

Campo Grande, MS / Outubro, 2024

Níveis de referência do carbono orgânico no solo sob vegetação natural dos biomas brasileiros

Ademir Fontana⁽¹⁾, Angélicy Milena Vivian⁽²⁾, Miryan Araújo de Lima Arco⁽³⁾, Andressa Rosas de Menezes⁽⁴⁾, Bruna Vieira dos Santos⁽⁵⁾, Eliane de Paula Clemente⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Engenheiro-Agrônomo, doutor em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS. ⁽²⁾ Engenheira-Agrônoma, graduanda, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS. ⁽³⁾ Engenheira Ambiental, graduanda, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS. ⁽⁴⁾ Engenheira Agrícola e Ambiental, doutora em Agronomia-Ciência do Solo, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Fundo de População das Nações Unidas, Rio de Janeiro, RJ. ⁽⁵⁾ Engenheira-Agrônoma, mestranda em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS. ⁽⁶⁾ Engenheira Florestal, doutora em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Embrapa Gado de Corte
Av. Rádio Maia, 830 - Zona Rural
Campo Grande, MS, 79106-550
www.embrapa.br/gado-de-corte
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
Presidente
Karem Guimarães Xavier Meireles
Secretário-executivo
Rodrigo Carvalho Alva
Membros
Alexandre Romeiro de Araújo
Davi José Bungenstab
Fabiane Siqueira
Gilberto Romeiro de Oliveira
Menezes
Luiz Orcício Fialho de Oliveira
Marcelo Castro Pereira
Mariane de Mendonça Vilela
Marta Pereira da Silva
Mateus Figueiredo Santos
Vanessa Felipe de Souza

Edição executiva
Rodrigo Carvalho Alva
Revisão de texto
Rodrigo Carvalho Alva
Normalização bibliográfica
Autor principal
Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio
Diagramação
Rodrigo Carvalho Alva

Tiragem: Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

Resumo – O teor de carbono orgânico (C org) no solo é utilizado como indicador do acúmulo ou perda do componente orgânico, uma vez que, está diretamente relacionado a quantidade de matéria orgânica do solo (MOS). Aos níveis de referência de C org no solo, são uma ferramenta de monitoramento da evolução, assim como, de orientação para a aferição e orientação do manejo e cultivo das terras. De forma mais detalhada, os níveis de referência de C org podem ser obtidos e adotados por cada classe de textura do solo, nas diferentes camadas e nos diferentes biomas. Nesse sentido, podem ser aplicados como orientadores no monitoramento da eficácia das tecnologias previstas para os cultivos agrícolas no Plano ABC. Ainda, pode ser aplicado aos diversos programas de certificação já estabelecidos ou em estabelecimento e, das marcas conceito Carne Carbono Neutro, Carne Baixo Carbono, dentre outras em fase de desenvolvimento, como o Carbono Nativo, Bezerro Baixo Carbono, Leite Baixo Carbono, Trigo Baixo Carbono e Soja Baixo Carbono. Com os teores de referência de C org, será possível, além de avaliar a quantidade e qualidade dos solos agrícolas, estabelecer uma relação de causa-efeito das práticas de cultivo e manejo ao componente orgânico do solo, bem como, também, definir padrões regionais com potencial de incremento de MOS.

Termos para indexação: matéria orgânica do solo; monitoramento de C org; potencial de incremento de MOS.

Reference levels of soil organic carbon under natural vegetation in the Brazilian biomes

Abstract – The soil organic carbon content (C org) is used as an indicator of the accumulation or loss of the organic component, since it is directly related to the amount of soil organic matter (SOM). At reference levels of C org in the soil, they are a tool for monitoring evolution, as well as providing guidance for measuring and guiding land management and cultivation. In more detail, reference levels of C org can be obtained and adopted for

each soil texture class, in the different layers and in the different biomes. In this sense, they can be applied as guidance in monitoring the effectiveness of technologies predicted for agricultural crops in the ABC Plan. Furthermore, it can be applied to the various certification programs already established or being established, and to the concept brands Neutral Carbon Meat, Low Carbon Meat, among others in the development phase, such as Native Carbon, Low Carbon Calf, Low Carbon Milk, Low Carbon Wheat and Low Carbon Soy. With the reference levels of C org, it will be possible, in addition to evaluating the quantity and quality of agricultural soils, to establish a cause-effect relationship between cultivation and management practices to the organic component of the soil, as well as defining regional standards with potential for increasing MOS.

