzir uma tonelada da matéria-prima (cana, milho e soja, por exemplo). Já para a fase industrial, os rendimentos obtidos na indústria, bem como insumos necessários para a produção do biocombustível são inseridos (MATSUURA *et al.*, 2018b).

O objetivo desse estudo foi avaliar a intensidade de carbono do etanol combustível, no âmbito do RenovaBio. O primeiro cenário avaliou aspectos agrônômicos



de produção, variando-se a quantidade de ureia utilizada. No segundo cenário, avaliou-se o impacto do recolhimento de palha na intensidade de carbono do biocombustível, enquanto no terceiro cenário, avaliou-se o impacto da inclusão do milho na usina de etanol na entressafra da cana-de-açúcar.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse estudo foram considerados três cenários, dois envolvendo a produção de etanol a partir de cana-de-açúcar e um terceiro cenário considerando uma usina *flex* que produz etanol a partir de cana e de milho.

Na Tabela 1 estão apresentados os insumos agrícolas que foram utilizados para as simulações feitas para os cenários 1 e 2. O cenário 1 foi otimizado, reduzindo a quantidade de ureia em 20%, e no cenário 2 foi inserido o recolhimento de 50% da palha de cana-de-açúcar disponível no canavial no cenário 1 otimizado. Na operação de recolhimento foi considerada uma quantidade de 140 kg de palha por tonelada de cana, conforme o estudo de Hassuani et al. (2005), e o diesel utilizado nas operações agrícolas foi 2% maior de forma a considerar o combustível utilizado para recolher a palha.

**Tabela 1** – Dados agrícolas para a produção de cana-de-açúcar

	Cenário 1	Cenário 1 (otimizado)	Cenário 2
<b>Produtividade (t/ha)</b>	90,00	90,00	90,00
<b>Área total (ha)</b>	28.888,89	28.888,89	28.888,89
<b>Produção total (t)</b>	2.600.000,00	2.600.000,00	2.600.000,00
<b>Teor imp. vegetais (kg/t cana)</b>	75,00	75,00	75,00
<b>Teor umidade das imp. vegetais (%)</b>	50	50	50
<b>Teor imp. minerais (kg/t cana)</b>	10,32	10,32	10,32
<b>Palha recolhida (t, b.seca)</b>	0,00	0,00	182.000,00
<b>Área Queimada (ha)</b>	2.018,93	2.018,93	2.018,93
<b>Calcário dolomítico (kg/t cana)</b>	7,00	7,00	7,00
<b>Gesso (kg/t cana)</b>	4,00	4,00	4,00
<b>Ureia (kg N/t cana)</b>	1,17	0,94	0,94
<b>Superfosfato simples (SSP)</b>	0,32	0,32	0,32
<b>Cloreto de potássio (KCl)</b>	0,28	0,28	0,28
<b>Vinhaça (L/t cana)</b>	305,10	305,10	305,10
<b>Concentração de N (g N/L vinhaça)</b>	0,38	0,38	0,38
<b>Torta de Filtro (kg/t cana)</b>	5,00	5,00	5,00
<b>Concentração de N (g N/kg torta)</b>	2,80	2,80	2,80
<b>Cinzas e fuligem (kg/t cana)</b>	1,00	1,00	1,00
<b>Diesel - B11</b>	4,10	4,10	4,20
<b>Etanol hidratado</b>	0,10	0,10	0,10

Fonte: adaptado de ANP (2019).



**Tabela 2 – Dados agrícolas para a produção de milho**

	Cenário 3
<b>Produtividade (t/ha)</b>	7,00
<b>Área total (ha)</b>	29.163,74
<b>Produção total (t)</b>	204.146,17
<b>Sementes (kg/t milho)</b>	3
<b>Teor umidade do milho (%)</b>	15
<b>Ureia (kg N/t cana)</b>	8,86
<b>Fosfato Monoamônico (kg N/t milho)</b>	0,50
<b>Fosfato Monoamônico (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/t milho)</b>	2,17
<b>Sulfato de amônio (kg N/t milho)</b>	2,23
<b>Cloreto de potássio (kg K<sub>2</sub>O/t milho)</b>	8,49
<b>Diesel - B11</b>	5,20
<b>Eletricidade da rede - mix médio</b>	2,00

Fonte: adaptado de ANP (2019).

