

## PE I'm green™ bio-based Avaliação do Ciclo de Vida

### Introdução

Um dos maiores desafios enfrentados por nossa sociedade é reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) para garantir que não tenhamos mudanças climáticas com consequências desastrosas. Cumprir as metas estabelecidas no Acordo de Paris de 2015 requer uma transição para uma economia de baixo carbono baseada em energia renovável e novos modelos econômicos e de negócios, mas também novas soluções de materiais para reduzir ainda mais a pegada de carbono da nossa sociedade. No entanto, uma perspectiva de ciclo de vida deve ser aplicada para que possíveis compensações entre um impacto de mudança climática mais baixo e outras categorias de impacto ambiental sejam contabilizadas e gerenciadas.

A Braskem, impulsionada pelo propósito de desenvolver soluções sustentáveis que tornem a vida das pessoas melhor, desenvolveu o **PE I'm green™ bio-based**, um material com pegada de carbono negativa e com grande potencial de contribuição para uma economia de baixo carbono. Esta alternativa foi desenvolvida, desde o início, com base em uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) preliminar com dados do projeto que mostraram que o PE I'm green™ bio-based seria uma alternativa mais sustentável. Em 2012 outro estudo, agora com a planta operando em condições normais, confirmou isso.

Em 2013, uma grande atualização da base de dadosecoinvent, que foi usada para avaliar os processos de *background*, sugeriu que uma atualização era necessária. Iniciamos o processo de atualização em 2015, incluindo essas alterações no banco de dados e várias otimizações na unidade de produção de eteno renovável. Em 2016, coletamos novos dados de nossos fornecedores de etanol. Esta atualização foi dividida em duas etapas para que também pudéssemos isolar os efeitos do Código de Conduta para fornecedores de etanol na sustentabilidade geral do PE I'm green™ bio-based.

Este relatório resumido mostra os resultados atualizados para a ACV do PE I'm green™ bio-based da Braskem.

### Objetivo e escopo

O principal objetivo deste estudo de ACV é fornecer informações e conjuntos de dados de inventário de ciclo de vida (ICV) para o sistema de produto do polietileno I'm green™ bio-based. O público-alvo é representado por clientes e consumidores finais da Braskem e demais públicos interessados nos resultados.

O estudo também servirá como base para o desenvolvimento de material de comunicação específico, destacando os principais benefícios e vantagens do PE I'm green™ bio-based quando comparado ao PE regular de fontes fósseis.

Esta ACV atualizada foi realizada para entender as principais mudanças relacionadas às melhorias nas etapas agrícolas e na produção de etanol e considera a produção de PEAD como cenário base, embora a maior parte da conclusão também possa ser estendida às produções de PEBD e PEBDL.

Esta avaliação abrange dois sistemas de produto: PEAD de recursos agrícolas renováveis (etanol derivado da cana-de-açúcar) e PEAD de recursos fósseis. O estudo enfoca o ciclo de vida do polímero até sua produção em massa (resina); o processamento deste plástico e o cenário de fim de vida não foram considerados. Uma vez que ambos os produtos têm propriedades técnicas idênticas, esta suposição não compromete a qualidade da avaliação.

A função dos sistemas do produto foi expandida para incluir a produção de Polietileno de Alta Densidade (HDPE) e eletricidade para evitar a alocação entre esses coprodutos, conforme recomendado pela ISO 14044. A unidade funcional foi definida para 1 kg de HDPE e 0,942 kWh de eletricidade, que é a quantidade média de eletricidade cogenerada junto com 1 kg de PE l'm green™ bio-based. A Figura 1 mostra um resumo dessas definições.

<b>PRODUÇÃO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE E GERAÇÃO DE ELETRICIDADE</b>	
<b>FUNÇÃO</b>	Produção de Polietileno de Alta Densidade (polimerização slurry) no Brasil, no ano de 2015, da cana-de-açúcar ou de derivados do petróleo, sob idênticas especificações técnicas de processamento. E produzir uma quantidade suplementar de eletricidade.
<b>UNIDADE FUNCIONAL</b>	Produção de 1kg de Polietileno de Alta Densidade (polimerização slurry) no Brasil, no ano de 2015, da cana-de-açúcar ou de derivado do petróleo, sob idênticas especificações de processamento. E geração de 0,942 kWh de eletricidade suplementar.
<b>FLUXO DE REFERÊNCIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1kg de PE l'm green™ bio-based (polimerização slurry) e geração de eletricidade por queima de biomassa.</li> <li>• 1kg de PE Fóssil (polimerização slurry) e geração de eletricidade por gás natural.</li> </ul>

### Descrição dos Sistemas de Produto

O ciclo de vida do PE l'm green™ bio-based começa com a plantação, cultivo e colheita da cana-de-açúcar. A cana-de-açúcar é então transportada por caminhões até as usinas, onde é moída para produzir açúcar e etanol. O bagaço resultante da moagem da cana-de-açúcar é utilizado na produção de vapor que abastece as necessidades de calor e eletricidade da usina. A eletricidade excedente é vendida ao sistema elétrico integrado brasileiro para suprir a margem operacional desse sistema.