Index Terms: soil organic matter; monitoring of C org; increasement potential of MOS.

Introdução

A aplicação de práticas agrícolas que preconizam o aumento da matéria orgânica do solo (MOS) representa uma das várias estratégias para a mitigação das mudanças climáticas por meio do sequestro do carbono (C) que compõem o CO₂ atmosférico. Quanto ao potencial de sequestro de C pelos solos, aqueles sob cultivo assumem destaque, especialmente, sob grandes lacunas de produção e / ou com grandes perdas de C (Amelung et al., 2020).

Para atender a esta expectativa, é utilizado como indicador do acúmulo, manutenção ou perda de MOS a avaliação do teor de C do solo, uma vez que sua proporção é majoritária e a quantificação tem grande confiabilidade, além, da grande sensibilidade dos componentes orgânicos às ações impostas pelos diferentes manejos e/ou sistemas de cultivo.

Visando o monitoramento dos teores de C nos solos, padrões ou mesmo níveis atuais podem ser obtidos nas diferentes camadas e diferentes classes de textura do solo, sendo também, possíveis avaliações por faixas de altitude e tipos de drenagem. No Brasil, são generalizados os níveis de carbono orgânico (C org) ou MOS que permitem avaliar de forma qualitativa os diferentes solos nos biomas (Tomé Júnior, 1997) e a proposta para o bioma Cerrado, por classe de textura na camada de 0 a 20 cm (Souza & Lobato, 2004).

A avaliação dos níveis de MOS para monitoramento da qualidade do solo é praticada na Austrália pelo tipo de cultivo, por exemplo, para as vinícolas

em diferentes classes de textura e na camada de 0 a 20 cm (VitiNotes, 2006). Em solos da Alemanha, para o entendimento ou classificação do real impacto do manejo agrícola, são propostos valores de referência para 33 estratos, considerando as classes texturais, uso da terra (cultivos), relação C/N e precipitação pluviométrica (Drexler et al., 2022).

Os níveis de referência do C no solo podem ser utilizados para o monitoramento das tecnologias previstas para os cultivos agrícolas no Plano ABC (Brasil, 2012 e 2021), bem como, aos diversos programas de certificação já estabelecidos ou em estabelecimento e, das marcas conceito Carne Carbono Neutro (Alves et al., 215), Carne Baixo Carbono (Almeida e Alves, 2020), dentre outras em fase de desenvolvimento, como o Carbono Nativo, Bezerro Baixo Carbono, Leite Baixo Carbono, Trigo Baixo Carbono e Soja Baixo Carbono.

O desenvolvimento de níveis de referência do C no solo propicia a aferição e sobretudo, orientação para os produtores quanto à qualidade do manejo e/ou cultivo praticado, assim como, na avaliação da capacidade dos sistemas ou arranjos produtivos para o incremento de MOS.

O trabalho tem por objetivo estabelecer níveis de referência do C org no solo sob vegetação natural dos biomas brasileiros.

Material e métodos

Levantamento organização dos dados de perfis de solo

Foram levantados dados de granulometria (areia, silte e argila) e carbono orgânico (C org) de horizontes em perfis de solo sob vegetação natural dos biomas brasileiros. Os dados foram obtidos do Sistema de Informação de Solos Brasileiros – BD-SOLOS (Embrapa, 2022) e trabalhos diversos publicados como resumos, artigos ou relatórios.

Uma planilha de cada bioma foi organizada por horizontes minerais superficiais (A) e subsuperficiais (B, C, F e E), sendo excluídos, os horizontes com ausência dos valores de C org, granulometria e horizontes orgânicos (O e H) (teor de C org \geq 80,0 g kg⁻¹).

A condição de uso como vegetação natural foi estabelecida de acordo com as classes de vegetação Floresta e Formação Natural não Florestal (MapBiomas, 2021). Quando da descrição sob capoeira e sem uso, optou-se pela definição como Vegetação Natural. Na ausência do bioma como informação do perfil de solo, a designação foi dada a partir da localização do perfil ou município conforme da delimitação dos biomas brasileiros (IBGE, 2019).

