

Sete Lagoas, MG / Outubro, 2025

Programa Milho Baixo Carbono Produtividade e Sustentabilidade



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura e Pecuária***

ISSN1518-4277 / e-ISSN 0000-0000

Documentos 286

Outubro / 2025

Programa Milho Baixo Carbono Produtividade e Sustentabilidade

*Arystides Resende Silva
Alexandre Ferreira da Silva
Álvaro Vilela de Resende
Ciro Augusto de Souza Magalhães
Derli Prudente Santana
Henrique Debiasi
Marilia Ieda da Silveira Folegatti
Miguel Marques Gontijo Neto
Nilza Patrícia Ramos*

***Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2025***

Embrapa Milho e Sorgo
Rodovia MG - 424, Km 65
Caixa Postal 151
35701-098 Sete Lagoas, MG
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo>
<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac>

Comitê Local de Publicações

Presidente

Cynthia Maria Borges Damasceno

Secretário-executivo

Antônio Carlos de Oliveira

Membros

*Guilherme Ferreira Viana, Rosângela
Lacerda de Castro, Arystides Resende
Silva, Ciro Augusto de Souza Magalhães,
Cláudia Teixeira Guimarães e Enilda Alves
Coelho*

Edição executiva

Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro (CRB-6/2749)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Foto da capa

Antônio Marcos Coelho

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Programa Milho Baixo Carbono: produtividade e sustentabilidade / Arystides Resende Silva...
[et al.]. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2025.

PDF (13 p.) : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 286).

1. Produção sustentável. 2. Gases de efeito estufa. 3. Impacto ambiental. I. Silva, Arystides Resende. II. Silva, Alexandre Ferreira da. III. Resende, Álvaro Vilela de. IV. Magalhães, Ciro Augusto de Souza. V. Santana, Derli Prudente. VI. Debiasi, Henrique. VII. Folegatti, Marília Ieda da Silveira. VIII. Gontijo Neto, Miguel Marques. IX. Ramos, Nilza Patrícia. X. Série.

CDD (21. ed.) 633.15

Rosângela Lacerda de Castro (CRB-6/2749)

©2025 Embrapa

Autores

Arystides Resende Silva

Engenheiro florestal, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Alexandre Ferreira da Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia (Produção Vegetal), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Álvaro Vilela de Resende

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Ciro Augusto de Souza Magalhães

Engenheiro agrícola, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Derli Prudente Santana

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo (Qualidade do solo), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Henrique Debiasi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

Marilia Ieda da Silveira Folegatti

Zootecnista, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Miguel Marques Gontijo Neto

Engenheiro-agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Nilza Patrícia Ramos

Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Apresentação

O milho é um dos cereais mais consumidos no mundo e ocupa posição de destaque tanto na economia quanto na segurança alimentar global. Sua importância vai além da alimentação humana e animal, alcançando também a produção de biocombustíveis, biomateriais e produtos químicos, que contribuem para a diversificação da matriz energética e para o desenvolvimento de uma economia mais sustentável.

Atenta a esse cenário e aos desafios impostos pelas mudanças climáticas, a Embrapa Milho e Sorgo criou o Programa Milho Baixo Carbono, iniciativa pioneira voltada para o desenvolvimento de protocolos e métricas que viabilizam a certificação da produção de milho em sistemas sustentáveis. Esse programa busca promover práticas agrícolas que reduzam as emissões líquidas de carbono, aprimorem a eficiência produtiva e fortaleçam a resiliência dos sistemas de cultivo, assegurando o abastecimento alimentar para uma população em constante crescimento.

Ao definir e incentivar modelos de produção de milho com baixa emissão líquida de carbono, o programa abre caminho para a obtenção de certificações de sustentabilidade pelas empresas do setor. Entre as práticas estimuladas estão o sistema

plantio direto, a rotação de culturas, o manejo eficiente de fertilizantes, o controle integrado de pragas e doenças e o uso racional da água — ações que contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa, a conservação dos recursos naturais e a melhoria da qualidade do solo e da biodiversidade.

A criação do Programa Milho Baixo Carbono representa um marco para o fortalecimento da produção agropecuária no Brasil, pois oferece alternativas concretas frente aos impactos das mudanças climáticas e amplia as oportunidades de inserção competitiva do milho brasileiro em mercados cada vez mais exigentes em termos de sustentabilidade.

Com satisfação, apresentamos esta publicação, que reúne as bases e diretrizes do Programa, confiantes de que será uma referência para pesquisadores, técnicos, produtores, empresas e formuladores de políticas públicas. Trata-se de mais um passo no compromisso da Embrapa de gerar conhecimento, inovação e soluções sustentáveis para a agricultura e para a sociedade brasileira.

