

Diretrizes Técnicas para Produção de Carne
com Baixa Emissão de Carbono Certificada em
Pastagens Tropicais: Carne Baixo Carbono (CBC)



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Corte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 280

Diretrizes Técnicas para Produção de Carne com Baixa Emissão de Carbono Certificada em Pastagens Tropicais: Carne Baixo Carbono (CBC)

*Roberto Giolo de Almeida
Fabiana Villa Alves
Editores Técnicos*

Embrapa Gado de Corte
Campo Grande, MS
2020

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Corte
Av. Rádio Maia, 830, Zona Rural, Campo Grande, MS,
79106-550, Campo Grande, MS
Fone: (67) 3368 2000
Fax: (67) 3368 2150
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Gado de Corte

Presidente
Lucimara Chiari

Secretário-Executivo
Rodrigo Carvalho Alva

Membros
Alexandre Romeiro de Araújo, Davi José
Bungenstab, Fabiane Siqueira, Gilberto
Romeiro de Oliveira Menezes, Marcelo Castro
Pereira, Mariane de Mendonça Vilela, Marta
Pereira da Silva, Mateus Figueiredo Santos,
Vanessa Felipe de Souza

Supervisão editorial
Rodrigo Carvalho Alva

Revisão de texto
Rodrigo Carvalho Alva

Tratamento das ilustrações
Rodrigo Carvalho Alva

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Rodrigo Carvalho Alva

Foto da capa
Logomarca - Luiz Antônio Dias Leal

1ª edição
Publicação digitalizada (2020)

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)

Embrapa Gado de Corte

Almeida, Roberto Giolo de.

Diretrizes técnicas para produção de carne com baixa emissão de carbono certificada em pastagens tropicais : carne baixo carbono (CBC) / Roberto Giolo de Almeida, Fabiana Villa Alves, editores técnicos. - Campo Grande, MS : Embrapa Gado de Corte, 2020. PDF (36 p.). - (Documentos / Embrapa Gado de Corte, ISSN 1983-974X : 280).

1. Carbono. 2. Certificação de produto. 3. Efeito estufa. 4. Gado de corte. 5. Impacto ambiental. 6. Metano. I. Alves, Fabiana Villa. II. Título. III. Série.

CDD 636.213 (23. ed.)

Maria de Fátima da Cunha (CRB – 1/2616)

© Embrapa, 2020

Editores técnicos

Roberto Giolo de Almeida

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Fabiana Villa Alves

Zootecnista, doutora em Ciência Animal e Pastagens, pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Autores

Ademir Hugo Zimmer

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Alexandre Berndt

Biólogo e Engenheiro-Agrônomo, doutor em Ecologia Aplicada, pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Davi José Bungenstab

Médico-Veterinário, doutor em Agricultura, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Eduardo Delgado Assad

Engenheiro-Agrícola, doutor em Hidrologia e Matemática, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Fabiana Villa Alves

Zootecnista, doutora em Ciência Animal e Pastagens, pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Gelson Luís Dias Feijó

Médico-Veterinário, doutor em Melhoramento Animal e Genética, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Manuel Claudio Motta Macedo

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Márcia Cristina Teixeira da Silveira

Zootecnista, doutora em Zootecnia, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS

Michely Tomazi

Engenheira-Agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS

Miguel Marques Gontijo Neto

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

Roberto Giolo de Almeida

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Rodrigo da Costa Gomes

Zootecnista, doutor em Qualidade e Produtividade Animal, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Sérgio Raposo de Medeiros

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Thaís Basso Amaral

Médica-Veterinária, doutora em Ciências Geográficas, pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Valdemir Antônio Laura

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Revisores técnicos

Davi José Bungenstab

Médico-Veterinário, doutor em Agricultura, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Eduardo Delgado Assad

Engenheiro-Agrícola, doutor em Hidrologia e Matemática, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Fernando Rodrigues Teixeira Dias

Engenheiro-Eletrônico, mestre em Administração, pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS

Lourival Vilela

Engenheiro-Agrônomo, mestre em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Luis Gustavo Barioni

Engenheiro-Agrícola, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

Luiz Adriano Maia Cordeiro

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Manuel Claudio Motta Macedo

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Patricia Menezes Santos

Engenheira-Agrônoma, doutora em Ciência Animal e Pastagens, pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP

Robélio Leandro Marchão

Engenheiro-Agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Rodrigo da Costa Gomes

Zootecnista, doutor em Qualidade e Produtividade Animal, pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS

Sumário

Apresentação	9
Introdução.....	13
Componente Solo.....	16
Componente forrageiro.....	25
Componente animal	28
Referências	31

Apresentação

Este manual fornece subsídios e orientação ao público em geral, no que se refere ao conjunto de diretrizes que deverão ser seguidas e observadas por todos aqueles que visam a produção de carne com baixa emissão de carbono certificada (CBC).

Foi produzido a partir do levantamento, análise, discussão e compilação de dados científicos disponíveis na literatura, e inclui procedimentos fundamentais para a contabilização de carbono no solo, recuperação e manejo sustentável das pastagens, sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e emissão de metano pelos animais, bem como, disposições gerais sobre aspectos relacionados à redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) na área produtiva.

É resultado do esforço de equipe técnica multidisciplinar de 16 unidades da Embrapa reunida no “Workshop para definição de diretrizes da marca-conceito Carne Baixo Carbono (CBC)”, realizado em Brasília-DF, em 2018, sob coordenação da Embrapa Gado de Corte (Quadro 1).

O objetivo deste documento é contribuir para a uniformização do conhecimento sobre a produção de Carne Baixo Carbono (CBC) e servir de base para seu protocolo de certificação. Também, orientar o trabalho de gestores, técnicos, profissionais e certificadoras nas diferentes questões que permeiam a produção pecuária dentro da ótica de baixa emissão de GEEs.

Quadro 1. Participantes do “Workshop: diretrizes da marca-conceito Carne Baixo Carbono (CBC)” e suas respectivas unidades da Embrapa.

Participante	Unidade
Ademir Hugo Zimmer	Embrapa Gado de Corte
Alberto Carlos de Campos Bernardi	Embrapa Pecuária Sudeste
Alexandre Romeiro de Araújo	Embrapa Gado de Corte
Armindo Neivo Kichel (in memoriam)	Embrapa Gado de Corte
Balbino Antônio Evangelista	Embrapa Cerrados
Cleber Oliveira Soares	Embrapa Sede, Diretoria Executiva
Davi José Bungenstab	Embrapa Gado de Corte
Domingos Savio Campos Paciullo	Embrapa Gado de Leite
Eduardo Delgado Assad	Embrapa Informática Agropecuária
Fernando R. T. Dias	Embrapa Pantanal
Gelson Luis Dias Feijó	Embrapa Gado de Corte
Giampaolo Queiroz Pellegrino	Embrapa Informática Agropecuária
Giovana Alcantara Maciel	Embrapa Cerrados
Lourival Vilela	Embrapa Cerrados
Lucimara Chiari	Embrapa Gado de Corte
Luís Gustavo Barioni	Embrapa Informática Agropecuária
Luiz Adriano Maia Cordeiro	Embrapa Cerrados
Luiz Carlos Balbino	Embrapa Cerrados
Manuel Claudio Motta Macedo	Embrapa Gado de Corte
Marília Folegatti	Embrapa Meio Ambiente
Marta Pereira da Silva	Embrapa Gado de Corte
Maurel Behling	Embrapa Agrossilvipastoril
Michely Tomazi	Embrapa Agropecuária Oeste
Miguel Gontijo Neto	Embrapa Milho e Sorgo
Moacyr B. Dias-Filho	Embrapa Amazônia Oriental
Naylor Bastiani Perez	Embrapa Pecuária Sul
Rafael Vivian	Embrapa Sede - SIN
Robélio Leandro Marchão	Embrapa Cerrados
Robert Michael Boddey	Embrapa Agrobiologia
Roberto Giolo de Almeida	Embrapa Gado de Corte
Rodrigo da Costa Gomes	Embrapa Gado de Corte

