

FOOTPRINT PRO CARBONO CALCULADORA PARA A PEGADA DE CARBONO DE COMMODITIES AGRÍCOLAS

A GRAVIDADE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS EXIGE MEDIDAS URGENTES. NO BRASIL, O SETOR AGROPECUÁRIO É O PRINCIPAL RESPONSÁVEL PELAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE), RESPONDENDO POR 33,2% DO TOTAL DAS EMISSÕES DO PAÍS, SEGUNDO A QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL DO BRASIL À CONVENÇÃO QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE CLIMA (BRASIL, 2021). PARA QUE AS AÇÕES DE MITIGAÇÃO OU REMOÇÃO DE GEE NA AGROPECUÁRIA SEJAM EFETIVAS, SÃO NECESSÁRIOS MÉTODOS, FERRAMENTAS E POLÍTICAS SETORIAIS E PÚBLICAS QUE PROMOVAM A IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE EMISSÃO E ORIENTEM A SUA GESTÃO - COMO A FOOTPRINT PRO CARBONO, FERRAMENTA PARA ESTIMAR A PEGADA DE CARBONO DE COMMODITIES AGRÍCOLAS

Marília I. S. Folegatti, José Paulo P. D. Savioli, Anna Leticia M. T. Pighinelli, Nilza Patrícia Ramos, Renan M. L. Novaes, Thaís Emilia Hiramoto, Renata Portugal Ferreira e Adriano Anselmi
Embrapa Meio Ambiente e Bayer

A **cooperação técnica entre Embrapa e Bayer** iniciou-se em 2020, com o projeto "Avaliação Piloto do Balanço de Carbono na Produção de Milho e Soja no Centro-Sul do Brasil: cooperação Bayer e Embrapa para o desenvolvimento sustentável" (Carbono+), e tem sequência com o projeto "Balanço e pegada de carbono na produção de soja, milho e cana-de-açúcar: métricas, ferramentas e protocolos para o ambiente tropical e subtropical no território brasileiro" (PRO Carbono). No **projeto piloto**, foi gerado o perfil ambiental e a pegada de carbono para a soja e o milho produzidos em sistema de produção por oito produtores, estabelecidos em quatro estados brasileiros, em pelo menos três safras agrícolas. Esta experiência nos mostrou a diversidade e a complexidade dos sistemas de produção abrangidos pela área de atuação da Bayer e nos permitiu planejar o desenvolvimento da **Footprint PRO Carbono (FPC)**.

A FPC é uma calculadora que estima a **pegada de carbono** (Figura 1) de produtos agrícolas em sistema de produção, incluindo culturas anuais (soja, v1; milho, v2) e semiperenes.

Esta ferramenta está alinhada com as normas ISO 14040, ISO 14044, ISO 14067 e ao *GHG Protocol (Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard e Land Sector and Removals Guidance)*, aprovada em processo de validação e verificação pela *Bureau Veritas* e revisada por painel internacional de especialistas em Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).

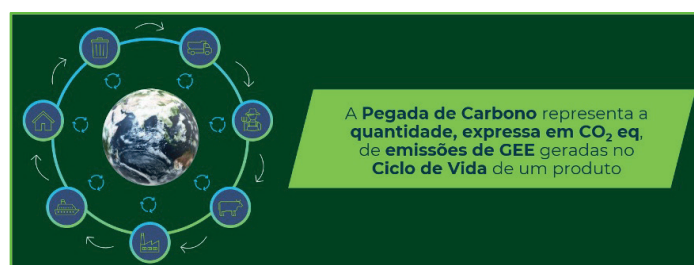


Figura 1. Conceito de pegada de carbono (ISO, 2018).

O **objetivo** da Footprint PRO Carbono é "processar dados para a avaliação do impacto ambiental relacionado às emissões de gases de efeito estufa (GEE) das commodities agrícolas, com escopo do berço à entrada na trader".

Os principais componentes do **escopo** da contabilidade ambiental da FPC são:

- i. **Função:** gerar a pegada de carbono de produtos agrícolas, em kg CO₂eq/t de produto (em MS).
- ii. **Unidade Funcional:** t de produto (em MS).
- iii. **Cobertura espacial:** talhão, fazenda e município.
- iv. **Cobertura temporal:** safra agrícola ou sistema de produção.
- v. **Cobertura tecnológica:** corrente.
- vi. **Fronteiras do sistema:** Figura 2.
- vii. **Critério de alocação:** tempo de benefício do recurso compartilhado e número de culturas comerciais por ano agrícola.
- viii. **Metodologia de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida:** categoria de Mudanças Climáticas, com fatores de caracterização para o *Global Warming Potential* (GWP) do IPCC (2021).