Vinícius Pereira Guimarães
Chefe-Geral da Embrapa Milho e Sorgo

Sumário

Introdução.....	6
Ações a serem realizadas pela cadeia produtiva do milho.....	8
Mensuração da redução das emissões de gases de efeito estufa.....	8
Definição dos critérios para certificação	9
Diferencial do selo Milho Baixo Carbono.....	9
Qual é a experiência da equipe?	10
Etapas para a elaboração e implantação do Programa Milho Baixo Carbono.....	10
Considerações finais.....	11
Referências.....	11

Introdução

O milho é um dos cereais mais consumidos no mundo. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, só atrás da China e dos Estados Unidos (Estados Unidos, 2024). Esse cereal se destaca pela grande relevância econômica, com ampla gama de aplicações. A composição nutricional dele é rica em carboidratos. Esse fato torna o milho um ingrediente fundamental na alimentação animal e humana. Estima-se que cerca de 50% da produção mundial seja destinada à nutrição animal (International Grains Council, 2024). Na indústria alimentícia, o milho encontra diversas aplicações, desde a produção de alimentos básicos, como farinha de milho e óleos vegetais, até a formulação de produtos processados mais complexos. Adicionalmente, o cereal pode ser utilizado na produção de biocombustíveis, biomateriais e produtos químicos, contribuindo para a diversificação da matriz energética e para o desenvolvimento de uma economia mais sustentável.

O milho é um dos principais produtos do agronegócio brasileiro, ocupando posição de destaque na economia e na segurança alimentar da população. O Brasil se consolidou como um dos maiores produtores e exportadores de milho do mundo, superando a marca de 100 milhões de toneladas de grãos de milho a partir da safra agrícola de 2018/2019 e exportando volumes que se aproximam de 50 milhões de toneladas (Estados Unidos, 2024).

De acordo com dados do Internacional Grain Council (International Grains Council, 2024), o mercado interno se destina principalmente à produção de ração animal (70%), atendendo a criações de aves (carne e ovos), suínos, bovinos e outras categorias. O restante se divide entre o consumo humano e a indústria.

O cultivo do milho no Brasil é marcado por uma grande diversidade temporal e espacial, possibilitada pela alta adaptabilidade da cultura a diferentes condições climáticas. O cultivo pode ser dividido em três níveis tecnológicos: baixo, médio e alto. Dentre essas classificações, varia o nível de investimento na escolha das cultivares, no aporte de insumos e no manejo cultural e fitossanitário. Com relação à diversidade espaço-temporal, a cultura pode ser dividida em três safras:

Primeira safra (verão): semeada entre outubro e dezembro, coincide com o período chuvoso, proporcionando condições ideais para o desenvolvimento da planta. O milho de primeira

safra é cultivado principalmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil.

Segunda safra (safrinha): geralmente é conduzida após a cultura da soja, e a semeadura ocorre entre janeiro e abril, e, por isso mesmo, com maior risco climático. No entanto, o avanço tecnológico e o desenvolvimento de variedades precoces têm impulsionado a importância dessa safra. O cultivo ocorre predominantemente na região Centro-Oeste.

Terceira safra: menos comum, ocorre principalmente na região Nordeste. O plantio é realizado entre abril e maio. Apresenta menor escala de produção em comparação às outras duas safras.

Ao se analisar o histórico do avanço da produção de milho na agricultura brasileira, é possível relacionar esse fato diretamente à expansão das áreas de produção de milho segunda safra. Isso pode ser atribuído a vários fatores, principalmente à construção da fertilidade do solo e à adoção massiva do sistema plantio direto, que proporcionam maior agilidade de plantio, capacidade operacional, proteção e retenção de umidade no solo e reciclagem de nutrientes. A adubação de sistemas para o binômio soja/milho, a proteção de cultivos por meio do tratamento de sementes, do controle de pragas, de doenças e plantas daninhas e a utilização de sementes de híbridos simples e triplos, portadoras de eventos transgênicos, também contribuíram para esse aumento. A adoção de híbridos de milho transgênicos, resistentes a lagartas e a herbicidas é superior a 90% (Associação Brasileira das Indústrias de Milho, 2024).

Na Figura 1 estão apresentados os dados de produção de milho em relação às diferentes épocas do ano, em cada estado, na safra 2023/2024.

Além disso, a intensificação dos sistemas de cultivo, em que o milho é um importante componente, tem sido cada vez maior nas principais regiões produtoras do Brasil. Nesse contexto, destaca-se a utilização de soluções tecnológicas que reduzem os impactos ao meio ambiente, podendo-se citar o controle biológico de pragas e o uso de inoculantes, como os estimuladores do crescimento de plantas, os fixadores de nitrogênio (N) e os solubilizadores de fósforo (P). Esse cenário, além de proporcionar ganhos em produtividade, permite a otimização do uso de água e fertilizantes e contribui para a preservação ambiental, a conservação dos recursos naturais e a produção de alimentos em sistemas de produção sustentáveis.

Em resumo, o milho já se consolidou como um cereal estratégico e de alto valor no agronegócio

