

Carbono no solo: um grande trunfo do Brasil

O passivo ambiental, em relação ao carbono tem potencial para alcançar as metas de redução de emissão no país.

por: **Sergio Raposo de Medeiros**

Sexta-feira, 6 de fevereiro de 2026 - 11h00



Foto: Freepik

O carbono (C) é o principal tijolo que compõe todas as formas de vida e a principal parte do subproduto do fogo da vida, o gás carbônico (CO₂). Já no século XVIII, experimentos com campânulas, velas e ratos mostraram como a geração do CO₂ pela queima da vela era capaz de apagá-la e fazer cessar o fogo da vida. Neste mesmo século, a fotossíntese foi descoberta, ainda que esse nome tenha sido adotado só no final do século XIX e sua bioquímica desvendada apenas em 1940, por Melvin Calvin (Ciclo de Calvin). O CO₂, portanto, é o gás da vida e da morte.

Essa mesma dualidade do C replica-se fisicamente, por ele contribuir decisivamente para a manutenção da temperatura da terra por sua ação de reter calor na atmosfera, que, sem ele, seria uma bola de gelo, mas com o seu aumento na atmosfera nos últimos 150 anos causando o aquecimento global e, consequentemente, trazendo todos os desafios das mudanças climáticas.

As quantidades medidas hoje de CO₂ na atmosfera ultrapassam os 420 ppm, contra 280 ppm pelos idos de 1850, média praticamente inalterada por centenas de milhares de anos até então. O aumento do CO₂ na atmosfera seria muito maior sem o seu principal sumidouro, os oceanos. Ocorre que, o excesso de CO₂ no mar leva à sua acidificação colocando em risco toda a teia alimentar desse ecossistema. Além disso, à medida que vai aumentando sua concentração de CO₂, fica cada vez mais baixa a taxa de absorção.

O segundo maior sumidouro do C são os solos e, ao contrário dos oceanos, seu aumento traz várias vantagens para o solo em termos de vida, biodiversidade, fertilidade e funcionalidades químicas e físicas para produção de biomassa. E, ao contrário dos oceanos, temos solos com grande capacidade de reter C, inclusive por termos reduzido a quantidade do estoque original ao fazer a transição de solo sob vegetação original para o solo colocado para a produção agropecuária.

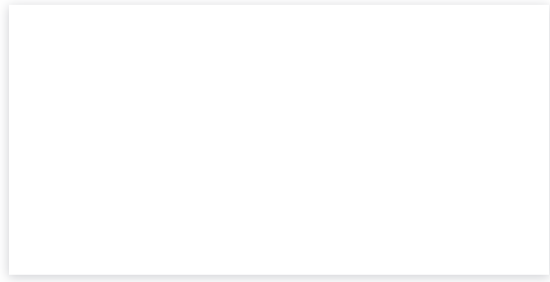
Esse texto se baseia em uma recente publicação científica em que a “diferença” dos estoques de carbono orgânico do solo (COS) entre áreas de vegetação nativa e agropecuária no Brasil foram contabilizadas, mostrando como esse “passivo ambiental” cria um imenso potencial para que o país alcance suas metas de redução de emissão de C e, ainda mais importante, ao reverter esse processo, produzir mais e com maior sustentabilidade. O trabalho tem o título “**Déficit de carbono do solo devido à mudança no uso da terra no Brasil**” e foi publicado na respeitada revista científica “**Nature Communications**”. A ideia é fazer um resumo dos pontos principais do trabalho, dando ênfase à produção pecuária.

O trabalho foi feito com base em 4.290 dados de COS de todos os biomas brasileiros em áreas nativas e agropecuárias considerando quatro diferentes profundidades de solo (0–10, 0–20, 0–30 e 0–100 cm) e um total de 1.247 observações pareadas de vegetação nativa (VN) e sistemas agropecuários (AGR) para quantificar a diferença de carbono e estimar o potencial de recarbonização do solo para 0–30 cm, onde a maior parte das mudanças em função do manejo ocorre. Assim, os efeitos de mudança de uso da terra (MUT) de VN para AGR puderam ser estimados. Foi levado em conta: (i) tipo de solo (ii) as classes

Serviços

Informações

Buscar



Entrevista



Acordo entre UE e Mercosul pode dar nova cara para o agro brasileiro?
Entrevista com o economista, Sérgio Rangel Fernandes Figueira

Scot na mídia

AgroMais

Oferta menor e exportações firmes impulsionam o preço do boi gordo em fevereiro

Newsletter diária

Receba nossos relatórios diários e gratuitos

Assine nossa newsletter

Loja



Boi & Companhia
(Informativo Pecuário Semanal)