Ronney Robson Mamede	Embrapa Gado de Corte
Salete Alves de Moraes	Embrapa Semiárido
Sérgio Raposo de Medeiros	Embrapa Gado de Corte
Thais Basso Amaral	Embrapa Gado de Corte
Thiago Nery da Cunha Coppola	Embrapa Pantanal
Valdemir Antônio Laura	Embrapa Gado de Corte
Vanderley Porfírio da Silva	Embrapa Florestas

Introdução

Pastagens tropicais bem manejadas apresentam um grande potencial para produção pecuária com mitigação da emissão de gases de efeito estufa (GEEs), por meio do acúmulo de carbono no solo. No Brasil, a produção de carne é fortemente embasada em pastagens (*grass-fed beef*), porém, em grande parte, em sistemas extensivos com baixa produtividade e pastagens degradadas. Isto representa, por um lado, um grande desafio para o País, embora também seja uma oportunidade para a readequação e otimização das áreas produtivas com vistas à geração de aumento de renda e de menor impacto ambiental, tanto relacionado à mitigação das emissões de GEEs, quanto à diminuição do desmatamento ilegal.

A partir do início da década de 2010, o Brasil se comprometeu a reduzir, nos 10 anos subsequentes, suas emissões de GEEs por meio de um ambicioso programa nacional, o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)¹ (BRASIL, 2012), que priorizou, no âmbito da pecuária, o estímulo à adoção de tecnologias como a recuperação de pastagens degradadas em uma área de 15 M ha, e, como os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) em uma área de 4 M ha (ALMEIDA et al., 2012).

Posteriormente, em 2015, o País apresentou intenções de ampliar suas metas no Acordo de Paris pois já contava com uma área de cerca de 11,5 M ha com sistemas de integração implantados, em metade do tempo previamente previsto (REDE..., 2016). Deste total, 1,84 M ha, ou cerca de 2% da área de pastagens cultivadas do Brasil, correspondia à área utilizada com sistemas de integração com a presença do componente florestal², com potencial imediato para produção da Carne Carbono Neutro (CCN) (ALVES et al., 2015; ALMEIDA et al., 2016). Entretanto, o restante das áreas de pastagens, que não contemplavam o componente florestal, mas cuja intensificação por meio de práticas adequadas de manejo do pastejo, fertilização, consórcio com leguminosas, ILP, apresentavam um potencial de uso e de mitigação das

¹ Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura.

² Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), ou sistema agrossilvipastoril, e, Integração Pecuária-Floresta (IPF), ou sistema silvipastoril.

emissões de GEEs, em termos de área, muito maior (BARIONI et al., 2007; BODDEY et al., 2012; ALMEIDA et al., 2013; MEDEIROS et al., 2017).

Surge, assim, a oportunidade para o desenvolvimento de uma nova marca-conceito, a “Carne Baixo Carbono (CBC)”, ou “*Low Carbon Brazilian Beef (LCBB)*” (Figura 1), concebida e elaborada pela Embrapa, cujo objetivo é a valorização de sistemas de produção pecuários sustentáveis capazes de mitigar o metano emitido pelo rebanho durante o processo produtivo, em pastagens tropicais bem manejadas. Em linhas gerais, propõem-se à utilização em carnes provenientes de animais cujas respectivas emissões de metano foram mitigadas, durante o processo de produção, pelo aumento do estoque de carbono no solo, por meio da adoção de recuperação e manejo sustentável das pastagens e/ou sistemas de ILP, e cujo processo produtivo é reconhecido, certificável e auditável. Seu pedido de registro já está protocolado no INPI, com versões para uso em português e inglês.



Figura 1. Selo da marca-conceito “Carne Baixo Carbono (CBC)”, em português (A) e em inglês (B).

Seus elementos distintivos são constituídos por uma seta circular, que simboliza a reciclagem do carbono, com alusão à letra “C”, em sua parte superior na cor verde, representando a mitigação das emissões de GEEs dos sistemas de produção de carne, por meio do sequestro e fixação de carbono no solo, proporcionado pelo componente forrageiro recuperado ou com alta produção (representado ao centro, de forma estilizada, por uma pastagem com

sistema radicular abundante). Em sua parte inferior, a seta é representada na cor preta, simbolizando as emissões de GEEs do sistema (representadas, de forma estilizada, pelo cupim de um bovino zebuíno).

Por se enquadrar em mecanismos de mitigação voluntária de GEEs do tipo NAMAs (ações de mitigação nacionalmente apropriadas), e mais recentemente, como NDCs (contribuição nacionalmente determinada), a exemplo da marca-conceito CCN, e cujos princípios envolvem estrutura de mensuração, relato e verificação (MRV), a CBC possui diretrizes orientadoras formuladas a partir de condicionantes científicos, cujos princípios estão descritos neste documento técnico. Em linhas gerais, deve-se atender aos seguintes aspectos, quanto a (o):

- (1) **Compromisso de adoção de projeto de intensificação sustentável da pecuária:** com base no Plano ABC e nos documentos orientadores da Embrapa e de outras instituições públicas vinculadas ao Governo Federal, para intensificação de pastagens e escolha do sistema de produção a ser utilizado. O sistema deve necessariamente partir de uma condição de produção extensiva com base em pastagens estabelecidas com forrageiras herbáceas (*baseline*);
- (2) **Cálculo da emissão de carbono:** com base nos índices zootécnicos da propriedade, considerando a emissão de metano por animal indicada no IPCC³ (2006) ou na Rede Pecus (MEDEIROS et al., 2014), e de insumos utilizados, por meio de aplicativos específicos;
- (3) **Cálculo do carbono fixado:** a partir do cálculo do estoque de carbono do solo, considerando-se as camadas de 0-20 e 20-40 cm, e levando-se em conta a densidade do solo. As avaliações para complementar a certificação devem ser feitas no início da proposta do projeto e a cada dois anos, para estimativas da evolução do estoque de carbono no solo; e,
- (4) **Cálculo da mitigação das emissões de GEEs:** a partir da avaliação técnica da emissão de carbono (2) e do cálculo do estoque de carbono do solo (3) no projeto de intensificação de pastagens.

³ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): organização científico-política criada em 1988 no âmbito das Organização das Nações Unidas (ONU) pela iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e da Organização Meteorológica Mundial.