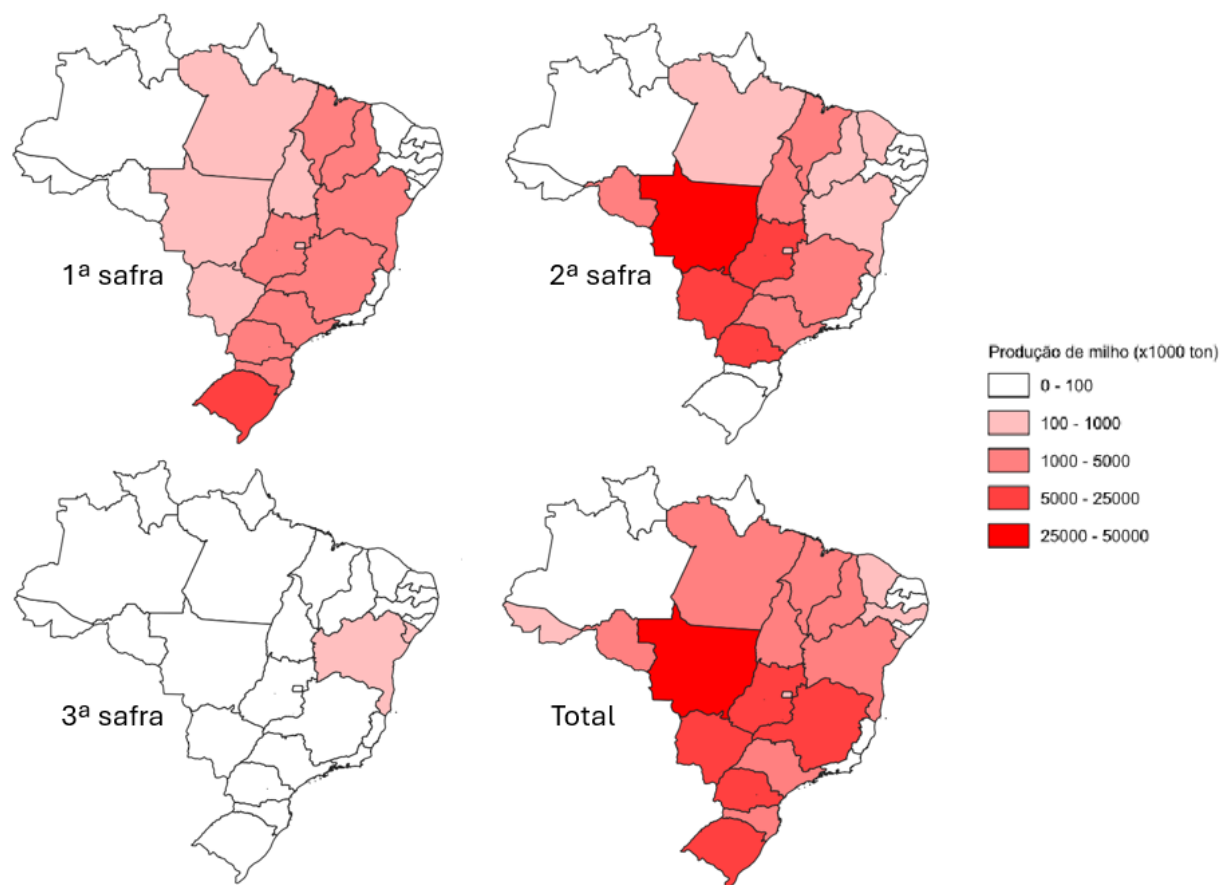


Figura 1. Produção de milho em diferentes épocas do ano, em cada estado, na safra 2023/2024. Fonte: Adaptado de Conab (2024).

brasileiro, com grande importância para a economia, para a segurança alimentar e para o aumento da sustentabilidade da matriz energética do País. É estratégico inclusive para a rotação de culturas em sinergia com outras espécies, como a soja, em razão da maior contribuição no aporte de restos culturais, formando grande massa de palhada para o plantio direto e fornecendo carbono para o solo e a atividade microbiana. A liderança do Brasil no mercado internacional se deve à capacidade produtiva e à competitividade, que vieram justamente pela adoção de tecnologias inovadoras e práticas sustentáveis e pelas contribuições do setor de pesquisa e desenvolvimento.

Por outro lado, há uma forte pressão internacional quanto aos presumíveis impactos ambientais da produção de milho, especialmente quanto às emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Indicadores distorcidos têm sido massivamente utilizados como argumentos em campanhas negativas sobre o milho brasileiro no exterior, que podem resultar em criação de barreiras não tarifárias, desvalorização do produto e perdas de mercado.

Frente a este cenário, e como uma contribuição direta para as estratégias globais de descarbonização da economia e o alcance das metas de redução das emissões de GEEs, a Embrapa vem propor a adoção de um parâmetro de desenvolvimento de marcas-conceito, atreladas a sistemas de certificação de terceira parte, que assegurem um produto diferenciado, produzido sob condições favoráveis à mitigação das emissões de GEEs, com critérios objetivos, mensuráveis e reportáveis. Inicialmente, foi estabelecida a marca conceito (selo) Carne Baixo Carbono (CBC) (Almeida; Alves, 2020). A seguir, foram criadas as marcas Soja Baixo Carbono (SBC) (Nepomuceno et al., 2023) e Trigo Baixo Carbono (TBC) (Dossa et al., 2023).

Assim, dando sequência a essa estratégia, a Embrapa Milho e Sorgo propõe a criação de uma marca conceito chamada de Milho Baixo Carbono (MBC), com o desenvolvimento de protocolos e métricas para certificação da produção de milho proveniente de sistemas de produção sustentáveis, contribuindo para a fixação de carbono no solo e a redução da emissão de GEEs no processo produtivo.