Tem Boi na Linha
(Informativo Pecuário Diário)



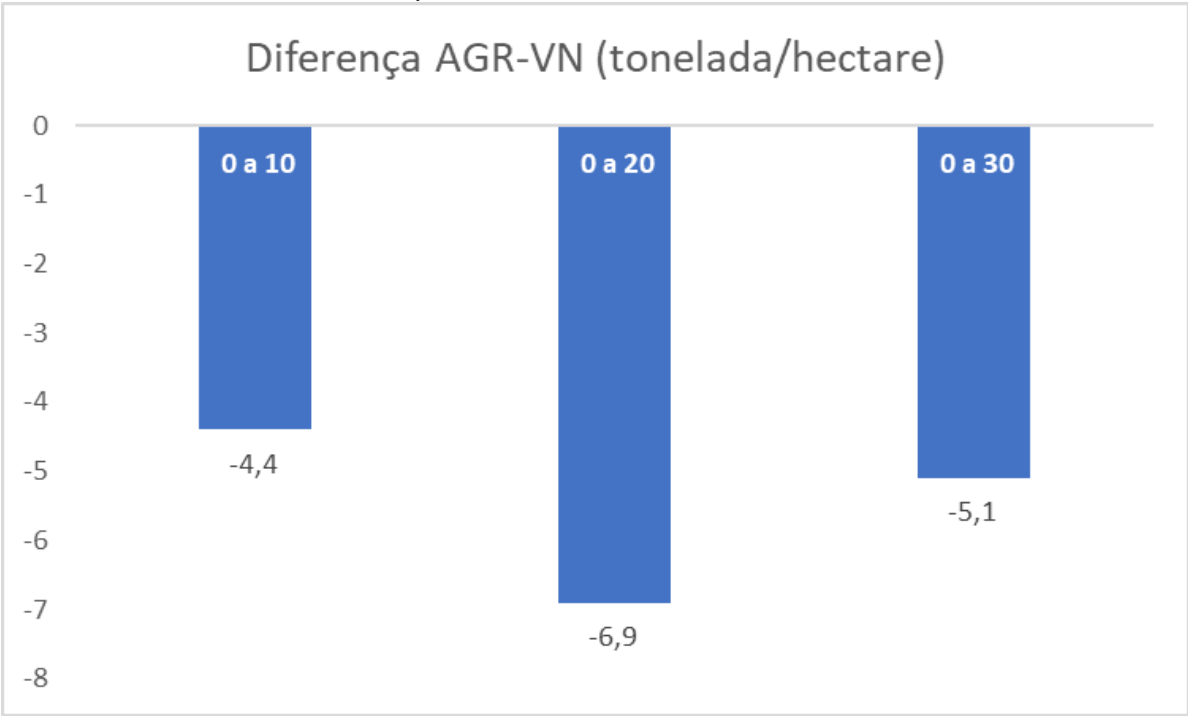
climáticas, (iii) classes de tempo de cultivo dos sistemas agropecuários e (iv) classe de manejo. Como classes de manejo foram considerados sistemas de: (i) monocultura (culturas anuais e perenes ou pastagens); (ii) duas culturas (rotações ou consorciação) e (iii) policultura (sistemas integrados).

Algumas das revelações do trabalho:

- Identificou-se uma redução nos estoques de SOC com o aumento da temperatura, corroborando estudos anteriores, com os maiores estoques de COS ocorrendo em regiões mais úmidas e frias (ou seja, Subtropical Úmido > Tropical > Seco), pois a maior perda de C está relacionada com o aumento de temperatura, que acelera reações metabólicas e químicas.
- Solos de VN com menor densidade aparente são os da Amazônia e da Mata Atlântica (1,05–1,25 Mg m⁻³), enquanto valores mais altos ocorreram no Pampa e na Caatinga (1,25–1,45 Mg m⁻³). Com a MUT, a densidade aumenta em todos os biomas, pois a agropecuária causa compactação e perda de estrutura do solo e, quanto maior a degradação física, maiores as perdas de COS, ou seja, há mais esse bom motivo para manejos que evitem a compactação e mantenham a estrutura do solo, com o plantio direto ou com um bom manejo da pastagem.
- Tipo de solo mais jovem e que ocorre mais em regiões menos quentes e de relevo acidentado, o Inceptisol, destaca-se em teores de COS, mas solos bastante antigos e intemperizados também podem ter bons estoques de COS. É o caso dos Oxissóis, o tipo mais abundante do Brasil, graças a associação do COS com sesquióxidos de Ferro e Alumínio que os fazem ter agregados com alta estabilidade. O principal fator de estabilização do C nos solos tropicais do Brasil são mesmo essas interações organo-minerais. Já a textura arenosa favorece as perdas de carbono por processos de mineralização e erosão. Junto com menores aportes anuais de C pela VN da Caatinga e pela agricultura nas terras áridas brasileiras são justificados os menores valores de COS para os Alfisóis.
- Por ter uma grande parte em clima subtropical e a presença de solos que favorecem o acúmulo de carbono em regiões mais elevadas, a Mata Atlântica se destaca em COS, tanto em VN como em AGR. No Cerrado, o clima tropical de altitude no Planalto Central, combinado com a presença significativa de Oxisol, contribuiu para os altos níveis de COS no bioma.
- Na Amazônia, temperaturas elevadas favorecem a taxa de mineralização, reduzindo o potencial de armazenamento de COS. Há estudos, contudo, cujos resultados de manejo adequado de sistemas integrados e pastagens podem gerar concentrações de COS até superiores àquelas de VN.
- A diferença média de carbono no solo entre a vegetação nativa e a agricultura, considerando todos os biomas é apresentada no gráfico abaixo.