Foram compilados dados de areia, silte e argila e carbono orgânico (C org) sob vegetação natural de 1.760 locais nos distintos biomas brasileiros, sendo: 870 no bioma Amazônia, 376 no bioma Cerrado, 87 no bioma Caatinga, 316 no bioma Mata Atlântica, 21 no bioma Pampa e 90 no bioma Pantanal.

O C org nos solos foi obtido pelo método de oxidação por dicromato (via úmida) proposto por Walkley e Black (1934) ou por método modificado (Walkley e Black modificado), que incluiu a adição da fonte de calor externa (Fontana e Campos, 2017).

Caso o C org seja determinado por métodos similares, variações ou adaptações, deve-se obter a correspondência aos dois métodos anteriores, a qual, pode ser feita pelo uso de fatores, funções ou equações de predição previamente calibradas e validadas.

Os teores de C org, na maioria dos laboratórios comerciais brasileiros, são obtidos em base gravimétrica ou massa (g kg^{-1}). Quando a determinação ocorreu em base volumétrica, deve-se obter a correspondência seguindo as orientações previstas em Cordeiro et al. (2020). No caso de dispor do teor de matéria orgânica (MO), para obter o C org é necessário dividir o valor de MO por 1,724.

A partir dos teores das frações granulométricas foi obtido o grupo textural (Tabela 1), conforme descrito no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiB-CS (Santos et al., 2018, p.46). Valores obtidos em %, foram multiplicados por 10 para converter em g kg^{-1} .

Tabela 1. Teores das frações granulométricas para obtenção dos grupamentos texturais.

Classe textural	Areia total	Argila	Areia total - Argila
	g kg^{-1}		
Arenosa	-	-	> 700
Média	> 150	< 350	-
Argilosa	-	$\geq 350 \leq 600$	-
Muito Argilosa	-	> 600	-
Siltosa	≤ 150	< 350	-

Adequação dos dados (horizontes para camadas)

Originalmente os teores dos atributos (C org e frações granulométricas) foram determinados em amostras de solo coletadas nos horizontes genéticos (definidos por características morfológicas – cor, estrutura e consistência) com espessuras variadas.

Desta forma, foram definidas como camadas padrão: 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 0-20 e 20-40 cm de profundidade. A adequação dos teores de C org, areia, silte e argila para as camadas foi realizada multiplicando o teor de cada atributo pela espessura do horizonte que contribui em cada camada e dividindo pela espessura total da camada de interesse conforme equação 1.

Um exemplo para o teor de C org está na Tabela 2, a qual, pode ser estendida para as frações granulométricas. Para obter o teor de C org na camada de 0-10 cm, o horizonte A1 contribui com 9 cm e o horizonte AB com 1 cm, enquanto, para obter o teor de C org na camada de 0-20 cm, o horizonte A1 contribui com 9 cm, o horizonte AB com 9 cm e o horizonte Bt1 com 2 cm.

$$\text{C org ou Frações Granulométricas (g kg}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Atributo} \times \text{EsHorX} + \text{Atributo} \times \text{EsHorXn}}{\text{EsTC}}$$

Onde: EsHorX: espessura do horizonte que contribui para a camada de interesse (cm ou m); EsHorXn: espessura de outro(s) horizonte(s) que contribui(em) para a camada de interesse (cm ou m); EsTC: espessura total da camada de interesse (cm ou m).

Tabela 2. Exemplo de cálculo para obtenção de de C org de camadas a partir de horizontes genéticos de um perfil de solo.

Hor.	Prof. Inicial	Prof. Final	C org	C org (0-10 cm)	C org (0-20 cm)
	cm	cm			
A1	0	9	13,9	$(13,9 \times 9 \text{ cm}) + (9,7 \times 1 \text{ cm})$	$(13,9 \times 9 \text{ cm}) + (9,7 \times 9 \text{ cm}) + (6,4 \times 2 \text{ cm})$
AB	9	18	9,7		
Bt1	18	32	6,4	13,5 g kg^{-1}	11,3 g kg^{-1}
Bt2	32	50	2,2		

Hor. horizonte do perfil de solo. Prof. = profundidade. Teor em % = teor em g kg^{-1} dividido por 10.

Análise dos dados

Os dados foram avaliados quanto a consistência pela dispersão dos valores de teores máximos e mínimos de argila e de C org.

Na sequência, foram obtidas as correlações entre a argila e o C org, as medidas de tendência central (média, mediana, moda) em cada camada e por agrupamento textural (arenosa, média, argilosa, muito argilosa e siltosa).