Tais diretrizes serão complementadas por documentos adicionais, a serem publicados separadamente, e que visam a composição de um protocolo de certificação específico para a marca. Caberá à Embrapa ou parceiros legalmente autorizados a concessão de uso do selo “Carne Baixo Carbono (CBC)” em produtos cárneos e seus derivados provenientes só e exclusivamente de processo produtivo certificado por terceiros autorizados.

Componente Solo

Considerou-se nesta etapa do trabalho e para efeitos neste documento o referencial para o carbono do solo, de dados e diretrizes apenas para a Região do Cerrado e áreas de abrangência do respectivo Bioma.

O desafio da mitigação dos GEEs é objeto de preocupação da Organização das Nações Unidas (ONU) e seus órgãos colegiados, e tema mundial de discussão e propostas de alternativas para minimizar as emissões da agricultura, principalmente, as relacionadas à produção pecuária.

Pastagens manejadas de forma adequada constituem importante alternativa de proteção do solo por meio da cobertura vegetal, evitando a erosão, facilitando a infiltração e o armazenamento de água no solo. Destacam-se também pela capacidade de sequestrar o carbono atmosférico (CO₂) e estocá-lo no solo por meio da produção e decomposição das raízes, até profundidades superiores a dois metros (SALTON & TOMAZI, 2014; EMBRAPA, 2018a). Pesquisas recentes da Embrapa (SANT-ANNA et al., 2017; SATO et al., 2017; SATO et al., 2019) resultaram em avanços na compreensão de como se dá o acúmulo de frações de MOS estáveis nos solos sob pastagens na rotação com lavoura (ILP) e as possíveis relações com as emissões de GEEs. Constatou-se que essas pastagens emitem menos óxido nitroso (N₂O), um importante gás de efeito estufa, quando comparados a lavouras com preparo de solo ou pastagens de baixa produtividade. Entre as explicações está o fato de que o uso de gramíneas forrageiras, que aportam matéria orgânica e aprofundam raízes no perfil do solo, influencia esse processo. Essas pastagens mais produtivas depositam matéria orgânica de mais difícil decomposição e proporcionam solos com maior agregação. Com mais carbono e nitrogênio acumulados nessas partículas, a matéria orgânica é protegida da decomposição feita pela microbiota que habita o solo.

O IPCC tem promovido várias convenções e produzido relatórios por meio de grupos de trabalho, além de apresentado recomendações para minimizar as emissões dos GEEs em todos os setores, incluindo a agricultura. Uma das recomendações do Acordo de Paris de 2015 sugere um plano voluntário dos países para o sequestro de carbono (C) no solo denominado “4 por mil”, que consiste no sequestro anual de taxas de 0,4% de C, até a profundidade de 40 cm no solo (LAL et al., 2018). De acordo com esses autores, o ambiente antropizado terrestre (solo + vegetação) teria perdido ao longo dos anos cerca de 456 Pg de C (1 Petagrama, Pg = 10^{15} g), sendo que os solos teriam diminuído entre 130 a 135 Pg de C. A proposta posiciona as pastagens do mundo, estimadas em área de 3.323 M ha, como um contribuinte potencial e desafiador para acréscimos anuais de 0,29 a 0,80 Pg de C, o que além de repor quantias consideráveis de C, ajudaria a mitigar elevadas quantias de GEEs.

Estudos têm demonstrado diferentes taxas de acúmulo anual de C no solo até 1 m de profundidade pelas pastagens, dependendo da classe e da textura do solo, uso e manejo, e do tempo de estabilização, variando de 0,1 a 1,7 Mg/ha/ano (SÁ et al., 2017; LORENZ & LAL, 2018).

Em trabalho sobre estoques de carbono nos solos do Brasil, até a profundidade de 30 cm, Cidin (2016) avaliou resultados do banco de dados de amostras de solos da Embrapa, e observou que os estoques variaram de acordo com o uso e manejo, entre 48,6 e 59,9 Mg/ha, assim como, nas diferentes classes de solos, com 30,8; 46,7 e 53,2 Mg/ha nos Neossolos, Argissolos e Latossolos, respectivamente. As pastagens e os sistemas de cultivos anuais em Sistema Plantio Direto (SPD) apresentaram, em média, estoques de 49,5 e 59,9 Mg/ha de C, respectivamente, incluídas as pastagens degradadas. Fidalgo et al. (2007) estimaram o estoque total de carbono nos solos do Brasil em 36,60 Pg de C na camada de 0 a 30 cm de profundidade, em diferentes classes de solos e biomas (11,21 Pg nos Latossolos, 7,68 Pg nos Argissolos, 5,02 Pg nos Neossolos e 13,69 Pg de C em outras classes de solo). Em experimentos de longa duração, com 15 a 20 anos de execução, conduzidos em Latossolos com diferentes texturas, foram relatados sequestros anuais médios de C até 100 cm de profundidade, entre 0,15 a 0,75 Mg/ha/ano, dependendo do uso e manejo do solo (MACEDO et al., 2012; SANT’ANNA et al., 2017).

Dada a multiplicidade e variabilidade de solos brasileiros, decidiu-se pelo não estabelecimento de critérios para análise e interpretação dos resultados de

teores e/ou de estoques de C no solo, para uso no CBC, em relação a um sistema de produção ou a um manejo cultural ou de pastagem específico, mas sim pelo referencial de faixas pré-estabelecidas de teores de carbono no solo. Os teores de C no solo, ponto focal e principal, e os respectivos estoques, indicados para efeitos complementares ao melhor entendimento do protocolo, são classificados em tabelas de dupla entrada em faixas consideradas: baixas, médias, adequadas e altas, para cada classe textural do solo (EMBRAPA, 2018b).

Os valores de referência para o bioma Cerrado foram adaptados de Sousa & Lobato (2004) e constam na Tabela 1. Nesta, os valores estão expressos em porcentagem de matéria orgânica do solo (MOS), e para transformação em carbono (C) deve-se dividir os respectivos valores pelo fator 1,724 ($C = MOS / 1,724$) (EMBRAPA, 2018b).

Tabela 1. Interpretação de análise de solo para teores de carbono, em porcentagem de matéria orgânica do solo (MOS), na camada de 0 a 20 cm de profundidade em função da classe textural, na região do Cerrado.

Textura ²	Teor de carbono no solo (%) ¹			
	Baixo	Médio	Adequado	Alto
Arenosa	< 0,46	0,46 a 0,58	0,59 a 0,87	> 0,87
Média	< 0,92	0,92 a 1,16	1,17 a 1,74	> 1,74
Argilosa	< 1,39	1,39 a 1,74	1,75 a 2,61	> 2,61
Muito argilosa	< 1,62	1,62 a 2,03	2,04 a 3,02	> 3,02

¹ Obtido após transformação da porcentagem de matéria orgânica do solo (MOS).

² Classificação textural de acordo com Embrapa (2018b): Arenosa: <15% de argila; Média: 16 a 35% de argila; Argilosa: 36 a 60% de argila; e Muito Argilosa: >60% de argila.

Fonte: Adaptado de Sousa e Lobato (2004).