O etanol é então transportado por ferrovia (uma pequena quantidade também pode ser entregue por caminhão) até as instalações da Braskem em Triunfo, Brasil, onde será desidratado para a produção de eteno. Este eteno é então polimerizado para produzir o PE l'm green™ bio-based.

O ciclo de vida do PE Fóssil começa com a extração e refino do óleo. A nafta, que é um dos derivados produzidos nas refinarias, é transportada por dutos até os complexos petroquímicos onde será craqueada para a produção de eteno e diversos coprodutos. O eteno é então polimerizado para produzir PE. Como não há eletricidade excedente gerada neste sistema, presume-se que a eletricidade excedente será fornecida por uma usina termelétrica, tornando ambos os sistemas de produtos comparáveis.

### Inventário de Ciclo de Vida

Um resumo das fontes de dados e ano de referência dos dados utilizados pode ser encontrado na Tabela 1.

	Aspectos	Base de dados	Ano base	Observações
Extração de matéria prima	Cana-de-açúcar	Braskem & ACV Brasil	2015-2016	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.1. Consulte o Apêndice C - Descrição dos dados usados
	Etanol			
	Emissões de queima de resíduo	Braskem/E4Tech/LC A Works based on several sources presented on [Murphy 2013]	2006-2009	Dados secundários conectados ao ecoinvent v3.1. Consulte o Apêndice C - Descrição dos dados usados
	Emissões da queima do bagaço	Braskem & ACV Brasil Based on [Murphy 2013] for data gaps	2009-2016	Dados primários e secundários. Consulte o Apêndice C - Descrição dos dados usados
	Petróleo e Nafta	ecoinvent v3.1 datasets	1980-2003	Dados secundários do ecoinvent v3.1. Consulte o Apêndice C - Descrição dos dados usados
Produção de eteno	Eteno renovável	Braskem & ACV Brasil	2011-2015	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.1. Consulte o Apêndice C - Descrição dos dados usados
	Eteno Fóssil			
Polimerização	PE l'm green™ bio-based.	Braskem/E4Tech/LC A Works/ACV Brasil based on [Murphy 2013]	2011-2015	Dados primários conectados ao ecoinvent v3.1. Consulte o Apêndice C - Descrição dos dados usados
	PE Fóssil			

Tabela 1

## Principais premissas

- A variação dos estoques de carbono do solo foi baseada em um estudo anterior conduzido por [e4Tech 2013] que aponta para uma fixação de CO<sub>2</sub> para 1 kg de HDPE em torno de 1,35g CO<sub>2</sub> / HDPE kg, valor então usado para refletir os impactos das Mudanças no Uso da Terra (MUT) na categoria Mudanças Climáticas;
- A torta de filtro e a vinhaça foram consideradas no estudo, mas por serem reinseridas na etapa agrícola como fertilizantes, esses subprodutos não estão representados no modelo. Não foi possível concluir a partir dos dados originais se transportes e outros insumos auxiliares foram considerados para viabilizar essa reinserção;
- As emissões da queima do bagaço da cana-de-açúcar são modeladas com base em dados secundários;
- A bioeletricidade gerada a partir do bagaço é definida para substituir a eletricidade térmica da rede nacional;
- Os dados do ecoinvent v3.1 foram adaptados de acordo com as condições brasileiras em relação à matriz elétrica e transporte;
- Para máquinas agrícolas e veículos de transporte, foi considerado apenas o diesel (de ecoinvent v3.1), com suas emissões.

As seguintes limitações são destacadas:

- Para situações em que não há dados brasileiros disponíveis e tendo em vista o baixo nível de estoques nacionais, são utilizados dados de outros países com tecnologia e matriz energética semelhantes;
- Para quaisquer lacunas de dados nos sistemas de produto foi utilizado o ecoinvent;
- A avaliação é realizada apenas nos sistemas de produtos descritos; outros aspectos, como gestão ou infraestrutura das empresas, não são avaliados;
- Fatores de caracterização de longo prazo não estão presentes no nível de fluxos elementares do modelo, devido à alta incerteza associada a eles.
- A entrada de água da chuva não está incluída no modelo.