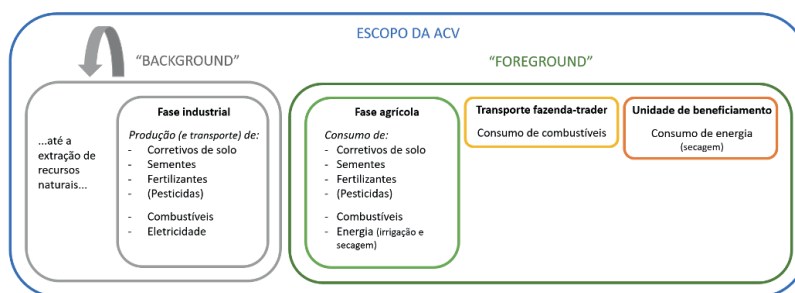


Figura 2. Fronteiras do sistema.

Para gerar a pegada de carbono do produto agrícola, a FPC contabiliza emissões de GEE dos processos a montante da etapa agrícola (do berço à produção industrial de cada insumo agrícola, incluindo o seu transporte à fazenda – com dados ecoinvent); do processo agrícola, propriamente; e dos processos a jusante, até a entrega à trader.

A partir da fase agrícola, os **dados de entrada** são informados pelo agricultor na Plataforma Conecta PRO Carbono, e correspondem à identificação e localização da área produtiva (talhão ou fazenda); à quantidade produzida do produto agrícola; à quantidade consumida dos principais insumos agrícolas, combustíveis e energia elétrica; além de dados relacionados aos processos de secagem, armazenamento e transporte da fazenda até a trader.

Para a entrada de dados da fase agrícola há duas possibilidades:

- i. **Dados específicos** (primários), referentes especificamente à área em estudo.
- ii. **Dados típicos penalizados**, com poucas dados obrigatórios de origem primária, sendo o restante automaticamente preenchido pela FPC.

A **estrutura de cálculo** da Footprint PRO Carbono tem como referência a RenovaCalc - a ferramenta oficial da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio).

As **emissões de GEE ocorridas na fase agrícola** são estimadas segundo o Tier 1 do IPCC (2019). São consideradas as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O derivadas da queima de biomassa, biocombustíveis e combustíveis fósseis; as emissões de CO₂ da aplicação de calcário e ureia; e as emissões de N₂O diretas e indiretas, derivadas do uso de fertilizantes sintéticos e orgânicos, da degradação de restos culturais e da mineralização do nitrogênio orgânico.

Os fatores de caracterização vêm do IPCC 2021, GWP100 v1.02. As emissões de GEE estão segregadas como biogênicas e não-biogênicas e, parcialmente, como escopos 1, 2 e 3 (como proposto pelo GHG Protocol). Em versões futuras da FPC, essa segregação estará visualmente mais evidente.

As emissões de Mudança de Uso da Terra (MUT), bem como os valores de perda anual média de carbono no solo por tipo de uso da terra, são estimadas pelo modelo BRLUC v2.0 (Garofalo *et al.*, 2022). Na versão mais recente da FPC, as emissões de MUT são calculadas com a partir da informação sítio-específica dos usos da terra anterior (“menos 20 anos”) e atual, identificados por imagens de satélite.

Outra importante função presente na FPC é a análise de incertezas, requerida em normas e protocolos de certificação ambiental nacionais e internacionais. Para essa análise, são consideradas duas fontes de incerteza para os parâmetros: incerteza básica, como uma distribuição; e Matriz Pedigree, como variância adicional (Frischknecht *et al.*, 2005; Muller *et al.*, 2016). As distribuições dos parâmetros são usadas em uma simulação de Monte Carlo, para propagar a incerteza até o final do resultado da pegada de carbono.

O resultado desta contabilidade é a pegada de carbono de 1 tonelada de produto agrícola (em MS), em kg CO₂eq, apresentada de duas formas: segregada por fonte de emissão; ou agregada nas categorias: i. emissões de campo; ii. emissões de MUT; iii. pegada de carbono de insumos agrícolas; iv. pegada de carbono da secagem de grãos; v. pegada de carbono do transporte do produto agrícola até a trader.

A FPC é uma ferramenta de gestão ambiental, que demonstra o perfil de emissões de GEE da produção agrícola e possibilita a identificação das suas principais fontes, municiando o agricultor com informações para tomadas de decisão.

A Figura 3 mostra uma simulação da FPC aplicada a diferentes perfis de produção de soja. Os “dados típicos penalizados” são adotados quando o agricultor não dispõe de dados primários organizados.