Para o cenário 3 foram considerados 220 dias de operação da usina com cana-de-açúcar e 115 dias de operação com milho. Os rendimentos em etanol e açúcar considerando a cana-de-açúcar como matéria-prima foram os mesmos adotados nos cenários 1 e 2. Para o etanol de milho, considerou-se um rendimento de 400 L de etanol por tonelada de milho, divididos em 70% de etanol anidro e 30% hidratado. Os demais valores utilizados como inputs da RenovaCalc foram adaptados dos relatórios das usinas que estavam em consulta pública no site da ANP (2019).


**Tabela 3 – Dados industriais para os cenários**

	Cenários 1 e 2	Cenário 3
<b>Cana (t)</b>	2.600.000,00	2.600.000,00
<b>Milho (t)</b>	-	204.146,17
<b>Palha (t)</b>	182.000,00	182.000,00
<b>T. umidade milho (%)</b>	-	15
<b>Dist. transp. milho (km)</b>	-	50
<b>Etanol Anidro (L/ano)</b>	109.200.000,00	166.360.928,96
<b>Etanol Hidratado (L/ano)</b>	46.800.000,00	71.297.540,98
<b>Açúcar (kg/ano)</b>	70.200.000,00	70.200.000,00
<b>Energia elétrica comerc. (kWh/ano)</b>	166.400.000,00	181.661.968,03
<b>DDG (kg/ano)</b>	-	21.316.943,58
<b>T. umidade DDG (%)</b>	-	10
<b>DDGS (kg/ano)</b>	-	59.341.210,11
<b>T. umidade DDGS (%)</b>	-	40
<b>Óleo de milho (kg/ano)</b>	-	2.415.049,25
<i>Bagaço próprio</i>		
<b>Quantidade (base úmida)</b>	676.000.000,00	676.000.000,00
<b>Umidade</b>	50	50
<i>Bagaço de terceiros</i>		
<b>Quantidade (base úmida)</b>	2.600.000,00	2.600.000,00
<b>Umidade</b>	50	50
<b>Distância de transporte</b>	50	50
<i>Cavaco de madeira</i>		
<b>Quantidade (base úmida)</b>	20.800.000,00	102.907.591,53
<b>Umidade</b>	40	40
<b>Distância de transporte</b>	100	100
<b>Etanol hidratado próprio (L/ano)</b>	-	16.331,69
<b>Biodiesel B11 (L/ano)</b>	-	79.617,01
<b>Eletric. rede - mix médio (kWh/ano)</b>	1.820.000,00	1.960.860,86
<b>Modal de transporte do combustível</b>	Rodoviário	Rodoviário

Fonte: adaptado de ANP (2019).

Após a RenovaCalc ter sido rodada para cada um dos cenários, teremos os valores da Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA) para etanol anidro e hidratado. Tendo o valor da NEEA, o formulário D – Certificado de Produção e Importação Eficiente de Biocombustíveis foi preenchido gerando o Fator para Emissão de CBIO. O formulário



D é um dos documentos exigidos pela ANP para a certificação das usinas e pode ser encontrado no site da ANP, na seção referente ao RenovaBio (ANP, 2020). Esse fator é multiplicado pelo volume de biocombustíveis resultando na quantidade de CBIOS que aquela usina poderá emitir e comercializar no mercado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentados os resultados fornecidos pela RenovaCalc quando foi feita a simulação com os dados relativos ao cenário 2. A intensidade de carbono do biocombustível é a soma das intensidades de carbono de todas as fases do ciclo de vida do etanol, que são as fases agrícola, industrial, transporte e uso. É importante notar que a fase agrícola é a que mais impacta, correspondendo a 82% da intensidade de carbono total.