Ações a serem realizadas pela cadeia produtiva do milho

Frente aos desafios atuais que envolvem: 1) a ampliação da produção de milho em sistemas de produção sustentáveis e resilientes, alinhados ao Plano de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (ABC+) (Brasil, 2021); 2) consumidores cada vez mais exigentes quanto à origem e conformidade ambiental no processo produtivo; e 3) a necessidade de garantia de acesso e competitividade de milho, biocombustíveis e proteínas animais nacionais aos mercados (nacional e internacional), faz-se necessária uma ação ordenada da cadeia produtiva do milho.

Nesse sentido, a proposta de se criar a marca conceito Milho Baixo Carbono visa à certificação do milho proveniente de sistemas de produção sustentáveis, com foco na mitigação da emissão de GEEs e na adaptação ao processo de mudanças climáticas que envolvem:

- Reconhecimento e valorização dos produtores que adotam sistemas, práticas, produtos e processos de produção sustentáveis com foco no aumento da resiliência, da produtividade e da renda e no controle e na redução das emissões de GEEs.

- Desenvolvimento de protocolos de avaliação e de métricas para certificação de sistemas sustentáveis, com a mensuração de aspectos qualitativos e quantitativos do produto obtido em talhões com utilização de práticas e tecnologias que resultem em menor emissão de GEEs e aumento das remoções de carbono.

- Implementação de sistemas de controle do tipo mensurável, reportável e verificável (MRV) (OECD, 2023 citado por Dossa et al., 2023; Nepomuceno et al., 2023), garantindo que os indicadores de sustentabilidade sejam coletados, registrados e verificados de forma rigorosa, assegurando a transparência e a confiabilidade das informações.

Mensuração da redução das emissões de gases de efeito estufa

Para a estimativa assertiva das emissões de GEEs e do balanço de carbono de um

determinado sistema de produção agrícola, métodos reconhecidos internacionalmente devem ser utilizados de forma que esses parâmetros sejam contabilizados adequadamente. Assim, princípios, critérios e diretrizes utilizados no Programa Milho Baixo Carbono para a mitigação das emissões de GEEs serão embasados em ciência, seguindo regras, normas e metodologias reconhecidas, e seguindo o modelo que já vem sendo implementado pela Embrapa Soja, Embrapa Trigo e Embrapa Gado de Corte, com os programas Soja Baixo Carbono (Debiasi et al., 2023; Nepomuceno et al., 2023), Trigo Baixo Carbono (Dossa et al., 2023) e Carne Baixo Carbono (Almeida; Alves, 2020).

A intensidade das emissões de gases de efeito estufa (IEGEE) será baseada no índice proposto por Mosier et al. (2006), que é definido como a razão entre o balanço de dióxido de carbono (CO_2) equivalente (CO_2eq) e a produtividade, em um dado sistema de produção agropecuário, expressa em quilo de CO_2eq por unidade de massa produzida. O cálculo do CO_2eq leva em consideração os diferentes potenciais de aquecimento global (PAG) dos GEEs em um horizonte de tempo de 100 anos (PAG100), em que o metano (CH_4) apresenta um PAG 30 e 27 vezes maior que o CO_2 para o gás de origem fóssil e não fóssil, respectivamente. Já o óxido nitroso (N_2O) apresenta um PAG 273 vezes maior que o CO_2 (Armour et al., 2021). Portanto, o PAG será representado pelo balanço de CO_2eq de um determinado sistema de produção agropecuário, calculando-se a diferença entre as quantidades de CO_2eq fixada e emitida, considerando-se o solo, a biomassa vegetal e o CO_2eq liberado (Shen et al., 2018; Cerri et al., 2022; Dossa et al., 2023; Nepomuceno et al., 2023; Zhang et al., 2024) usados no sistema de produção de milho (Telhado; Capdeville, 2021).

O produtor de milho candidato ao selo MBC terá de buscar uma redução do IEGEE, por meio de uso de boas práticas agrícolas (Figura 2). Essa redução do IEGEE será calculada com base em uma referência (*baseline*). Assim, o programa MBC definirá as referências com ampla discussão entre especialistas em função da região de produção do milho. Com as referências estabelecidas, será possível identificar os pontos críticos e as oportunidades para mitigar as emissões de GEEs e potencializar a adoção de sistemas de produção que atendam aos requisitos do selo Milho Baixo Carbono.