O carbono do solo, contido na MOS, é uma importante fração do estoque de carbono da cadeia solo-planta-animal. A MOS é extremamente importante para a manutenção de algumas características químicas da fertilidade do solo nas condições tropicais, principalmente, a capacidade de troca de cátions (CTC). Assim, o monitoramento no tempo, da fertilidade do solo, assim como dos teores de MOS, são requisitos indispensáveis para avaliar a efetividade dos sistemas que pretendem produzir carne com baixa emissão de carbono (CBC). Neste caso, para interpretação da fertilidade do solo, por meio da análise química do solo, utilizar-se-á resultados obtidos na camada

de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, como referência para as recomendações de corretivos e fertilizantes. A textura do solo também será utilizada para complementar a interpretação. (EMBRAPA, 2018b). Os cálculos subsequentes, para estimar o estoque de carbono do solo, levam em consideração, além dos teores (calculados em g/kg, % ou g/dm³), a densidade do solo (g/cm³), para posterior estimativa em kg/m³, kg/m² ou, preferencialmente, em Mg/ha. Embora a profundidade de referência normalmente utilizada para estudos de fertilidade do solo seja de 0 a 20 cm (SOUSA & LOBATO, 2004), as ações antrópicas e o fluxo de C no solo podem atingir camadas mais profundas. O IPCC (2001) adota como camada de referência a de 0 a 30 cm e, quando possível, a camada de 0 a 100 cm de profundidade. Para efeitos práticos, considerando-se que os produtores brasileiros já utilizam as camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm para interpretação das análises de solos, visando correção e adubação dos mesmos, estabeleceu-se as mesmas profundidades para o acompanhamento da evolução dos teores de C e das estimativas dos respectivos estoques, como diretriz para o protocolo de certificação da marca-conceito CBC. Assim, a avaliação do estoque até profundidades de 30 ou 100 cm, para fins comparativos, será facultativa.

As variáveis a serem analisadas nas amostras de solos, além do teor de C, são aquelas relacionadas à avaliação de rotina da fertilidade do solo (macronutrientes, micronutrientes e demais parâmetros). A amostragem deverá ser efetuada ao final da estação chuvosa, tal qual se recomenda para a implantação e acompanhamento da produção das culturas de grãos e das pastagens.

A análise textural, com as porcentagens de argila, areia e silte, na fase inicial, é indispensável para permitir a avaliação dos estoques de carbono. A densidade do solo (DS), quando não determinada de forma direta por amostragem com anéis volumétricos, poderá ser estimada de forma indireta por equações de pedotransferência, como as propostas por Fidalgo et al. (2007) ou Cidin (2016), que utilizam os teores de argila, areia, carbono, soma de bases trocáveis e pH em água (Equações 1 e 2, respectivamente):

$$(1) \quad DS = 1,56 - (0,0005 \times \text{Argila}) - (0,01 \times \text{Carbono}) + (0,0075 \times \text{Soma de Bases})$$

$$(2) \quad DS = 1,112 + (0,0002913 \times \text{Areia}) - (0,007817 \times \text{Carbono}) - (0,0002217 \times \text{Argila}) + (0,06125 \times \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}})$$

Esta última (equação 2) comprovou que os resultados dos estoques totais de carbono no solo calculados pela equação proposta não afetaram significativamente os cálculos quando comparados aos realizados com a densidade aparente medida *in loco*. No entanto, medidas diretas da densidade do solo, por meio de amostras indeformadas coletadas em anéis de volume conhecido são desejáveis, mas não obrigatórias.

Na Tabela 2 (adaptada a partir da Tabela 1) são apresentados os estoques estimados de C total, tomando-se como base a densidade média do solo na camada de 0 a 20 cm, para cada faixa de textura, classificando os estoques em diferentes categorias de grandeza, conforme dados levantados e calculados com base na literatura científica disponível (valores sugeridos no rodapé da Tabela 2).

Estudos da distribuição dos teores e estoques de C no solo de acordo com os biomas brasileiros, texturas, relação com a CTC, uso e manejo do solo, e a diferentes profundidades, são raros. Trabalhos como os de Assad et al. (2013) e Cidin (2016), que estudaram perfis de solo na camada de 0 a 30 cm de profundidade, demonstraram que a distribuição de maior ocorrência dos estoques de C está próxima a dos níveis médios da Tabela 2, se corrigidos proporcionalmente para a camada de 0 a 20 cm de profundidade. Com o decorrer da evolução da adoção da marca-conceito CBC, e a apropriação pela Embrapa do banco de dados de teores e estoques de C no solo pelos usuários, será possível validar essa distribuição e realizar possíveis ajustes que se fizerem necessários.

Tabela 2. Interpretação de análise de solo para estoques de carbono (Mg/ha) na camada de 0 a 20 cm de profundidade em função da classe textural, na região do Cerrado.

Textura ¹	Estoque de carbono no solo (Mg/ha)			
	Baixo	Médio	Adequado	Alto
Arenosa	< 14	14 a 17	18 a 26	> 26
Média	< 24	24 a 30	31 a 45	> 45
Argilosa	< 33	33 a 42	43 a 63	> 63
Muito Argilosa	< 36	37 a 45	46 a 66	> 66

¹ Considerando densidades médias para as classes texturais de Arenosa para Muito Argilosa, como: 1,5; 1,3; 1,2 e 1,1 g/dm³, respectivamente.

Fonte: Adaptado de Sousa e Lobato (2004).

As áreas a serem inscritas e trabalhadas com objetivo de obtenção do selo da marca-conceito CBC devem ser aquelas consolidadas em relação ao uso e manejo do solo. Os critérios de interpretação dos teores de C no solo e as técnicas recomendadas de conservação do solo, com relação ao controle da erosão, posicionamento de terraços, estradas, etc., também deverão estar de acordo com as boas práticas de manejo e conservação do solo, apresentadas nas normas técnicas da pesquisa e da extensão rural, pois são indispensáveis como pré-requisitos para a aceitação pela certificação CBC. Não serão permitidas, e não será considerada, a inclusão de áreas recém-desmatadas ou a serem desmatadas para fins de uso agropecuária, ou seja, somente serão aceitas áreas já antropizadas. O cumprimento do Código Florestal e a execução de outras leis correlatas também deverão ser observadas para obtenção do selo da marca-conceito CBC.

As camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade são as recomendadas como as obrigatórias na fase inicial e na fase de acompanhamento, com relação à avaliação dos teores de C no solo. A utilização de camadas estratificadas, por exemplo, de 10 em 10 cm até 100 cm de profundidade são alternativas, facultativas e adicionais, por sua vez, muito bem-vindas para aperfeiçoar o acompanhamento, caso seja do interesse do proponente, porém, não são obrigatórias.

A periodicidade das amostragens de solos para avaliação dos teores de C proposta é de, no mínimo, a cada dois anos, enquanto perdurar a permanência no programa, como forma de garantir a visualização da dinâmica da evolução dos teores de C no solo. Espera-se que as alterações estejam consolidadas dentro da faixa adequada ou alta, apresentada na Tabela 1, até o sexto ano, em solos mais resilientes, como os muito argilosos, pelo menos em seu limite inferior.

A coleta deverá ser realizada sempre ao final do período chuvoso quando o perfil do solo estiver mais uniforme, após ter passado por um ciclo completo de molhamento por precipitação pluvial.