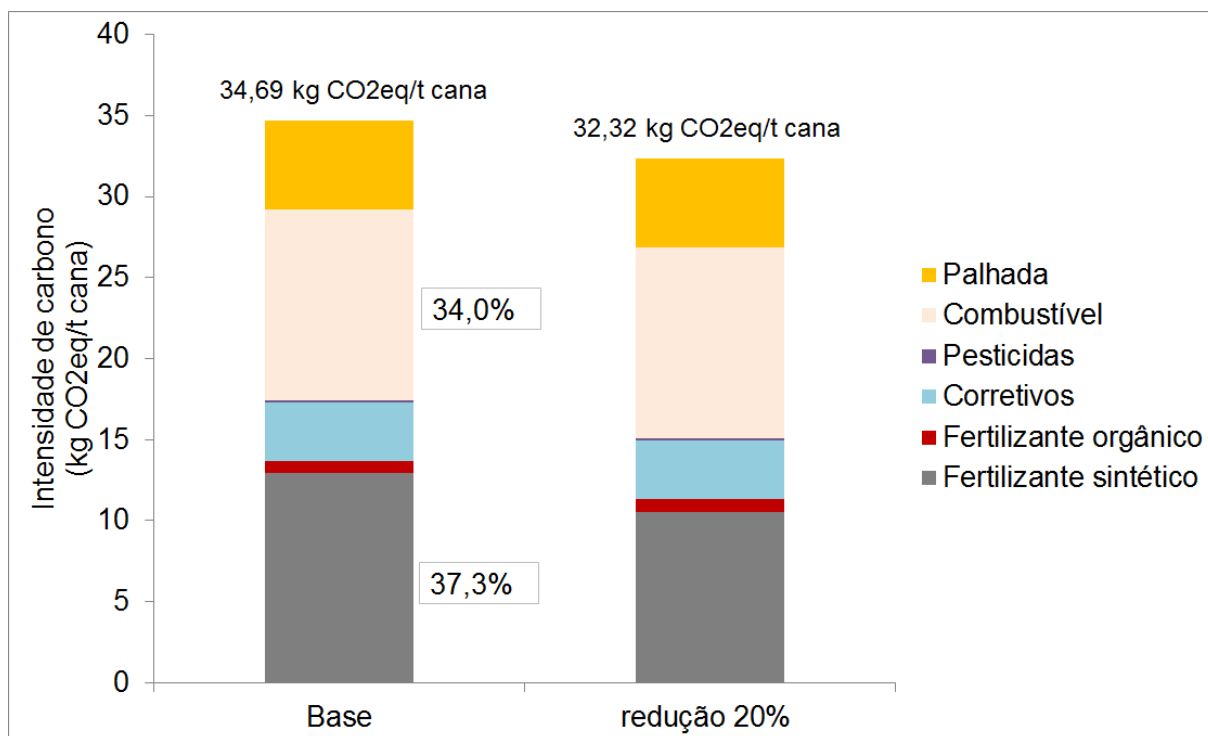
Devida ao grande impacto da fase agrícola na intensidade de carbono, na Figura 2, o impacto de cada componente da fase agrícola está sendo detalhado. Os fertilizantes sintéticos, em especial os nitrogenados, são os maiores responsáveis pelo aumento na intensidade de carbono, ultrapassando os 37% para o cenário base. O segundo maior responsável é o diesel das máquinas agrícolas, totalizando 34%.

Dentre os fertilizantes nitrogenados, a ureia é o mais utilizado e por essa razão, na primeira simulação que foi feita, avaliou-se a redução em 20% desse insumo. Ainda na Figura 2, podemos observar que a intensidade de carbono foi reduzida para 32,32 kg CO<sub>2eq</sub>/t cana com a redução da ureia.