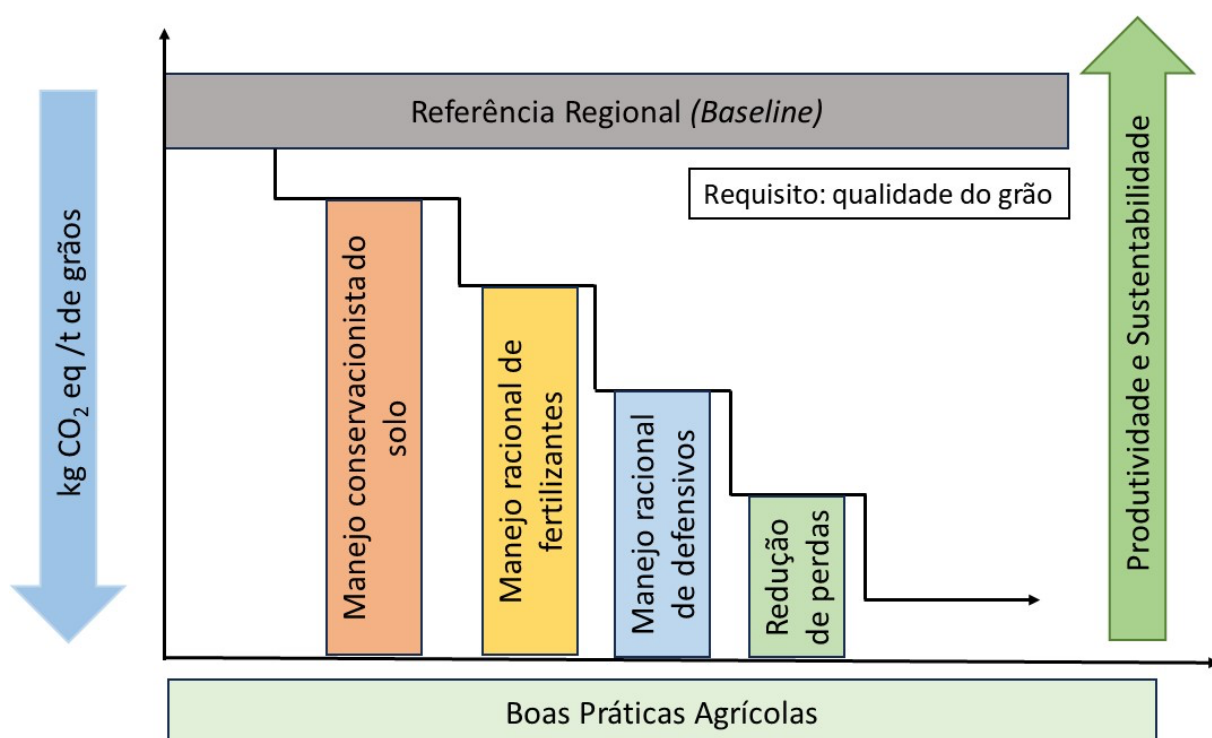


Figura 2. Modelo esquemático de redução da intensidade das emissões de gases de efeito estufa (IEGEE) em função da adoção de práticas sustentáveis no sistema de produção de milho em relação ao sistema predominante na região. Fonte: Adaptado de Nepomuceno et al. (2023).

Definição dos critérios para certificação

Em linhas gerais, a definição de princípios, diretrizes, critérios, práticas agrícolas e indicadores para certificação do MBC e concessão do selo será feita seguindo o modelo de protocolos e certificação proposto para o selo Soja Baixo Carbono (SBC), conforme apresentado por Nepomuceno et al. (2023). O processo para estabelecer a certificação do selo MBC envolverá o levantamento, a análise e a compilação de dados científicos disponíveis na literatura, seguidos de discussão e validação, por meio de reuniões, oficinas e workshops com equipes capacitadas e consultorias especializadas em protocolo e certificação, alcançando os princípios de credibilidade mencionados nesse programa. Assim, esses critérios devem ser construídos de forma participativa, seguindo padrões internacionais de preparação de normas, com destaque para o Código de Boas Práticas da ISEAL Alliance (*International Social and Environmental Accreditation and Labelling*, 2014). A partir desses critérios, será gerado o protocolo composto por indicadores mensuráveis, reportáveis e verificáveis (MRV), passíveis de serem adotados para fins de certificação e concessão do selo MBC.

Diferencial do selo Milho Baixo Carbono

Embora já existam iniciativas e metodologias de certificação para a produção de milho sustentável, o programa Milho Baixo Carbono (MBC) posiciona-se como uma marca conceito inovadora e diferenciada em relação às demais iniciativas por integrar as seguintes características:

- Foco no produto (milho) e não na propriedade.
- Foco no balanço das emissões e remoções de GEEs.
- Possibilidade não só de garantir a redução das emissões, mas também de quantificá-las, à luz do conhecimento científico.
- Base no conceito de intensidade das emissões por tonelada de grãos, o que permite valorizar o milho com maior eficiência de produção por unidade de CO₂eq emitida.
- Uso de critérios, diretrizes e indicadores definidos com base em ciência (*science-based approach*) e protocolo público reconhecido pela comunidade internacional.
- Certificação voluntária e de terceira parte, com sistema de controle do tipo mensurável, reportável e verificável (MRV).

Qual é a experiência da equipe?

A Embrapa possui experiência na criação de marcas-conceitos, como Carne Baixo Carbono (CBC) e Soja Baixo Carbono (SBC), além da criação de ferramentas (calculadoras) para estimativa da pegada de carbono por avaliação de ciclo de vida (ACV) de produtos agrícolas em sistemas de produção. As equipes responsáveis por essas iniciativas integrarão o desenvolvimento da marca Milho Baixo Carbono (MBC), garantindo celeridade, padronização e assertividade ao programa.

A Embrapa Milho e Sorgo, ao longo de quase cinco décadas, se dedica ao aprimoramento da agricultura brasileira. Por meio de avanços científicos e tecnológicos, a equipe desenvolveu cultivares, práticas de manejo integrado para pragas, doenças e plantas daninhas (Mendes et al., 2019; Valicente, 2020; Cota et al., 2021; Cruz, 2022; Silva et al., 2023a, 2023b), processos otimizados para uso eficiente de insumos e recursos naturais (Oliveira-Paiva et al., 2024).