Estabelecimento dos níveis de referência

Foram definidos níveis de C org nas classes de textura arenosa, média e argilosa. Para as classes de textura muito argilosa e siltosa, apenas alguns biomas dispunham de dados. No bioma Pampa, não há definição de níveis por classe textural devido a insuficiência de dados.

As categorias ou classes com níveis de C org (baixo, médio e alto) em cada camada e classe textural foram estabelecidas da seguinte forma: i) limite do nível baixo: valor da mediana diminuído de metade do valor da mediana; ii) limite do nível alto: valor da mediana somado de metade do valor da mediana; iii) limite do nível médio: valores limites dos níveis baixo e alto.

Todos os valores limites dos níveis foram arredondados sem casa decimal, considerando, para cima os teores com valor com decimal de 0,5 ou mais (Ex., 5,5 ou mais, o valor foi para 6,0).

Resultados e discussão

Os teores de argila se correlacionam aos teores de C org com coeficiente médio de 0,46 até os 40 cm de profundidade. Contudo, em cada bioma, os coeficientes são variados e com dois padrões distintos. No padrão 1, coeficientes superiores a 0,50 e maiores nas camadas mais profundas estão os biomas Cerrado, Mata Atlântica e Pampa (Tabela 3), enquanto, valores

inferiores a 0,50 e menores nas camadas mais profundas os biomas Amazônia, Caatinga e Pantanal (Tabela 3).

Em face aos coeficientes de correlação da argila com o C org, no bioma Cerrado, Oliveira et al. (2023), observaram valores até 1 metro de profundidade de 0,43. Neste trabalho, foram avaliados dados obtidos de áreas sob cultivo agrícola com sistema plantio direto, plantas de cobertura (exceto pastagens), integração lavoura-pecuária, integração lavoura-pecuária floresta e fertilização orgânica.

Este padrão diferenciado dos coeficientes de correlação entre a argila e C org no Pantanal se deve a condição de acúmulo da matéria orgânica do solo ter menor dependência dos atributos do solo, onde, o fator preponderante são as condições de deposição de sedimentos, o hidromorfismo sazonal e a vegetação graminóide em sua maior extensão. Enquanto na Amazônia, este acúmulo se deve ao aporte constante e em maior quantidade, do material vegetal da floresta tropical e equatorial. Na Caatinga, com vegetação de menor densidade, e de menor aporte de resíduos orgânicos, o acúmulo é controlado principalmente pelo clima de menor precipitação pluviométrica (chuva) e de temperaturas elevadas.

Uma vez observado coeficientes de correlação médios dos teores de argila com o C org, os valores limites dos níveis aumentam da textura arenosa para a muito argilosa em todos os biomas (Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9).

Contudo, padrões diferenciados ocorrem nos biomas, com o aumento mais expressivo dos valores limites a partir da textura média no Cerrado e Pantanal, a partir da argilosa na Mata Atlântica e Caatinga e de forma suave na Amazônia. Na textura siltosa, definida apenas na Amazônia, os teores são semelhantes à textura média da própria Amazônia e do Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica e, textura argilosa da Caatinga.

Tabela 3. Valores do coeficiente de correlação dos teores de argila e C org do solo sob vegetação natural dos biomas brasileiros.

Biomas	Camadas (cm)					
	0-10	10-20	20-30	30-40	0-20	20-40
Amazônia	0,33	0,25	0,25	0,33	0,29	0,31
Caatinga	0,36	0,20	0,13	0,14	0,29	0,14
Cerrado	0,50	0,53	0,59	0,67	0,53	0,60
Mata Atlântica	0,78	0,83	0,80	0,80	0,82	0,81
Pampa	0,56	0,52	0,35	0,71	0,53	0,50
Pantanal	0,48	0,42	0,22	0,30	0,49	0,20

Os valores limites dos níveis diminuem com o aumento da profundidade, sendo mais expressivo a partir da camada de 10 a 20 cm. Ademais, os valores limites têm grande amplitude, sobretudo nas camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm. Esta condição, tem como razão a classificação generalizada da vegetação, a qual, por contemplar diferentes fisionomias de cada bioma, contempla a grande variação da produção primária de material orgânico. Como exceção, o bioma Pampa, que não há níveis por classe de textura, a diminuição dos teores de C org ocorre de forma gradual em profundidade.