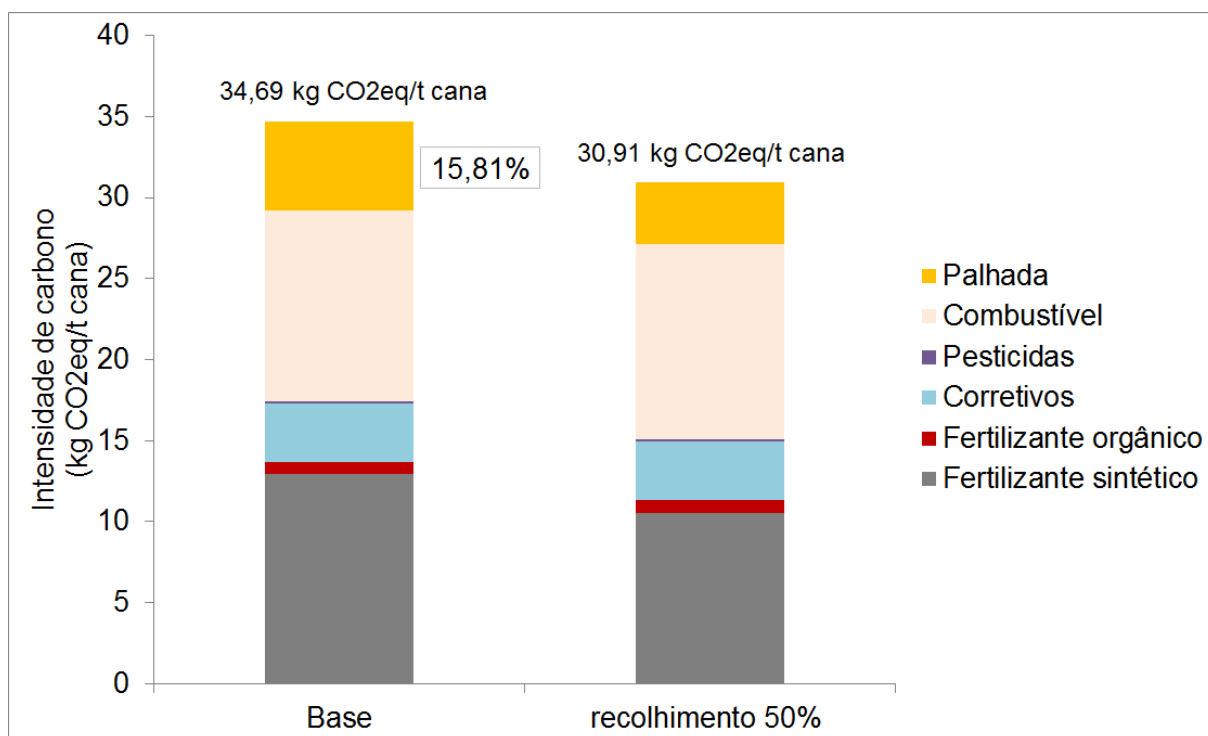
O cenário 2 foi construído considerando a quantidade de ureia reduzida em 20% e incluindo o recolhimento de 50% da palha disponível no canavial. A palha que é deixada no canavial contribui para o aumento nas emissões, contribuindo para o aumento na intensidade de carbono da cana-de-açúcar produzida. Na Figura 3 é possível observar que a intensidade de carbono é de 30,91 kg CO<sub>2eq</sub>/t cana, sendo 12% menor quando comparado ao cenário base inicial.