Estudos aprofundados aprimoraram o sistema plantio direto e a agricultura conservacionista (Nobre; Oliveira, 2018; Campanha et al., 2021; Resende et al., 2021; Simeão et al., 2022), permitindo a diversificação dos usos do milho para produção animal, exportação, etanol e outros fins. Essas conquistas científicas e tecnológicas, aliadas a materiais genéticos, práticas e processos agrícolas específicos, têm potencial para aumentar o estoque de carbono no solo e a mitigação de emissões de GEE em sistemas de produção (Campanha et al., 2019; Gontijo Neto et al., 2019). Indicadores químicos, físicos e biológicos foram desenvolvidos para avaliar a qualidade do solo, explorar o papel da microbiota e potencializar o uso na proteção e produção de grãos (Mendes et al., 2021; Oliveira et al., 2023).

Assim, a criação da marca MBC e seu selo representa um passo adiante no aprimoramento contínuo da agricultura brasileira, impulsionada por uma ciência em constante evolução. Com expertise e solidez, a Embrapa Milho e Sorgo é capaz de contribuir para um futuro sustentável para a produção de milho no Brasil.

Etapas para a elaboração e implantação do Programa Milho Baixo Carbono

Para a elaboração do programa, serão estabelecidas premissas e protocolos

técnico-científicos para o processo de certificação de terceira parte, bem como a formalização de parcerias públicas e privadas apoiadoras da iniciativa. As etapas serão:

Revisão de literatura e organização da base de dados: levantamento, compilação, organização e análise de resultados de pesquisa já publicados, na temática “mitigação de emissões de GEEs e aumento da remoção”, priorizando aquelas disponibilizadas em periódicos bem avaliados e com revisão por pares. Os dados levantados, em conjunto com os dados obtidos em experimentos conduzidos pela Embrapa, serão analisados conjuntamente para dar subsídios para o desenvolvimento da marca.

Definição da marca conceito e seu escopo: elaboração de nota técnica descrevendo o escopo da marca conceito e da logomarca (selo) e seu respectivo manual de identidade visual.

Registro da marca no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI): envio da documentação a esse órgão.

Definição e publicação das diretrizes técnicas do MBC: serão elaboradas com a participação de pesquisadores de diferentes especialidades e com base no conhecimento científico existente (compilado na etapa 1 e validado na etapa 5) e em consultores. Essas diretrizes poderão ser atualizadas periodicamente, conforme previsto no protocolo de normatização ISEAL (*International Social and Environmental Accreditation and Labelling*, 2014), de forma a adequá-las ao avanço do conhecimento científico e tecnológico, bem como às mudanças de mercado e modelos de negócio.

Validação das diretrizes técnicas: serão feitas simulações com diversas possibilidades metodológicas aplicadas a diferentes cenários que caracterizam os níveis tecnológicos, usando informações e dados levantados. Também serão feitas simulações a partir de sistemas de produção de milho contrastantes em experimentos de longa duração conduzidos pela Embrapa e por parceiros. Esta etapa irá fornecer subsídios para a elaboração das diretrizes técnicas e também do protocolo de certificação. Posteriormente, serão feitas validações de campo com a utilização das metodologias desenvolvidas, em lavouras de milho comerciais em diferentes regiões brasileiras, e em unidades de referência tecnológica (URTs) conduzidas pela Embrapa Milho e Sorgo.

Elaboração do protocolo de certificação: o protocolo de certificação será construído de forma colaborativa, por meio de oficinas técnicas entre os especialistas envolvidos, e contará com a elaboração de dois documentos: memorial

descritivo e lista de verificação e seus anexos. O memorial descritivo será público e o seu teor será disponibilizado em formato digital. A lista de verificação (checklist a ser aplicado ao milho candidato) será feita em parceria com a entidade certificadora. Na sequência, o protocolo será submetido para registro no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) (ou entidade indicada). Da mesma forma que as diretrizes técnicas, o memorial descritivo e as listas de verificação e anexos serão atualizados periodicamente em função de se adaptar a mudanças em cenários futuros, conforme recomendado pela ISEAL (International Social and Environmental Accreditation and Labelling, 2014).

Comunicação do Programa MBC: o programa terá ampla agenda de divulgação, para diferentes públicos, nacionais e internacionais, com uso de estratégias de comunicação de massa e ações dirigidas, conteúdos para mídias e plataformas digitais, além de eventos técnicos nacionais e internacionais e peças de comunicação exclusivas, como vídeos, banners, folders, entre outros.

Mercado: com a oferta de oportunidades de mensuração e valorização de práticas que reduzam as emissões de GEEs, a marca MBC vai criar um novo ambiente para negócios, com a finalidade de diferenciar o milho produzido com o uso integrado de práticas e tecnologias sustentáveis, que reduzam o potencial de aquecimento global por tonelada de grão produzida.

Considerações finais

A criação da marca MBC representa um passo importante para promover o uso de indicadores e métricas que comprovem a sustentabilidade do milho produzido por agricultores brasileiros. O selo MBC incentivará a adoção de práticas agrícolas sustentáveis, contribuindo para o estabelecimento de uma agropecuária nacional capaz de reduzir as emissões de GEE. Além disso, o MBC contribuirá para a construção de uma cadeia de suprimentos com baixa pegada de carbono.