Quanto ao padrão em cada classe de textura, nos solos de textura arenosa, os teores limites dos níveis de C org em todas as camadas segue a ordem do bioma Amazônia = Mata Atlântica > Caatinga = Cerrado > Pantanal. Para os solos de textura média, a sequência da Amazônia = Pantanal = Mata Atlântica > Cerrado > Caatinga, para os solos de textura argilosa, da Amazônia = Mata Atlântica > Cerrado > Pantanal > Caatinga e para solos de textura muito argilosa da Mata Atlântica > Amazônia > Cerrado.

Tabela 4. Níveis de C org (g kg⁻¹) nas camadas (cm) e classes texturais do solo sob vegetação natural do bioma Amazônia.

Nível	0-10	10-20	20-30	30-40	0-20	20-40
Arenosa						
Baixo	< 5,0	< 3,0	< 2,0	< 1,0	< 4,0	< 2,0
Médio	5,0-14,0	3,0-10,0	2,0-6,0	1,0-3,0	4,0-12,0	2,0-6,0
Alto	> 14,0	> 10,0	> 6,0	> 3,0	> 12,0	> 6,0
Média						
Baixo	< 7,0	< 5,0	< 3,0	< 3,0	< 6,0	< 3,0
Médio	7,0-22,0	5,0-14,0	3,0-9,0	3,0-8,0	6,0-18,0	3,0-9,0
Alto	> 22,0	> 14,0	> 9,0	> 8,0	> 18,0	> 9,0
Argilosa						
Baixo	< 10,0	< 6,0	< 4,0	< 3,0	< 8,0	< 4,0
Médio	10,0-30,0	6,0-17,0	6,0-11,0	3,0-10,0	8,0-23,0	4,0-11,0
Alto	> 30,0	> 17,0	> 11,0	> 10,0	> 23,0	> 11,0
Muito argilosa						
Baixo	< 13,0	< 7,0	< 5,0	< 4,0	< 9,0	< 5,0
Médio	13,0-38,0	7,0-21,0	5,0-15,0	4,0-12,0	9,0-27,0	5,0-14,0
Alto	> 38,0	> 21,0	> 15,0	> 12,0	> 27,0	> 14,0
Siltosa						
Baixo	< 9,0	< 5,0	< 3,0	< 2,0	< 7,0	< 3,0
Médio	9,0-26,0	5,0-14,0	3,0-9,0	2,0-5,0	7,0-19,0	3,0-8,0
Alto	> 26,0	> 14,0	> 9,0	> 5,0	> 19,0	> 8,0

Teor em % = teor em g kg⁻¹ dividido por 10.

Tabela 5. Níveis de C org (g kg⁻¹) nas camadas (cm) e classes texturais do solo sob vegetação natural do bioma Caatinga.

Nível	0-10	10-20	20-30	30-40	0-20	20-40
Arenosa						
Baixo	< 3,0	< 3,0	< 2,0	< 1,0	< 3,0	< 1,0
Médio	3,0-9,0	3,0-9,0	2,0-6,0	1,0-4,0	3,0-9,0	1,0-4,0
Alto	> 9,0	> 9,0	> 6,0	> 4,0	> 9,0	> 4,0
Média						
Baixo	< 5,0	< 3,0	< 2,0	< 2,0	< 4,0	< 2,0
Médio	5,0-15,0	3,0-10,0	2,0-7,0	2,0-5,0	4,0-12,0	2,0-6,0
Alto	> 15,0	> 10,0	> 7,0	> 5,0	> 12,0	> 6,0
Argilosa						
Baixo	< 8,0	< 7,0	< 3,0	< 2,0	< 7,0	< 2,0
Médio	8,0-25,0	7,0-21,0	3,0-10,0	2,0-6,0	7,0-22,0	2,0-7,0
Alto	> 25,0	> 21,0	> 10,0	> 6,0	> 22,0	> 7,0

Teor em % = teor em g kg⁻¹ dividido por 10.

Tabela 6. Níveis de C org (g kg⁻¹) nas camadas (cm) e classes texturais do solo sob vegetação natural do bioma Cerrado.