**Figura 1** – Resultados obtidos na RenovaCalc para o Cenário 2.



**Figura 2** – Avaliação da redução da quantidade de ureia na intensidade de carbono.

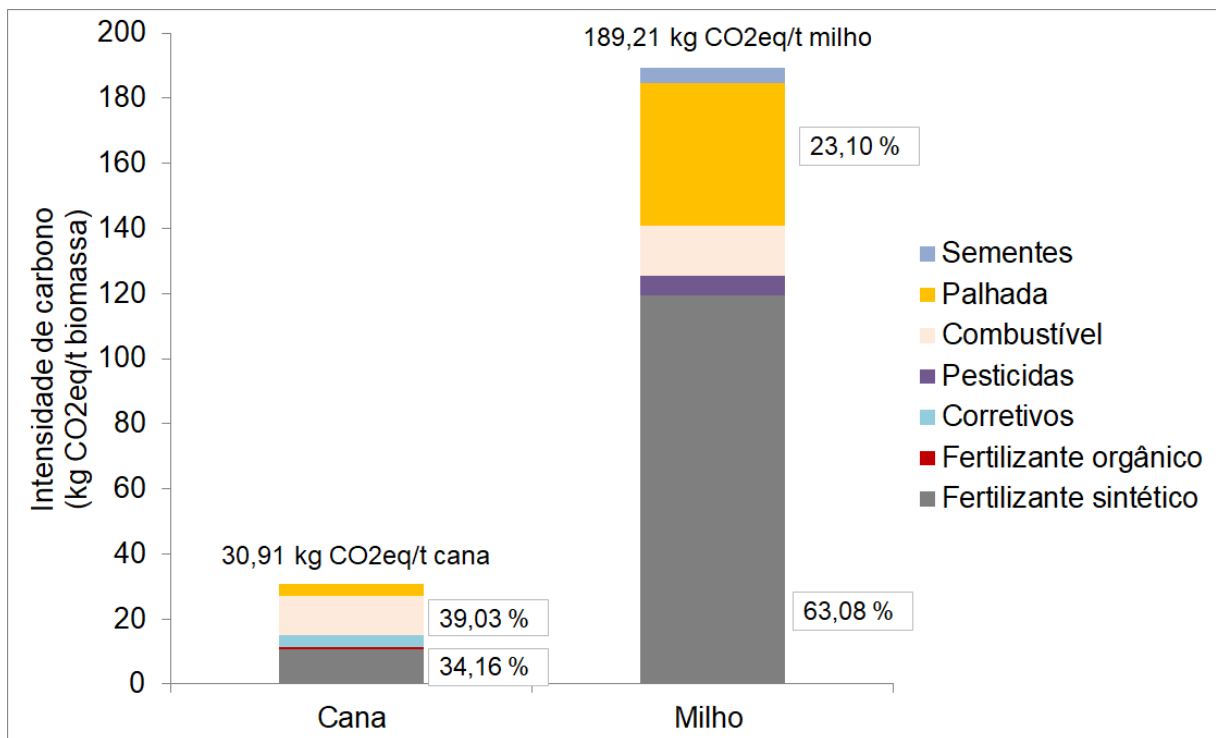


**Figura 3** – Avaliação da redução da quantidade de ureia e do recolhimento de palha na intensidade de carbono.





No cenário 3, como foram utilizadas duas matérias-primas, optou-se por apresentar a intensidade de carbono da fase agrícola para cada uma delas, conforme mostrado na Figura 4. A quantidade de CO<sub>2</sub> eq que é emitida para produzir uma tonelada de milho é muito maior do que a quantidade emitida para produzir uma tonelada de cana-de-açúcar. Isso se deve a quantidade e aos tipos de insumos utilizados. O milho utiliza mais ureia, além de utilizar outras fontes de adubos nitrogenados, quando comparado com a cana-de-açúcar. Além disso, na produção de milho é considerada a intensidade de carbono relacionada à produção das sementes, insumo esse que não é utilizado na produção de cana. A intensidade de carbono referente à palhada é calculada com base na ocupação total. Como a produtividade do milho é muito inferior a da cana-de-açúcar, temos que a palhada corresponde a 23% da intensidade de carbono total do milho, enquanto para a cana, a palhada corresponde a 12%.



**Figura 4** – Avaliação da inclusão do milho na entressafra da cana-de-açúcar.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados referentes aos créditos de descarbonização (CBIOs). A quantidade de CBIOs emitidos está diretamente relacionada a NEEA e ao volume de biocombustível, ou seja, quanto maior forem esses dois fatores, mais CBIOs serão emitidos. Como no cenário 3 da usina de etanol flex a quantidade de etanol produzido foi maior, optou-se por expressar a quantidade de litros de combustível necessária para que um CBIO fosse emitido. Na usina flex são necessários 678,40 L de etanol hidratado para emitir um CBIO, ou seja, 2,5% menos combustível quando comparado ao cenário 1 otimizado e 1,4% menor combustível quando comparado do cenário 2.