A amostragem deverá ser sistematizada e representativa em relação ao tamanho da área e suas nuances locais de topografia e de classe textural. Não deve ser ao acaso, como de praxe, em ziguezague, mas de forma georreferenciada, para que a sequência das amostragens siga as áreas pré-estabe-

lecionadas na amostragem inicial. O número mínimo de amostras simples para compor uma amostra composta representativa da área não deve ser inferior a 20 amostras por área.

Áreas de referência, como vegetação natural, pastagens degradadas, em degradação, ou bem manejadas, a critério da certificadora, quando da amostragem de solo, em adição a área a ser trabalhada, são recomendadas a fim de aperfeiçoar a análise comparativa do histórico da propriedade e avaliação das áreas inscritas na futura certificação CBC.

Quando a ação antrópica for muito acentuada e a propriedade não possuir vegetação nativa representativa do bioma, mas respaldada pelas leis ambientais vigentes, com compensações em outras áreas, pode-se utilizar outra área existente nas proximidades da região que ofereça representatividade comparável em tipo de solo, clima e vegetação para a devida amostragem.

A determinação da densidade do solo, quando for possível de ser realizada *in loco*, como a forma preferencial da marca CBC, deve ser feita obrigatoriamente pela utilização de amostras indeformadas retiradas com anéis volumétricos, em pelo menos cinco pontos por área representativa, nas respectivas profundidades estabelecidas por estas diretrizes.

Nas diretrizes da marca-conceito CBC, não será considerada como exigência uma taxa anual específica de acúmulo de C no solo. As taxas observadas na literatura podem variar inicialmente, logo após recuperação de pastagens degradadas de forma direta ou indireta (com adoção da ILP), por exemplo, entre 0,7 a 1,5 Mg/ha/ano até 100 cm de profundidade, dependendo da classe textural, do manejo cultural e da adubação, sobretudo a nitrogenada, mas tende a se estabilizar em faixas menores no decorrer do tempo (URQUIAGA et al., 2010).

O uso de adubos nitrogenados ou de leguminosas, segundo dados da literatura (URQUIAGA et al., 2010), permite a incorporação de estoques de C com maior rapidez, numa proporção estimada de 80 kg de N para cada tonelada de C estocada. No entanto, deve-se considerar que doses elevadas de N também proporcionam maiores emissões de óxido nitroso. Assim, o efeito da adubação nitrogenada e da taxa de lotação da pastagem devem ser computados no cálculo das emissões de GEEs do sistema (em CO₂ equivalente ou CO_{2eq}), sendo as emissões de GEEs relacionadas à carne produzida por área.

A pesquisa ainda não dispõe de dados suficientes para estabelecer ou estimar a dinâmica e o período de saturação ou estabilização do acúmulo de C no solo, pois essas características dependem do bioma, do uso e manejo do solo, e das características químicas e físicas de cada solo. Espera-se que a estabilização das taxas de acúmulo seja atingida mais rapidamente em solos arenosos e que seja mais prolongada para solos argilosos.

Entretanto, Assad et al. (2013) verificaram, em amostras de solo coletadas do Pampa até a Amazônia, que cerca de 50% do estoque de C poderia ser explicado pelo teor de areia do solo e pela temperatura média anual do local, por meio de uma equação desenvolvida pelos autores. Esse pressuposto merece ser melhor explorado e estudado. Espera-se que, com os dados obtidos ao longo do desenvolvimento do programa CBC, essas informações possam ser validadas e incorporadas nas futuras versões para aperfeiçoamento de cálculos e critérios. No entanto, as Tabelas 1 e 2, acima explanadas, já oferecem subsídios suficientes para classificar os teores e estoques de C no solo, e por meio das análises de solos bianuais, as mesmas poderão ser utilizadas como base de cálculo das taxas de acúmulo de C no tempo, dentro do escopo do programa CBC.

Cálculos aproximados de mitigação, por meio do estoque de C no solo, estimam que acúmulos anuais a taxas aproximadas de 0,5 Mg de C/ha até 100 cm de profundidade, podem mitigar cerca de 1 UA/ha/ano. Esses cálculos consideram emissões anuais de 1.500 a 1.800 kg de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ /animal, correspondentes ao metano entérico (IPCC, 2006) e às emissões das excretas (LESSA et al., 2014).

Os cálculos propostos para a certificação CBC serão realizados para profundidades de até 40 cm, o que engloba as exigências do IPCC, que estabelece avaliação da camada de 0 a 30 cm e, alternativamente, até 100 cm de profundidade. Como relatado, as profundidades propostas, de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, já estão consagradas nas recomendações de correção da acidez e da fertilidade do solo nos vários biomas brasileiros e podem ser facilmente incorporadas no futuro protocolo da marca-conceito CBC para efeito de cálculo de estoque, assim como possíveis correlações aos valores propostos pelo IPCC.

Pondera-se que o primeiro pressuposto, uma vez atingidas as faixas adequadas de C no solo, deve ser a manutenção dos teores e dos respectivos estoques de C nos níveis considerados adequados ou altos, sugeridos nas Tabelas 1 e 2, para cada tipo de solo. Os teores iniciais de C no solo, entretanto, apresentados pelo proponente, poderão eventualmente estar nas faixas consideradas baixas ou médias, mas espera-se que dada as intervenções de melhorias no manejo da fertilidade do solo e da pastagem, estas induzam a mudança para as faixas superiores recomendadas. A variação dos teores e do estoque de C no solo para mais ou para menos, entre anos, é esperada e compreensível, em função da ação do clima e de eventuais alterações no manejo da pastagem, mas deve estar sempre dentro das faixas recomendadas.

O segundo pressuposto diz respeito à relativização da emissão de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ por kg de carcaça, kg de carne desossada ou kg de peso vivo. Sugere-se a estratificação da mitigação em faixas que poderão variar da seguinte maneira: categoria C = até 25%, categoria B = de 26 a 75% e categoria A = acima de 75% de mitigação, para produção de CBC. Mitigação de 100% da emissão, ou neutralização ou compensação, seria contemplado pela certificação CCN (Carne Carbono Neutro) (ALVES et al., 2015).

Os valores de referência para emissão de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ serão relacionados com os componentes pastagem e animal, destas diretrizes, de acordo com os diferentes cenários de produção, seja com animais criados totalmente a pasto, suplementados ou terminados em confinamento limitado, tendo como base as emissões médias de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ por kg de carcaça ou kg de peso vivo ganho.

Entre os valores citados na literatura (CARDOSO, 2012), a associação de intensificação e recuperação das pastagens com sequestro de carbono pelo solo apresentou potencial de mitigação entre 14,91 e 83,92% das emissões de GEEs por unidade de produto. Esse mesmo autor sugere que, de acordo com diferentes cenários na produção brasileira de carne bovina, as médias de emissão de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ por kg de carcaça podem variar de 31,20 a 74,12 (kg/kg). Dados obtidos pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGV/CES, 2019) obtidos no ano de 2018, em 23 fazendas representativas de 5 estados brasileiros (SP, MS, MT, GO, MG) mostrou que a pegada de carbono pode variar de 27 a 99 kg de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ por kg de carne desossada, refletindo a grande variabilidade das práticas da pecuária no Brasil.