Gráfico 1.

Diferença de carbono no solo entre a vegetação nativa e a agricultura, considerando todos os biomas. Esse valor indica quando se perdeu, em média, na mudança do uso da terra da vegetação nativa (VN) para a agropecuária (AGR) em três diferentes faixas de profundidade: 0–10, 0–20, 0–30 cm.



Fonte: Adaptado de Vilella et al, 2026. Elaboração: Sergio Raposo de Medeiros.

- Os dados mostram que, quanto mais rico o solo em C, como a Mata Atlântica e o Pampa, maior a perda. Assim, embora naturalmente estáveis, solos com mais C perdem mais na transição VN para AGR devido à decomposição acelerada da matéria orgânica causada pela perturbação do solo e pela exposição ao oxigênio.
- Opostamente, em regiões de clima quente e seco, o efeito da conversão é menos pronunciado, uma vez que a diferença nos estoques de SOC é menor, o que explica as menores perdas de COS registradas na Caatinga (quente e seco) e na Amazônia (quente).
- Os dados mostraram, também que, solos mais jovens perdem C mais facilmente, ou seja, as perdas médias de carbono diminuem com o grau de desenvolvimento pedogenético: Entisol ≈ Inceptisol (-29,0% e -28,0%) > Ultisol (-21,0%) > Oxisol (-11,0%).
- Sem muita surpresa, Pampa e a Mata Atlântica, com média de 30 anos, possuem os sistemas mais antigos e, a Amazônia (18 anos) e o Pantanal (16 anos), os mais recentes. O mais interessante é que avaliando as faixas de idade de conversão (0–15, 16–30 e > 30 anos) e os estoques de carbono orgânico do solo (COS), constatou-se que as perdas de carbono são mais intensas nos primeiros 15 anos após a conversão.

- Ainda assim, dados da Mata Atlântica mostraram que os estoques de C com mais de 30 anos reduziram 19,0%, mostrando que as perdas pela conversão VN para AGR continuam por muito tempo, evidenciando a vulnerabilidade desse bioma à MUT.

Com relação aos impactos dos sistemas de manejo agropecuários, o trabalho demonstrou que:

- Os resultados revelaram os benefícios da intensificação agropecuária sustentável, principalmente por meio da biodiversificação, para preservar/restaurar os estoques de COS, com aumento da produtividade reduzindo os impactos ambientais adversos ou fazendo desnecessária a conversão adicional de novas áreas (efeito poupa-terra). Por exemplo, as perdas no plantio direto (-11,4%) foram 47,0% menores do que no preparo convencional do solo (-21,4%).

- As perdas médias de C do solo induzidas por MUT variaram de -9,4% a -26,3%, estando de acordo com a literatura, mas elas podem ser muito mais altas ou baixas, dependendo do contexto.

- O estudo mostrou que a magnitude das perdas de estoques de COS em diferentes sistemas agropecuários diminui com o aumento do seu grau de intensificação e diversificação, confirmando os benefícios proporcionados pela rotação de culturas, pelo consórcio de culturas e pelos sistemas integrados, conforme relatado em diferentes regiões do mundo.

- Os resultados para conversão de VN em pastagem com perdas entre 4,1% a 14,3%, estão dentro dos valores de literatura global (-9,8% a -14,4%), mas os autores lembram que há resultados com efeito positivo da pastagem aumentando o COS (8,2% a 11,5%). Isso deve-se ao manejo diferenciado, às cultivares usadas, à biodiversidade, à fertilização do consórcio de gramíneas e leguminosas e ao uso da irrigação. Conta, também, a manutenção das pastagens por períodos maiores, além do efeito das condições locais de solo e clima.