Nível	0-10	10-20	20-30	30-40	0-20	20-40
Arenosa						
Baixo	< 3,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Médio	3,0-9,0	2,0-7,0	2,0-6,0	2,0-5,0	2,0-7,0	2,0-5,0
Alto	> 9,0	> 7,0	> 6,0	> 5,0	> 7,0	> 5,0
Média						
Baixo	< 6,0	< 4,0	< 3,0	< 2,0	< 4,0	< 3,0
Médio	6,0-17,0	4,0-12,0	3,0-9,0	2,0-7,0	4,0-15,0	3,0-8,0
Alto	> 17,0	> 12,0	> 9,0	> 7,0	> 15,0	> 8,0
Argilosa						
Baixo	< 9,0	< 7,0	< 5,0	< 4,0	< 7,0	< 4,0
Médio	9,0-27,0	7,0-21,0	5,0-15,0	4,0-12,0	7,0-23,0	4,0-13,0
Alto	> 27,0	> 21,0	> 15,0	> 12,0	> 23,0	> 13,0
Muito argilosa						
Baixo	< 11,0	< 9,0	< 8,0	< 6,0	< 11,0	< 7,0
Médio	11,0-32,0	9,0-28,0	8,0-24,0	6,0-18,0	11,0-30,0	7,0-20,0
Alto	> 32,0	> 28,0	> 24,0	> 18,0	> 30,0	> 20,0

Teor em % = teor em g kg⁻¹ dividido por 10.

Tabela 7. Níveis de C org (g kg⁻¹) nas camadas (cm) e classes texturais do solo sob vegetação natural do bioma Mata Atlântica.

Nível	0-10	10-20	20-30	30-40	0-20	20-40
Arenosa						
Baixo	< 5,0	< 3,0	< 2,0	< 1,0	< 4,0	< 2,0
Médio	5,0-15,0	3,0-9,0	2,0-5,0	1,0-3,0	4,0-13,0	2,0-4,0
Alto	> 15,0	> 9,0	> 5,0	> 3,0	> 13,0	> 4,0
Média						
Baixo	< 7,0	< 4,0	< 4,0	< 3,0	< 6,0	< 3,0
Médio	7,0-20,0	4,0-12,0	4,0-11,0	3,0-8,0	6,0-17,0	3,0-9,0
Alto	> 20,0	> 12,0	> 11,0	> 8,0	> 17,0	> 9,0
Argilosa						
Baixo	< 12,0	< 9,0	< 6,0	< 5,0	< 10,0	< 5,0
Médio	12,0-36,0	9,0-26,0	6,0-18,0	5,0-14,0	10,0-30,0	5,0-16,0
Alto	> 36,0	> 26,0	> 18,0	> 14,0	> 29,0	> 16,0
Muito argilosa						
Baixo	< 14,0	< 11,0	< 9,0	< 7,0	< 12,0	< 7,0
Médio	14,0-42,0	11,0-33,0	9,0-26,0	7,0-20,0	12,0-36,0	7,0-22,0
Alto	> 42,0	> 33,0	> 26,0	> 20,0	> 36,0	> 22,0

Teor em % = teor em g kg⁻¹ dividido por 10.

Tabela 8. Níveis de C org (g kg⁻¹) nas camadas (cm) do solo sob vegetação natural do bioma Pampa.

Nível	0-10	10-20	20-30	30-40	0-20	20-40
Baixo	< 8,0	< 7,0	< 6,0	< 5,0	< 8,0	< 6,0
Médio	8,0-22,0	7,0-22,0	6,0-19,0	5,0-16,0	8,0-22,0	6,0-18,0
Alto	> 22,0	> 22,0	> 19,0	> 16,0	> 22,0	> 18,0

Teor em % = teor em g kg⁻¹ dividido por 10.

Tabela 9. Níveis de C org (g kg⁻¹) nas camadas (cm) e classes texturais do solo sob vegetação natural do bioma Pantanal..

Nível	0-10	10-20	20-30	30-40	0-20	20-40
Arenosa						
Baixo	< 3,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0	< 2,0	< 1,0
Médio	3,0-8,0	2,0-5,0	1,0-3,0	1,0-3,0	2,0-6,0	1,0-3,0
Alto	> 8,0	> 5,0	> 3,0	> 3,0	> 6,0	> 3,0
Média						
Baixo	< 7,0	< 5,0	< 4,0	< 2,0	< 6,0	< 3,0
Médio	7,0-20,0	5,0-15,0	4,0-11,0	2,0-6,0	6,0-19,0	3,0-8,0
Alto	> 20,0	> 15,0	> 11,0	> 6,0	> 19,0	> 8,0
Argilosa						
Baixo	< 10,0	< 8,0	< 5,0	< 3,0	< 9,0	< 4,0
Médio	10,0-29,0	8,0-23,0	5,0-13,0	3,0-9,0	9,0-27,0	4,0-11,0
Alto	> 29,0	> 23,0	> 13,0	> 9,0	> 27,0	> 11,0

Teor em % = teor em g kg⁻¹ dividido por 10.