Entretanto, por abordagem conservadora, a pegada de carbono obtida com esse tipo de dado (1659 kg CO₂eq/t soja) será sempre desfavorável, em comparação à gerada com “dados primários” (1237 kg CO₂eq/t soja). O emprego de intervenções, como a otimização do uso do calcário, do fertilizante com nitrogênio (quanto à fonte e à dose) e do diesel, e o aumento da produtividade, podem reduzir de forma significativa as emissões de GEE (821 kg CO₂eq/t soja). É importante destacar que os resultados podem variar grandemente, dependendo das ações implementadas. Por fim, se o talhão estiver situado em área antropizada há mais de 20 anos, não se considera MUT, reduzindo consideravelmente a pegada de carbono (306 kg CO₂eq/t soja).

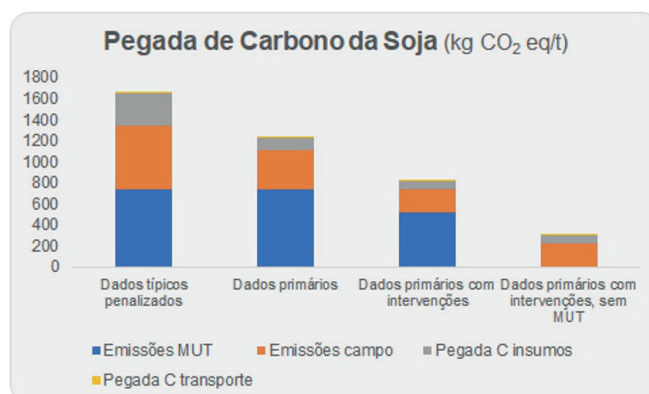
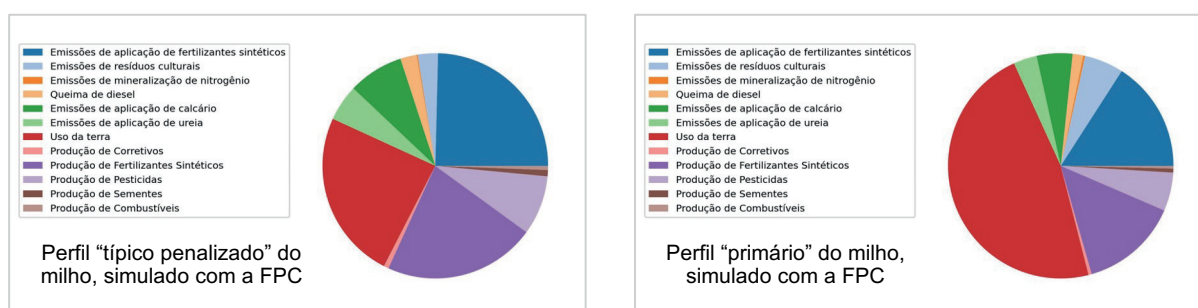


Figura 3. Pegada de carbono da soja, simulando diferentes fontes de dados e perfis de produção.

As Figuras 4a e b mostram a **pegada de carbono do milho, simulada na FPC com dados primários** (875 kg CO₂ eq/t milho) e penalizados (1696 kg CO₂ eq/t milho), indicando o efeito da fonte de dados nos resultados. A expressão das fontes de emissão de GEE de forma mais discriminada permite ao agricultor ações de mitigação mais assertivas.

Uma pegada de carbono baixa pode representar uma grande vantagem competitiva, permitindo o acesso do produto a mercados mais exigentes e propiciando relações comerciais mais favoráveis, especialmente com parceiros comprometidos com metas relacionadas às mudanças climáticas. Acima de tudo, esse esforço contribui para uma agricultura mais sustentável e para a descarbonização da economia brasileira.



Figuras 4a e b. Pegada de carbono do milho, simulando diferentes fontes de dados e discriminando todas as fontes de emissão de GEE

REFERÊNCIAS:

- BRASIL. MCTI. Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. Brasília: MCTI, 2021. 620 p.
- ISO. International Organization for Standardization. **ISO 14067:2018 greenhouse gases - carbon footprint of products — requirements and guidelines for quantification**. 2018. 46 p. Disponível em: <www.iso.org/standard/71206.html>.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2021. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. DOI:10.1017/9781009157896.
- GAROFALO, D. F. T.; NOVAES, R. M. L.; PAZIANOTTO, R. A. A.; MACIEL, V. G.; BRANDÃO, M.; SHIMBO, J. Z.; MATSUURA, M. I. S. F. Land-use change CO₂ emissions associated with agricultural products at municipal level in Brazil. **JCP**, v. 364, Article 132549, 2022. p. 1-12.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Special Report on 1.5 Global Warming. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems**. Genebra: IPCC, 2019a. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/srcccl/>>. Acesso em 10 de jun. 2022.
- FRISCHKNECHT, Rolf et al. The ecoinvent database: overview and methodological framework (7 pp). **Int J Life Cycle Assess**, v. 10, p. 3-9, 2005.
- MULLER, S. et al. The application of the pedigree approach to the distributions foreseen in ecoinvent v3. **Int J Life Cycle Assess**, v. 21, p. 1327-1337, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0759-5>.