O Programa de Milho Baixo Carbono é uma ação relevante para o fortalecimento da produção agropecuária no Brasil, apresentando impactos positivos no tocante à mitigação da mudança climática global e deverá contar com a participação de diversos atores envolvidos em sua cadeia de produção.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MILHO.

Estatísticas. Disponível em: <https://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em: 6 ago. 2024.

ALMEIDA, R. G. de; ALVES, F. V. (ed.). **Diretrizes Técnicas para Produção de Carne com Baixa Emissão de Carbono Certificada em Pastagens Tropicais: Carne Baixo Carbono (CBC).** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2020. 36 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 280). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1120985/1/Diretrizestecnicasparaproducaodecarne.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ARMOUR, K.; COLLINS, W.; DUFRESNE, J. L.; FRAME, D.; LUNT, D. L.; MAURITSEN, T.; PALMER, M. D.; WATANABE, M.; WILD, M.; ZHANG, H. The earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity. In: MASSON-DELMONTE, V.; ZHAI, P.; PIRANI, A.; CONNORS, S. L.; PÉAN, C.; BERGER, S.; CAUD, N.; CHEN, Y.; GOLDFARB, L.; GOMIS, M. I.; HUANG, M.; LEITZELL, K.; LONNOY, E.; MATTHEWS, J. B. R.; MAYCOCK, T. K.; WATERFIELD, T.; YELEKÇI, R.; YU, R.; ZHOU, B. (ed.). **Climate Change 2021: the physical science basis contribution of working group 1 to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2021. p. 923-1054. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009157896.009>.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária 2020-2030: plano operacional ABS+ 2020-2030.** Brasília, DF, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/arquivos/abc_final.pdf. Acesso em: 27 ago. 2024.

CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, A. V. de; BORGHI, E. **Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta como estratégia para neutralização da emissão de metano entérico de bovinos na região do Cerrado de Minas Gerais.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 25 p. Milho e Sorgo. Circular Técnica, 275). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1135355/1/CIRC-TEC-275-ILPF-estrategia-neutralizacao-emissao-metano.pdf>. Acesso em: 27 out. 2024.

CAMPANHA, M. M.; OLIVEIRA, A. D.; MARRIEL, I. E.; RESENDE, A. V. de; GIEHL, J.; SIMÃO, E. de P.; ABREU, S. C.; FERREIRA, A. C. de B.; BORIN, A. L. D. C.; MARRIEL, I. E.; MELO, I. G.; MARQUES, L. de S.; GONTIJO NETO, M. M.; MALAQUIAS, J. V.; LANDAU, E. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; CARVALHO, A. M. Effect of soil tillage and N fertilization

on N₂O mitigation in maize in the Brazilian Cerrado. **Science of the Total Environment**, v. 692, p. 1165-1174, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.315>.

CERRI, C. E. P.; CHERUBIN, M. R.; DENNY, D. M. T.; CANTARELLA, H.; NOGUEIRA, L. A. H.; MATSUURA, M. I. da S. F.; GANDINI, M.; STUCHI, A. A. Carbon balance in the sugarcane sector: conference report. **Journal of Cleaner Production**, v. 375, 134090, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134090>.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2023/24: décimo primeiro levantamento**. Brasília, DF, 2024. 129 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 27 out. 2024.

COTA, L. V.; OLIVEIRA, I. R.; SILVA, D. D.; MENDES, S. M.; COSTA, R. V. da; SOUZA, I. R. P. de; SILVA, A. F. **Manejo da cigarrinha e enfezamentos na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 16 p. Cartilha. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1130346/1/Cartilha-Manejo-cigarrinha-enfezamentos-milho.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.

CRUZ, I. **Controle biológico de pragas do milho: uma oportunidade para agricultores**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. 124 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1143210/1/Controle-biologico-de-pragas-do-milho.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.

DEBIASI, H.; NOGUEIRA, M. A.; CARNEVALLI, R. A.; HIRAKURI, M. H.; RUFINO, C. F. G.; NEPOMUCENO, A. L. **Diretrizes Técnicas para Certificação Soja Baixo Carbono – Primeira Aproximação**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. (Embrapa Soja. Documentos, 457). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1160299/1/DOCUMENTOS-457.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.

DOSSA, A. A.; SANTI, A.; DALMAGO, G. A.; VIEIRA, O. V.; GIONGO, V. (ed.). **Programa Trigo Baixo Carbono: um novo conceito de produção sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2023. 34 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 206). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1160710/1/Documentos-206-online.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Production - corn**. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0440000>. Acesso em: 6 ago. 2024.

GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V.; CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e. C.; SIMÃO, E. P.;

ALMEIDA, R. G.; ALVES, F. V.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. **Mitigação de Gases de Efeito Estufa em sistema de Integração Pecuária-Floresta e potencial de produção de Carne Carbono Neutro**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. 35 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 230). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1103214/1/doc2301.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.

INTERNATIONAL GRAINS COUNCIL. **Grain market report**. Disponível em: https://www.igc.int/en/gmr_summary.aspx. Acesso em: 6 ago. 2024.

INTERNATIONAL SOCIAL AND ENVIRONMENTAL ACCREDITATION AND LABELLING. **Setting social and environmental standards: ISEAL code of good practice: versão 6.0**. Londres: ISEAL Alliance, 2014. Disponível em: https://www.isealliance.org/sites/default/files/resource/2017-11/ISEAL_Standard_Setting_Code_v6_Dec_2014.pdf. Acesso em: 28 maio 2024.