Conclusões

Os níveis de referência de C org em solos sob vegetação natural em diferentes biomas brasileiros podem ser utilizados como orientador para o monitoramento da influência dos cultivos e das práticas e/ou manejo sobre a matéria orgânica nos solos.

O teor de C org na forma de categorias por classe textural é adequado para a avaliação dos solos cultivados quanto ao estado atual e o potencial de acúmulo de matéria orgânica.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundect TO 071/2022 MS Carbono Neutro.

Referências

ALMEIDA, R. G. ALVES, F. V. **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. (Documentos / Embrapa Gado de Corte, ISSN 1983-974X: 280).

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A. **Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne**

sustentável produzida nos trópicos. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2015. 29 p. Documentos / Embrapa Gado de Corte, ISSN 1983-974X; 210.

AMELUNG, W., BOSSIO, D., de VRIES, W.; KÖGEL-KNABNER, I.; LEHMANN, J.; AMUNDSON, R.; BOL, R.; COLLINS, C.; LAL, R.; LEIFELD, J.; MINASNY, B.; PAN, G.; PAUSTIAN, K.; RUMPEL, C.; SANDERMAN, J.; van GROENIGEN, J. W.; MOONEY, S.; van WESEMAEL, B.; WANDER, M.; CHABBI A. **Towards a global-scale soil climate mitigation strategy**. Nat Commun 11, 5427 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18887-7>

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, DF: MAPA/ACS, 2012. 173 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/as-suntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/publicacoes/download.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo**. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. Brasília, DF: MAPA, 2021. Disponível em: <https://www.sindipi.com.br/uploads/repositorio/>

files/%5BABC+%5D_Projeto_Gra%20fico_%20Final_%5BPTBR%5D.pdf. Acesso em: 5 ago. 2024.

CORDEIRO, F. R.; CESÁRIO, F. V.; FONTANA, A.; ANJOS, L. H. C. dos; CANTO, A. C. B. do; TEIXEIRA, W. G. Pedotransfer functions: the role of soil chemical properties units conversion for soil classification. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, e0190086, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20190>.

DREXLER, S.; FLESSA, G. B. H.; DON, A. **Benchmarking soil organic carbon to support agricultural carbon management: A German case study**. *Plant Nutr. Soil Sci.* 2022;185:427–440.

EMBRAPA. **Sistema de Informação de Solos Brasileiros**: BdSolos. Disponível em: <http://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 5 set. 2022.

FONTANA, A.; CAMPOS, D. V. B. de. Carbono orgânico. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. pt. 3, cap. 1, p. 360-367. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194453/1/Pt-3-Cap-1-Carbono-organico.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2024.

IBGE. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil - 1:250.000**. 2019. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/15842-biomass.html>. Acesso em: 11 jan. 2024.

MAPBIOMAS. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 7 abr. 2021.

OLIVEIRA, D.M.S.; TAVARES, R.L.M.; LOSS, A.; MADARI, B.E.; CERRI, C.E.P.; ALVES, B.J.R.; PEREIRA, M.G.; CHERUBIN, M.R. **Climate-smart agriculture and soil C sequestration in**

Brazilian Cerrado: a systematic review. *Rev Bras Cienc Solo*. 2023;47:e0220055. <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20220055>

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 7 maio 2020.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222588/1/Cerrado-Correcao-solo-adubacao-ed-02-8a-impressao-2017.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2024.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. [Guaíba]: Livraria e Editora Agropecuária, 1997. 247 p.

VITINOTES. Adelaide: Cooperative Research Centre for Viticulture, 2006. Disponível em: <https://www.wineaustralia.com/getmedia/1070c82d-29a2-450a-bec1-011b3f1622a2/Soil-organic-carbon.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2024.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v. 37, n. 1, p. 29-38, Jan. 1934. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>.