## Método de avaliação do impacto do ciclo de vida

O método de Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV) utilizado neste estudo foi compilado pela ACV Brasil em conjunto com o ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung), uma empresa de consultoria alemã em 2012 e foi atualizado com poucas intervenções importantes para manter os métodos para cada categoria de impacto consistente com os desenvolvimentos mais recentes. Este método contempla: Depleção Abiótica, Mudança Climática, Acidificação, Eutrofização, Depleção do Ozônio, Inorgânicos Respiratórios, Oxidação Fotoquímica, Uso da Água, Uso da Terra, Toxicidade Humana, Ecotoxicidade e Demanda Cumulativa de Energia.

Esta compilação é uma mistura de métodos renomados como CML, USETox, ReCiPe e IPCC e será posteriormente referida como Método Recomendado.

## Resultados

A Tabela 2 mostra o perfil ambiental do PE l'm green™ bio-based.

Categoria de impacto	Unidade	PE l'm green™ bio-based.
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub> eq	-3.09 E+00
Depleção do ozônio	kg CFC <sup>-11</sup> eq	4.07 E-05
Respiratórios inorgânicos	kg PM <sub>2.5</sub> eq	1.64 E-03
Formação Fotoquímica de Ozônio	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	1.95 E-03
Acidificação	kg SO <sub>2</sub>	1.31 E-02
Esgotamento de recursos, água	m <sup>3</sup>	4.91 E-02
Uso de terra	m <sup>2</sup> a	5.18 E+00
Consumo de recursos	kg Sb eq	-1.72 E-03
Ecotoxicidade	CTUe	4.44 E-01
Eutrofização	kg PO <sub>4</sub> --- eq	1.27 E-02
Toxicidade Humana	CTUh	3.35 E-07
Demanda Cumulativa de Energia	MJ	2.27 E+00

Tabela 2

A Figura 2 mostra os impactos relativos entre o PE l'm green™ bio-based e o HDPE fóssil.

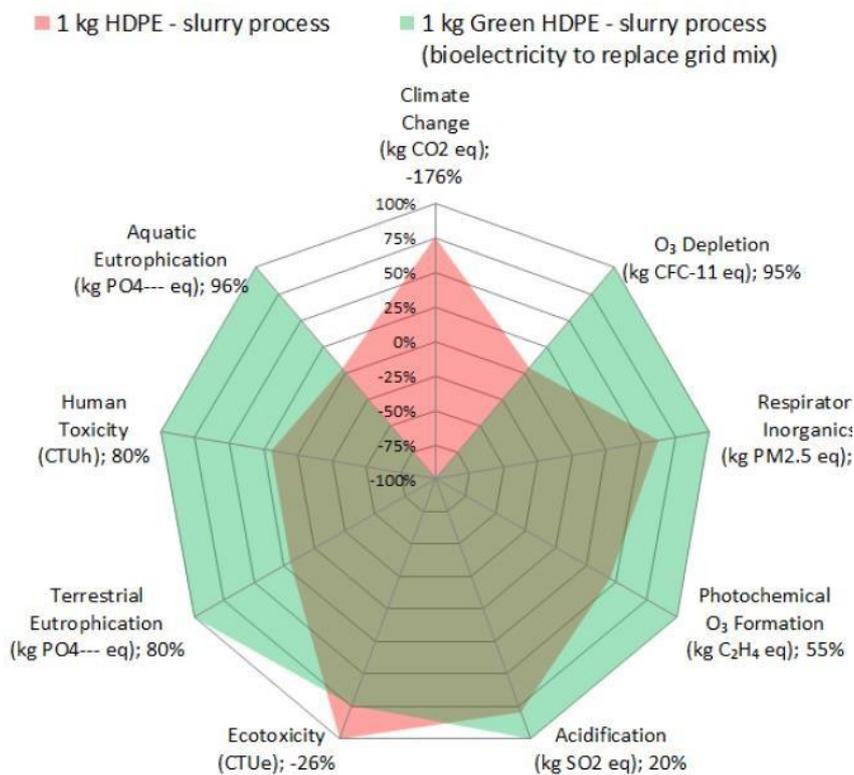


Figura 2

A Tabela 3 mostra uma análise de contribuição para a categoria de impacto Mudanças Climáticas:

		kgCO <sub>2</sub> e/kg
Cultivo de cana-de-açúcar	Operações agrícolas	0,91
	Créditos de mudança de uso da terra	-1,10
	CO <sub>2</sub> capturado	-3,14
	Total	-3,33
Produção de etanol	Produção de etanol	0,03
	Queima De Bagaço	0,16
	Créditos de cogeração de eletricidade	-1,17
	Total	-0,98
PE I'm green™ bio-based	Transporte de etanol	0,46
	Operações Industriais (Eteno e PE)	0,76
	Total	1,22
		<b>-3,09</b>

Tabela 3