**Tabela 4 – Quantidade de CBIOs emitidos para cada cenário**

	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
<b>Etanol anidro (L/ano)</b>	109.200.000,00	109.200.000,00	166.360.928,96
<b>Etanol hidratado (L/ano)</b>	46.800.000,00	46.800.000,00	71.297.540,98
<b>Nota de Eficiência Energético-Ambiental – NEEA (g CO<sub>2eq</sub>/MJ)</b>			
<b>Etanol anidro</b>	67,74	68,45	69,42
<b>Etanol hidratado</b>	67,39	68,1	69,07
<b>Fator para emissão de CBIO (t CO<sub>2eq</sub>/L) – formulário D da ANP</b>			
<b>f anidro</b>	1,51424E-03	1,5301E-03	1,5518E-03
<b>f hidratado</b>	1,43820E-03	1,4534E-03	1,4741E-03
<b>Créditos de descarbonização emitidos - CBIOs</b>			
<b>Etanol anidro</b>	165.354,67	167.087,80	258.157,41
<b>Etanol hidratado</b>	67.307,68	68.016,81	105.096,27
<b>Quantidade de CBIOs emitidos por litro de biocombustível</b>			
<b>Etanol anidro</b>	0,0015	0,0015	0,0016
<b>Etanol hidratado</b>	0,0014	0,0015	0,0015
<b>Volume de biocombustível necessário para emitir 1 CBIO</b>			
<b>Etanol anidro (L)</b>	660,40	653,55	644,42
<b>Etanol hidratado (L)</b>	695,31	688,07	678,40

#### 4. CONCLUSÃO

A inclusão do milho na entressafra da cana-de-açúcar se mostrou uma opção interessante, reduzindo a intensidade de carbono do etanol e gerando mais CBIOs para a usina. Dos resultados obtidos nesse artigo foi possível observar como os insumos agrícolas podem afetar a emissão dos CBIOs, principalmente os insumos nitrogenados. A quantidade de palha que é deixada no canavial também tem impacto negativo na quantidade de CBIOs, já que quanto mais palha é deixada no campo, menor a quantidade de CBIOs emitida.

#### REFERÊNCIAS

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). RenovaBio. 2020. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/renovabio>>.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Consulta Pública de Proposta de Certificação RenovaBio. 2019. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/renovabio/consulta-publica-certificacao-producao>>.

Hassuani, S.J., Leal, M.R.L.V., Macedo, I.C. 2005. Biomass power generation: Sugarcane bagasse and trash. Piracicaba, SP: PNUD-CTC.



Matsuura, M.I.S.F., Scachetti, M.T., Chagas, M.F., Seabra, J.E.A., Moreira, M.M.R., Bonomi, A., Bayma, G., Picoli, J.F., Morandi, M.A.B., Ramos, N.P., Cavalett, O., Novaes, R.M.L. 2018a. RenovaCalcMD: Método e ferramenta para a contabilidade da Intensidade de Carbono de Biocombustíveis no Programa RenovaBio. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/images/Consultas\\_publicas/2018/n10/CP10-2018\\_Nota-Tecnica-Renova-Calc.pdf](http://www.anp.gov.br/images/Consultas_publicas/2018/n10/CP10-2018_Nota-Tecnica-Renova-Calc.pdf)>.

Matsuura, M.I.S.F., Seabra, J.E.A., Chagas, M.F., Scachetti, M.T., Morandi, M.A.B., Moreira, M.M.R., Novaes, R.M.L., Ramos, N.P., Cavalett, O., Bonomi, A. 2018b. RenovaCalc: a calculadora do programa RenovaBio. In: VI Congresso brasileiro sobre gestão do ciclo de vida , 6., Brasília-DF. Anais...Brasília: Ibict, 6 p.