MENDES, I. de C.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F. B. dos; SOUSA, D. M. G. de; SILVA, O. D. D. da; OLIVEIRA, M. I.; MALAQUIAS, J. V. **Tecnologia BioAS: uma maneira simples e eficiente de avaliar a saúde do solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 50 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 369). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1133109/1/Tecnologia-Bioas-Documentos-369.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; OLIVEIRA, I. R. de; VIANA, P. A. Manejo de pragas no milho de segunda safra: com ou sem a utilização de milho Bt. **Revista Plantio Direto**, v. 29, n. 168, p. 4-8, 2019. DOI: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1109425/1/Manejoprugas.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

MOSIER, A. R.; HALVORSON, A. D.; REULE, C. A.; LIU, X. J. Net global warming potential and greenhouse gas intensity in irrigated cropping systems in northeastern Colorado. **Journal of Environmental Quality**, v. 35, n. 4, p. 1584-1598, 2006. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0232>.

NEPOMUCENO, A. L.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; RUFINO, C. F. G.; DEBIASI, H.; NOGUEIRA, M. A.; FRANCHINI, J. C.; ALVES, F. V.; MONTEIRO, R. A. C.; ALMEIDA, R. G. de; BUNGENSTAB, D. J.; AGNOL, V. F. D. **Programa SBC - Soja Baixo Carbono: um novo conceito de soja sustentável**. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2023. 11 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 100). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1152813/1/COMUNICADO-TEC-100-online.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

NOBRE, M. M.; OLIVEIRA, I. R. **Agricultura de Baixo**

Carbono: tecnologias e estratégias de implantação. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 194 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1101744/1/LivroAgriculturabaixocarbono.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

OLIVEIRA, A. C.; MARRIEL, I. E.; RESENDE, A. V.; COELHO, E. A. **Análise não paramétrica aplicada em componente principal como uma alternativa à análise de variância multivariada:** estudo da qualidade biológica do solo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2023. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 258). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1159435/1/Analise-nao-parametrica-aplicada-em-componente-principal.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; BINI, D.; SOUSA, S. M.; RIBEIRO, V. P.; SANTOS, F. C.; LANA, U. G. P.; SOUZA, F. F.; GOMES, E. A.; MARRIEL, I. E. Inoculation with *Bacillus megaterium* CNPMS B119 and *Bacillus subtilis* CNPMS B2084 improve P-acquisition and maize yield in Brazil. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, 1426166, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1426166>.

RESENDE, A. V.; GIEHL, J.; SIMÃO, E. P.; ABREU, S. C.; FERREIRA, A. C. B.; BORIN, A. L. D. C.; MARRIEL, I. E.; MELO, I. G.; MARQUES, L. S.; GONTIJO NETO, M. M. **Créditos de nutrientes e matéria orgânica no solo pela inserção do capim-braquiária em sistemas de culturas anuais.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 277). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1135669/1/CIRC-TEC-277-Creditos-nutrientes-materia-organica-solo-capim-braquiaria.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2025.

SHEN, Y.; SUI, P.; HUANG, J.; WANG, D.; WHALEN, J. K.; CHEN, Y. Global warming potential from maize and maize-soybean as affected by nitrogen fertilizer and cropping practices in the North China Plain. **Field Crops Research**, v. 225, p.117-127, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.06.007>.

SILVA, A. F.; BATISTA, A. C.; SILVA, R. S. **Dispersão de plantas daninhas resistentes a glifosato no Brasil:** recomendações de manejo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2023a. 9 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 259). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1158894/1/Dispersao-de-plantas-daninhas-resistentes-a-glifosato-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2025.

SILVA, A. F.; PADRÃO, V. A.; CONCENÇO, G.; GONTIJO NETO, M. M. **Efeitos da rotação de culturas na dinâmica de plantas daninhas:** um estudo em sistemas agrícolas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2023b. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo.

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 254). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1159227/1/Efeitos-da-rotacao-de-culturas-na-dinamica-de-plantas-daninhas.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2025.

SIMEÃO, R. M.; BORGHI, E.; FERNANDES, C. D.; GONTIJO NETO, M. M.; SILVA, D. D.; ANDRADE, C. L. T. **Forrageiras para rotação de culturas na produção do milho em sistema Integração Lavoura-Pecuária na região Central de Minas Gerais.** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2022. 22 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 164). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1148126/1/Forrageiras-rotacao-culturas-2022.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

TELHADO, S. F. P.; CAPDEVILLE, G. de (ed.). **Tecnologias poupa-terra.** Brasília, DF: Embrapa, 2021. 162 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1131517/1/Tecnologias-poupa-terra-2021.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2025.

VALICENTE, F. H. **Posicionamento e tecnologia de aplicação de inseticidas biológicos.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 248). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1127880/1/COT-248.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2025.

ZHANG, W.; LU, J.; BAI, J.; KHAN, A.; LIUN, S.; ZHAO, L.; WANG, W.; ZHU, S.; LI, X.; TIAN, X.; LI, S.; XIONG, G. Introduction of soybean into maize field reduces N₂O emission intensity via optimizing nitrogen source utilization. **Journal of Cleaner Production**, v. 442, 141052, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141052>.