- As maiores perdas observadas nos biomas Mata Atlântica, Cerrados, Pampa e Pantanal refletiriam a condição atual das pastagens brasileiras em que há entre perda de vigor e degradados cerca de 60,0% da área de pastagens. Aqui a recuperação de pastagens é um grande trunfo para o Brasil, ao ser uma prática que, desde que feita dentro de determinados parâmetros, pode aumentar os estoques de carbono orgânico do solo em 14,0% a 23,0%. Ela consta de iniciativas nacionais de mitigação climática (Programa ABC+ e o Caminho Verde Brasil), que projetam a recuperação de 40,0 milhões de hectares como meta.

- Os sistemas integrados (ILPF e suas variantes), em comparação com a monocultura, mostraram grande potencial no Cerrado para aumentar os estoques de COS, com valores próximos aos relatados em um estudo global (17,0% a 23,0%). O portfólio de soluções do Programa ABC+ inclui planos para expandir esses sistemas em 4,0 milhões de hectares, com potencial para mitigar até 34,0 milhões de Mg CO₂eq.

- Os benefícios do plantio direto em relação ao preparo convencional do solo, revelados no estudo, foram consistentes com estimativas previamente relatadas para o Brasil (6,0% a 26,0%). Os autores citam o aumento da área com plantio direto no Brasil, que foi de 17,9 para 33,0 milhões de hectares entre 2006 e 2017, aumentando de 4,0 a 16,0% nos estoques de carbono orgânico do solo. O Programa ABC+ estabeleceu a meta de expandir o sistema em 12,5 milhões de hectares até 2030, esperando mitigar 12,0 milhões de Mg CO₂eq.

- Os autores deixam claro que os efeitos positivos da intensificação agrícola são dependentes das condições locais, como clima, tipo de solo e duração do manejo. Quando apoiada por práticas voltadas para a conservação, como plantio direto, diversificação da rotação de culturas, cultivo de cobertura, manutenção de restos culturais e uso de adubos orgânicos, a intensificação pode aumentar os aportes de carbono orgânico do solo (COS), com consequente melhoria na agregação, na atividade biológica e na promoção da estabilização do carbono a longo prazo, além de gerar retroalimentações positivas para a produtividade agrícola e a resiliência climática.

Os impactos potenciais:

- Considerando o Brasil como um todo, os resultados revelaram que a conversão de VN para AGR resultou na perda total de 1,4 ± 0,1 bilhões de toneladas de C na camada de 0–30 cm, o que é equivalente a uma emissão de 5,2 bilhões de toneladas CO₂eq para toda a área agropecuária do país. Os autores lembram que essa estimativa (1,4 bilhões) representa um potencial teórico, baseado em um cenário hipotético que pressupõe a restauração dos estoques originais de carbono orgânico do solo por meio da recarbonização do solo, e, portanto, deve ser interpretada com cautela. No trabalho os autores informam sobre limitações em função de poucos dados sobre alguns biomas e listam uma série de incertezas quanto à premissa da VN como linha base.

- Todavia, mesmo ao considerar recarbonizar apenas cerca de 1/3 do potencial estimado pelo trabalho, atinge-se a meta da “contribuição nacionalmente determinada” (NDC) do Brasil, ou seja, a redução de emissões de 59,0% a 67,0% para 2035 (1,51-1,71 bilhões de toneladas de CO₂eq, ano base: 2005). Segundo os autores, na prática, essa meta seria alcançada aproveitando aproximadamente 40,0% a 45,0% do potencial de recarbonização acumulado na Mata Atlântica e no Cerrado (3,8 bilhões de toneladas de CO₂eq).

- Assim, apesar de tratar-se de um grande efeito negativo da MUT nos estoques de COS, ao mesmo tempo, é um imenso potencial como sumidouro de carbono caso consigamos a recarbonização dos solos do Brasil. Pouco mais de 1,0 bilhão de toneladas de C (72,0%) desse potencial está distribuído entre os biomas Cerrado (52,0%) e Mata Atlântica (48,0%), que abrigam as maiores áreas agropecuárias do Brasil, respectivamente de 93,0 e 72,0 milhões de hectares. Aproximadamente 23,0% do potencial total está nos biomas Amazônia (14,0%) e Caatinga (10,0%), que possuem a terceira e quarta maiores áreas agropecuárias (67,0 e 33,0 milhões de hectares, respectivamente). Os menores potenciais

foram encontrados nos biomas Pampa (3,6%) e Pantanal (0,7%), que compreendem apenas 5,0% da área agrícola total.