A redução nas emissões de GEEs por unidade de produto pelos animais em função da intensificação dos sistemas de produção é explicada pela redução da idade de abate, maior ganho de peso pelos animais no tempo, menor produção de metano em dietas com grãos e suplementos, maior taxa de lotação nas áreas de produção e conseqüente maior produtividade por área.

Os valores de emissão e de potencial de mitigação dos GEEs pela adoção dos princípios da marca-conceito CBC devem ter como meta valores inferiores ou similares àqueles observados na produção de bovinos em países tradicionalmente concorrentes ou compradores da produção nacional de carne bovina, a fim de que os parâmetros de avaliação aqui utilizados sejam factíveis, tanto do ponto de vista ambiental, como mercadológico.

Componente forrageiro

Para entrada no programa CBC, deverão ser atendidas as mesmas orientações indicadas nas diretrizes da marca-conceito CCN (Carne Carbono Neutro), seguindo-se a premissa de uma plataforma de marcas para mitigação/neutralização de GEEs com base em tecnologias melhoradoras. Isto inclui, também, a adequação da propriedade rural, em consonância com os requisitos econômicos, sociais e ambientais, com destaque para regularização ambiental e trabalhista, e utilização de práticas de conservação de solo e água quando necessárias.

Animais em recria e terminação deverão permanecer em pastagens manejadas e monitoradas de acordo com os preceitos e diretrizes pré-definidas neste documento.

As avaliações visuais do índice de cobertura deverão ser realizadas nos piquetes na véspera da entrada dos animais nos mesmos, tendo como base os seguintes índices:

- 1) Forrageiras cespitosas: $\geq 70\%$
- 2) Forrageiras decumbentes: $\geq 90\%$
- 3) Pastagem nativa: $\geq 90\%$

Estes índices serão observados durante a estação de crescimento das forrageiras (estação chuvosa), na área total, excluindo-se as áreas próximas aos cochos, bebedouros e malhadouro, sendo aceitos índices entre 10 a 15% menores durante a estação seca.

Como critério para manejo do pastejo, deverão ser observadas as alturas mínimas recomendadas para a espécie/cultivar utilizada durante todo o ano, no caso de pastagens perenes, ou temporariamente, no caso de pastagem em sucessão/rotação a culturas agrícolas em sistema ILP, ou utilizando forrageiras anuais, de inverno ou de verão, em sobressemeadura. No caso de uso de método de pastejo rotacionado ou alternado, considerar a altura mínima recomendada para a saída dos animais do piquete.

Orientações sobre alturas de manejo de espécies/cultivares forrageiras da Embrapa podem ser encontradas no aplicativo Pasto Certo (BARRIOS et al., 2019) e nas publicações sobre uso da régua de manejo para espécies/cultivares forrageiras tropicais (COSTA & QUEIROZ, 2017) e para a região Sul do Brasil (GENRO & SILVEIRA, 2018).

O monitoramento da altura da pastagem presume visitas frequentes aos piquetes (de acordo com o método de manejo, tipo de pastagem e nível de intensificação). Quando necessário, deve-se realizar o caminhamento que permita representar a heterogeneidade da pastagem, utilizando régua de manejo, régua graduada ou trena.

Para novas cultivares que ainda não possuam informações refinadas em termos de recomendações de manejo, recomenda-se a análise de semelhança com outras forrageiras da mesma espécie, de preferência, ou de acordo com o hábito de crescimento, porte, potencial de produção dentre outras características.

Tanto na formação quanto na manutenção das pastagens a serem utilizadas para produção de CBC, deverão ser atendidas as recomendações técnicas para adubação e correção, em função da forrageira e do nível de intensificação utilizado. Dentre os manuais com recomendações de correção e adubação para formação e manutenção das pastagens, tem-se: Boletim 100 do Instituto Agrônomo de Campinas (WERNER et al., 1996), Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais (CANTARUTTI et al., 1999); Cerrado:

correção do solo e adubação (VILELA et al., 2004); Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004); Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens (MARTHA JR. et al., 2007⁴); e Formação e manejo de pastagens (DIAS-FILHO, 2012).

Uma vez atendidos os níveis críticos dos nutrientes no solo, o nitrogênio (N) passa a ser o fator de maior impacto na produtividade da forrageira. Assim, nas recomendações de adubação para pastagens nas publicações acima indicadas, as doses de N para manutenção variam entre 40 e 300 kg/ha/ano em função do nível de intensificação do sistema, sendo que, em pastagens sob uso intensivo e irrigação, pode-se utilizar doses maiores. Entretanto, as emissões provenientes da adubação nitrogenada devem ser consideradas no balanço de emissões do sistema, sendo que doses muito elevadas podem inviabilizar a capacidade de mitigação de emissões do sistema.

Para garantir a maior fixação de CO₂ da atmosfera, via fotossíntese, e a perenidade da pastagem de gramíneas, são necessárias estratégias que garantam o aporte mínimo de N. Assim, em sistemas mais extensivos de produção a pasto ou em sistemas intensivos de ILP, onde as pastagens permanecerão por períodos definidos de tempo, a introdução de leguminosas consorciadas às gramíneas é uma prática extremamente desejável para produção de CBC. Primeiro, por aportar N ao sistema favorecendo a produção de biomassa e, conseqüentemente, o acúmulo de C e, principalmente, por contribuir positivamente para o balanço de GEEs do sistema de produção, uma vez que reduz a necessidade de utilização de fontes de N industrializadas que apresentam elevadas cargas de emissões em sua produção.

Algumas ações são impositivas nas áreas de pastagens para produção de CBC, como a adoção de práticas de conservação de solo e água que minimizem a erosão e preservem os nutrientes e o C no solo, sendo obrigatório o atendimento às seguintes demandas: ausência de erosão em sulco no solo das pastagens (verificação nos períodos de maior pluviosidade); e proibição do uso de fogo como prática de manejo da pastagem.

⁴ Disponível para download em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1113533>.

Componente animal

Animais de recria e terminação que atendam as diretrizes aqui elencadas terão sua carne reconhecida como CBC, cujo conjunto de áreas, manejo e instalações estão previstos nos requisitos aqui descritos.

Todos os animais destinados à certificação CBC devem receber identificação visualmente diferente dos demais animais do rebanho. Não serão aceitas, como forma de identificação individual, marcação a fogo ou marcação que implique mutilações (mossa).

Os animais que pretendem receber esta certificação devem entrar no sistema CBC até os 10 meses de idade e permanecerem no sistema até seu abate. A permanência de cada animal no sistema de produção identificado para a certificação CBC deve garantir que pelo menos 50% do peso vivo ao abate tenha sido obtido dentro deste sistema, a fim de garantir que o produto final (carne) tenha sido produzido, em sua maior parte do tempo, a pasto, sob a premissa de manutenção de estoques de carbono fixados no solo, foco desta certificação.

Animais com idade maior que 10 meses, da mesma propriedade ou de propriedade de terceiros, poderão ser considerados para entrada em um sistema de produção CBC, desde que: i) tenham sido mantidos anteriormente em outro sistema CBC ou Carne Carbono Neutro (CCN); ii) sua entrada no sistema CCN ou CBC anterior tenha ocorrido até os 10 meses de idade; e, iii) após sua entrada no sistema CBC ou CCN anterior, não tenham sido mantidos fora do sistema por mais de 30 dias.