- O trabalho revela, também, o impacto positivo da intensificação via manejo sustentável (isto é, rotação de culturas e consorciação, plantio direto e sistemas integrados) no aumento dos estoques de COS, pois, ela tem grande potencial em reduzir esse déficit de carbono ao longo do tempo. São, como os autores sugerem, resultados para apoiar a formulação de estratégias de intervenção adaptadas regionalmente, que podem fortalecer as políticas climáticas do Brasil e ajudar a mitigar as mudanças climáticas globais.

Considerações finais sobre o trabalho:

O trabalho relatado aqui é extremamente importante pelas muitas informações que traz sobre nossa base de produção, o solo, no seu componente que o faz vivo, o carbono orgânico do solo. Nele há várias menções do potencial do solo em ser um sumidouro de C e, assim, ser uma das estratégias para reduzir a concentração de CO2 para evitar o avanço do aumento da temperatura global e isto, de fato, é muito importante.

Ainda mais importante, contudo, são as informações de como é possível reverter, em parte ou até em mais do que o todo, a quantidade de estoque de COS. São muitas as práticas responsáveis por isso, mas são recorrentes os sistemas integrados e o consórcio gramínea-leguminosa. O componente que preponderantemente contribui para o efeito dos sistemas integrados no aumento de COS é a pastagem. O consórcio gramínea-leguminosa é pastagem. A menção de resultados onde há aumento de COS em relação a VN (inclusive na Amazônia) são de trabalhos com pastagens. É o investimento nela, portanto, que pode decisivamente fazer termos os maiores ganhos em aproveitar o potencial de sequestro de C e melhoria da qualidade dos solos por esse incremento.

Solos com teores mais elevados de COS tem maior biodiversidade, melhor estrutura, maior taxa de infiltração de água, maior capacidade de retenção de umidade, maior capacidade de troca catiônica e maior fertilidade. Assim, o fato dela poder ajudar no combate ao aumento de CO2 na atmosfera, nem precisa ser evocado para que o setor produtivo embarque nessa oportunidade de, ao mesmo tempo, ajudar o ambiente e produzir mais.

Na verdade, ajudar a ter um ambiente mais equilibrado já é um ganho para o setor, mas o aumento de COS, além de aumentar a produção é uma estratégia de adaptação, por exemplo, a aumentar a resiliência às secas mais prolongadas e intensas que já percebemos.

Um grande mérito do trabalho ao investigar os diferentes biomas é mostrar onde pode-se atuar prioritariamente para ter os maiores benefícios. Há uma esperada opção preferencial pelo Cerrado, mas ele ajuda a mostrar que ainda mais interessante é recuperar o COS da Mata Atlântica, inclusive, lembrando da ainda enorme área de pastagem desse bioma. Nas descobertas dos dados desse bioma, também, fica clara a ideia de que as práticas sustentáveis devem ser mantidas pelo mais longo tempo possível.

A pergunta que fica é: como fazer com que as pastagens sejam ainda mais efetivas em colocar C no solo? Que suscita nova dúvida: ao pensar com esse viés, estamos abrindo mão da produção animal? Boas questões para um futuro texto completo.

Por fim, esclareço que relatar o trabalho teve a intenção de oferecer a informação para além do circuito de especialistas que leem o trabalho completo, mas, obviamente o relato deixa muita coisa de fora, portanto, importante lembrar que o trabalho completo é de acesso público pelo sítio: <https://www.nature.com/articles/s41467-026-68340-4> . Boa leitura!



Sergio Raposo de Medeiros

Engenheiro agrônomo, formado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo, com mestrado e doutorado pela mesma universidade. É pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste e especialista em nutrição animal com enfoque nos seguintes temas: exigência e eficiência na produção animal, qualidade de produtos animais e soluções tecnológicas para produção sustentável. É membro do Conselho Científico Agro Sustentável (CCAS).

<< Notícia Anterior

Próxima Notícia >>

Últimas Notícias



Agro Num Instante - Episódio 689 - USDA diminuiu a projeção de estoques globais de trigo em fevereiro/26

17 fev. • 17h00

Apesar da redução em fevereiro, os estoques estimados são bem mais confortáveis que os da safra 2025/26.



Carta Grãos e Agricultura - Novo levantamento da Conab traz poucas alterações para o milho

17 fev. • 6h00

Safra 2025/26 de milho deverá atingir 138,4 milhões de toneladas, aponta a Conab.

Agro Num Instante - Episódio 688 - Sem espaço para quedas no diesel

16 fev. • 17h00