Os animais deverão ser submetidos a um ou mais dos seguintes regimes alimentares:

- Pastejo com suplementação mineral;
- Pastejo com suplementação proteica, proteico-energética ou concentrada em até 8 g de suplemento por kg de peso vivo;
- Pastejo com semiconfinamento, em nível igual ou maior que 8 g de suplemento por kg de peso vivo, com limite de 120 dias de duração;
- Confinamento, sem acesso ao pasto, com fornecimento de ração total misturada, com limite de 120 dias de duração.

Os sistemas de confinamento e semiconfinamento somados não podem ser responsáveis pela produção de mais de 50% do peso vivo individual obtido no sistema. Para isso, deverão ser registrados os pesos vivos dos animais à entrada no sistema de produção para certificação CBC, à entrada no semiconfinamento e confinamento e ao embarque para abate.

Na utilização de semiconfinamento, este deverá ser necessariamente realizado em áreas dedicadas exclusivamente a animais identificados como CBC. Para o regime de confinamento, recomenda-se a observação de práticas que promovam o bem-estar animal, com disponibilização e dimensionamento adequado de sombra, bebedouros, cochos e área disponível por animal. Para qualquer regime alimentar adotado, desde que observados os limites e os preceitos da nutrição de ruminantes, recomenda-se a utilização de subprodutos ou resíduos na dieta, com intuito de reduzir o uso de alimentos que concorram com a alimentação humana. É permitido o uso de aditivos alimentares do tipo promotores de crescimento, desde que aprovados pela legislação brasileira.

Para a castração dos machos, deve-se dar preferência ao uso de vacina para imunocastração, em respeito aos preceitos de bem-estar animal.

Em relação ao manejo sanitário, os animais devem seguir a legislação vigente quanto a vacinas obrigatórias. Também recomenda-se seguir as orientações do Calendário de Manejos da Embrapa⁵, para o controle estratégico parasitário, com observâncias das carências obrigatórias.

Para fins de certificação CBC, serão aceitas carcaças de fêmeas e machos castrados que apresentem maturidade equivalente a 0 (dente de leite), 2 ou 4 dentes incisivos definitivos (idades aproximadas entre 18 e 30 meses) e acabamento com padrão escasso, mediano ou uniforme pelo Sistema Brasileiro de Tipificação de Carcaças Bovinas (no mínimo 3 mm de gordura de cobertura na área do lombo por ocasião do abate), conforme Tabela 3. Machos inteiros (i.e., não castrados) poderão ser certificados como CBC desde que, cumpridos todos os demais requisitos, sejam abatidos na faixa de maturidade “dente de leite” ou 2 dentes incisivos definitivos, e apresentem o acabamento abaixo descrito. Para este protocolo, todas as raças bovinas e seus cruzamentos são permitidos.

⁵ Descrito em <https://cloud.cnpgc.embrapa.br/cmrsz2017/calendario/>

Considerando que haverá rastreabilidade durante os procedimentos de abate, processamento das carcaças e produtos derivados, as carcaças obtidas que se enquadrem nos padrões descritos (“carcaças CBC”) devem ser identificadas com etiquetas ou carimbo visíveis nos cortes primários (traseiro, dianteiro e ponta de agulha), antes da saída da sala de abate. As carcaças CBC e suas partes devem, em todo momento, ser mantidas separadas de carcaças não CBC, inclusive nas câmaras frias, nos locais de esquartejamento e na sala de desossa. Todas as fases do processo de produção devem ser registradas, pela planta processadora, em relatório de consistência dos dias de abate e de desossa.

Tabela 3. Padrões para tipificação de carcaça animal de bovinos.

Categoria	Peso de carcaça (@)	Maturidade ¹	Acabamento ²
Machos castrados	>16	0, 2 e 4	2, 3 e 4
Machos inteiros	>16	0 e 2	2, 3 e 4
Fêmeas	>12	0, 2 e 4	2, 3 e 4

¹ Maturidade definida em função do número de dentes incisivos definitivos.

² Escala de 1 a 5, onde: 1 = ausente; 2 = escassa; 3 = moderada; 4 = uniforme; e 5 = excessiva.

Fonte: Muller (1980).

Para fins de contabilidade da emissão de GEEs pela certificação CBC, serão adotados fatores de emissão do relatório mais atualizado do IPCC para o Brasil (América Latina) ou, quando disponível, valor oficial suportado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) ou, em seu lugar, outro órgão reconhecido pelo governo brasileiro com o papel de definir fatores de emissão.

No âmbito da Rede PECUS, foi desenvolvida a primeira equação empírica de emissão entérica de metano a partir de dados brasileiros publicados entre 2003 e 2012 (n=50, MEDEIROS et al., 2014). Nesse conjunto, 60% dos dados eram de bovinos em pastagem e 80% dos animais da raça Nelore. A equação empírica PECUS, com seus coeficientes e erros-padrão (entre parênteses), é:

$$\text{CH}_4 \text{ (kg/d)} = -0,1011 (\pm 0,02903) + 0,02062 (\pm 0,002834) \times \text{IMS} + 0,001648 (\pm 0,000417) \times \text{FDN}$$

onde:

CH₄ = emissão de metano entérico,

IMS = ingestão de matéria seca (kg/dia),

FDN = fibra em detergente neutro da dieta (%).

Para o cálculo acima, pode-se levar em consideração modelos do NRC (2000) para estimativa de ingestão de matéria seca. Em simulação na qual a abordagem acima foi empregada (ALVES et al., 2015), foi possível observar valores entre 57 e 82 kg de CH₄/animal/ano, com média de 66 kg de CH₄/animal/ano, o que concorda com estudos feitos em sistemas integrados (GOMES et al., 2015). Há, portanto, uma convergência para valores entre 50-70 kg de CH₄/animal/ano, que podem ser adotados como base para estimativa de mitigação da emissão de metano na produção de carne em condições tropicais.

Referências

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Beef Report**: perfil da agropecuária no Brasil. São Paulo, SP: ABIEC, 2019. 49 p.

ALMEIDA, R. G.; BUNGENSTAB, D. J.; OLIVEIRA, P. P. A. Impacts of cattle ranching on greenhouse gas emissions and the Brazilian international commitments. In: WORKSHOP LABCOOP 2012, 2012. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 123-130. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 205).

ALMEIDA, R. G.; GOMES, R. C.; SILVA, V. P.; ALVES, F. V.; FEIJÓ, G.L.D.; FERREIRA, A. D.; OLIVEIRA, E.; BUNGENSTAB, D. J. Carbon Neutral Brazilian Beef: testing its guidelines through a case study. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2, 2016, Campo Grande, MS. **Proceedings...** Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2016. p. 277-281.

ALMEIDA, R. G.; MEDEIROS, S. R.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Uso da integração lavoura-pecuária no balanço positivo de carbono. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO, 2, 2013, Londrina, PR. **Anais...** Maringá, PR: Sthampa, 2013. p. 37-58.

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; SILVA, V. P.; MACEDO, M. C. M.; MEDEIROS, S. R.; FERREIRA, A. D.; GOMES, R. C.; ARAÚJO, A. R.; MONTAGNER, D. B.; BUNGENSTAB, D. J.; FEIJÓ, G.L.D. **Carne Carbono Neutro**: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 29 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 210).

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; MARTINS, S. C.; GROppo, J. D.; SALGADO,

P. R.; EVANGELISTA, B. et al. Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and regional pasture soil survey. **Biogeosciences**, v. 10, p. 6141-6160, 2013.

BARIONI, L. G.; LIMA, M. A.; ZEN, S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FERREIRA, A. C. A baseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2007. **Proceedings...** Christchurch, New Zealand, 2007. p. xxxii-xxxiii.

BARRIOS, S. C. L.; CARROMEU, C.; MATSUBARA, E. T.; CRIVELLARO, L. L.; SILVA, M. A. I.; VALLE, C. B.; SANTOS, M. F.; JANK, L. **Pasto Certo, versão 2.0**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 13 p. (Comunicado Técnico, 148).

BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; MACHADO, P. L. O. A.; SOARES, L. H. B.; URQUIAGA, S. Práticas mitigadoras das emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira. In: LIMA, M. A. et al. (Org.). **Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 327-347.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília: ACS/MAPA, 2012. 172 p.

CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M. et al. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ-VENEGAS, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.332-341.

CARDOSO, A. S. **Avaliação de gases do efeito estufa em diferentes cenários de intensificação de uso de pastagens do Brasil Central**. Rio de Janeiro, RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, 2012. 81 p.

CIDIN, A. C. M. **Estoque de carbono em solos brasileiros e potencial de contribuição para mitigação de emissões de gases de efeito estufa**. São Carlos, SP: Universidade Federal de São Carlos. Dissertação de Mestrado, 2016. 75 p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. CQFS-RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Passo Fundo, RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 2004. 401 p.

COSTA; J. A. A.; QUEIROZ, H. P. **Régua de manejo de pastagens**: edição revisada. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2017. 7 p.

DIAS-FILHO, M. B. **Formação e manejo de pastagens**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 9 p. (Comunicado técnico, 235).

EMBRAPA. Braquiária muito além da alimentação animal. **Portal Embrapa: Integração lavoura-pecuária-floresta**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2018a. Acesso em 02/07/2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/busca-de-noticias/-/noticia/31795514/braquiaria-muito-alem-da-alimentacao-anim>.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2018b. 356 p.

FGV/CES. **Pegada de carbono da carne bovina brasileira**: sumário executivo. Centro de Estudos em Sustentabilidade, Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2019, 57 p.

FIDALGO, E. C. C.; BENITES, V. M.; MACHADO, P. L. O. A.; MADARI, B. E.; COELHO, M. R.; MOURA, I. B.; LIMA, C. X. **Estoque de carbono nos solos do Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2007. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 121).

GENRO, T. C. M.; SILVEIRA, M. C. T. **Uso da altura para ajuste de carga em pastagens**. Bagé, RS: Embrapa Pecuária Sul, 2018. 17 p.

GOMES, R. C.; BERNDT, A.; MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G. Enteric methane emission of Nellore cattle in extensive grazing or integrated systems. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS, 2015, Brasília, DF. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa, 2015. 1 p.

IBGE. **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, v. 7, p.1-108, 2017.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **2006 IPCC Guidelines**

for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES, v. 4, 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2001:** Synthesis report, a contribution of working groups I, II, and III to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 148 p.

LAL, R.; SMITH, P.; JUNGKUNST, H. F.; MITSCH, W. J.; LEHMANN, J.; NAIR, R.; MCBRATNEY, A. B.; SÁ, J. C. M.; SCNHEIDER, J.; ZINN, Y. L. et al. The carbon sequestration potential of terrestrial ecosystems. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 73; n. 6, p. 145-152, 2018.

LAPIG. **LAPIG-Maps.** 2016. Acesso em 30/09/2019. Disponível em: http://maps.lapig.iesa.ufg.br/?layers=pa_br_areas_pastagens_250_2015_lapig.

LESSA, A. C.; MADARI, B. E.; PAREDES, D. S.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; ALVES, B. J. R. Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, n. 1, p. 104-111, 2014.

LORENZ, K.; LAL, R. Carbon sequestration in grassland soils. In: **Carbon sequestration in agricultural agrosystems.** Springer, 2018. p. 175-209.

MACEDO, M. C. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; ZATORRE, N. P.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M. Impact of pastures, cropping and ICL systems on soil carbon stocks in the Brazilian Cerrados. In: II INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEM, 2012, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre, RS: INRA-UFPR-UFRGS-USDA, 2012. 1 CD-ROM. p. 1-3.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. **Cerrado:** uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 224 p.

MEDEIROS, S. R.; ALMEIDA, R. G.; BARIONI, L. G. Mitigação da emissão de gases de efeito estufa em sistemas de produção animal em pastagens: em busca da carne com emissão zero. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 28, 2017, Piracicaba, SP. **As mudanças climáticas e as pastagens:** desafios e oportunidades. Piracicaba, SP: FEALQ, 2017. p. 163-219.

MEDEIROS, S. R.; BARIONI, L. G.; BERNDT, A.; FREUA, M. C.; ALBERTINI, T. Z.; COSTA JUNIOR, C.; FELTRIN, G. Modeling enteric methane emission from beef cattle in Brazil: a proposed equation performed by principal component analysis and mixed modeling multiple regression. In: LIVESTOCK, CLIMATE CHANGE AND FOOD SECURITY CONFERENCE, 2014, Madri. **Proceedings...** Madri: Livestock, Climate Change and Food Security, 2014. p. 37.

MULLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaças de novilhos**. Santa Maria: UFSM, 1980. 31p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7 ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. 248 p.

REDE DE FOMENTO ILPF. **ILPF em números**. 2016. 12 p.

SÁ, J. C. M.; LAL, R.; CERRI, C. C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, M.; CARVALHO, P. C. F. Low carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment International**, v. 98, p. 102-112, 2017.

SALTON, J. C; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 5 p. (Comunicado Técnico, 198).

SANT'ANNA, S. A. C.; JANTALIA, C. P.; SÁ, J. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; ALVES, B. J. R. et al. Changes in soil organic carbon during 22 years of pastures, cropping or integrated crop-livestock systems in the Brazilian Cerrado. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, p. 101-120, 2017.

SATO, J.H.; CARVALHO, A. M.; FIGUEIREDO, C. C. et al. Nitrous oxide fluxes in a Brazilian clayey oxisol after 24 years of integrated crop-livestock management. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.108, p. 55-68, 2017.

SATO, J. H.; FIGUEIREDO, C. C.; MARCHÃO, R. L. et al. Understanding the relations between soil organic matter fractions and N₂O emissions in a long-term integrated crop–livestock system. **European Journal of Soil Science**, v. 70, p.1183–1196, 2019.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; BODDEY, R. M. Variações nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil, uma análise crítica. **Informações Agronômicas**, n. 130, p. 12-21, 2010.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 367-382.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H. Recomendação de adubação e calagem para forrageiras. In: RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C. et al. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, SP: IAC, 1996. p. 263-271 (Boletim Técnico, 100).

Embrapa

Gado de Corte



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 15879