Evento Nacional enactus Brasil 2026
IV SIMPÓSIO NACIONAL EXTENSÃO
XI SNESEB
CAMPO GRANDE - MS
DE 21 À 24 DE JULHO DE 2025
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL

PROJEÇÃO DO SEQUESTRO DE CARBONO NO SOLO EM HORTAS URBANAS: O IMPACTO ESTRATÉGICO DE MUDAS DE PEQUENO PORTE DE ESPÉCIES PERENES

Ana Sophia Moura Miranda[1]
Joyce Luana da Silva Puget[2]
Geane Yasmin da Silva[3]
Silvia Leticia da Costa Azevedo[4]
Beatriz Rodrigues Teixeira de Jesus[5]

Resumo

Com o aumento das emissões de gases do efeito estufa, intensifica-se a busca por estratégias de mitigação climática, como o sequestro de carbono no solo. No contexto urbano, hortas comunitárias surgem como alternativas sustentáveis capazes de contribuir para o armazenamento de carbono, além de promover benefícios socioambientais em diversas comunidades, como uma solução climática e modelo de negócios. Este estudo analisou o potencial de espécies perenes de pequeno porte no incremento do estoque de carbono em solos sob manejo orgânico, alinhando-se aos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS 2,13,15) da agenda de 2030 da ONU. A metodologia propôs um modelo de cultivo para o bairro da Terra Firme, em Belém (PA) utilizando Couve (*Brassica oleracea*) e Cebolinha (*Allium fistulosum*) em um modelo de horta urbana, com o experimento se baseando nos preceitos de Souza (2006). Os resultados projetados indicam que em 24 meses, o manejo pode acumular 22,5 kg de carbono puro em um quintal modelo de 30 m², ocasionando a retirada equivalente a 82,5 kg de CO_2 da atmosfera. Portanto, o sistema modelado ajuda a reduzir a mitigação climática, conciliando a segurança alimentar e criação de protótipos de empreendimentos em bairros periféricos.

Palavras-chave: Sequestro de carbono; hortas urbanas; mitigação climática; tecnologias sociais.

Abstract

[1] Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA (ana3345689@gmail.com)
[2] Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA (joyceluana2202@gmail.com)
[3] Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA (geane.silva@discente.ufra.edu.br)
[4] Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA (Silvia.azevedo@discente.ufra.edu.br)
[5] Graduanda em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA (beatrizrodrigues17jesus@gmail.com)

With the increase in greenhouse gas emissions, the search for climate mitigation strategies such as soil carbon sequestration has intensified. In the urban contexts, community gardens emerge as sustainable alternatives capable of contributing to carbon storage while promoting socio-environmental benefits, serving as both a climate solution and a business model. This study analyzed the potential of small-scale perennial species to increase carbon stocks in organically managed soils, aligning with the United Nations 2030 Agenda Sustainable Development Goals (SDG 2, 13, and 15). The methodology proposed a cultivation model for the Terra Firme neighborhood in Belém (PA), utilizing Kale (*Brassica oleracea*) and Scallions (*Allium fistulosum*) within an urban garden framework, with the experiment based on the principles of Souza (2006). Projected results indicate that over 24 months, this management approach can accumulate 22.5 kg of pure carbon in a 30 m² model backyard, resulting in the removal of the equivalent of 82.5 kg of CO_2 from the atmosphere. Therefore, the modeled system assists in climate mitigation, reconciling food security with the creation of business prototypes in peripheral neighborhoods.

Keywords: Carbon sequestration; Urban garden; Climate mitigation; Social technologies.

INTRODUÇÃO

A emissão de gases de efeito estufa (GEEs) tem aumentado significativamente nas últimas décadas, principalmente em decorrência de atividades antrópicas como a queima de combustíveis fósseis, processos industriais e mudanças no uso da terra, intensificando o aquecimento global (RAUPACH et al., 2007). Esse aumento resultou na elevação da concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, intensificando o efeito estufa e contribuindo para o aquecimento global. Como consequência, observam-se mudanças nos regimes de ocorrência, aumento da frequência de eventos climáticos extremos e impactos significativos sobre ecossistemas naturais e sistemas produtivos (IPCC, 2023).

Esse cenário deixa claro a necessidade de adoção de estratégias eficazes de mitigação climática, capazes de reduzir a concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera. Entre essas estratégias, destaca-se o sequestro de carbono no solo, processo pelo qual o carbono atmosférico é capturado pelas plantas por meio da fotossíntese e incorporado à matéria orgânica do solo contribuindo para sua estabilidade estrutural e fertilidade (LAL, 2004).

Embora grande parte dos centros se concentre em áreas florestais e sistemas agrícolas de larga escala, os ambientes urbanos têm sido objeto de estudos que ganharam relevância nas discussões sobre mitigação climática. O meio urbano concentra parte significativa das emissões de CO_2, tornando-se estratégico no desenvolvimento de soluções baseadas na natureza (DUREN; MILLER, 2012). Seguindo esse contexto, hortas urbanas e jardins regenerativos se apresentam como alternativas sustentáveis, capazes de promover benefícios ambientais e sociais, como segurança alimentar, melhoria microclimática e aumento da biodiversidade.

A presença de mudas de pequeno porte nesses sistemas pode contribuir para o aumento do estoque de carbono no solo, principalmente em função do crescimento radicular, deposição de resíduos orgânicos e estímulo à atividade microbiana (LAL, 2004; COTRUFO et al., 2013). Espécies de crescimento rápido tendem a apresentar maior acúmulo de biomassa em

curtos períodos, favorecendo o transporte contínuo de carbono ao solo (BUDOWSKI, 1965; SHIMAMOTO, 2012).

Perante esse contexto, o atual estudo tem como objetivo avaliar a contribuição de mudas de pequeno porte para o aumento do estoque de carbono no solo em hortas urbanas, estimando seu potencial de mitigação das emissões de CO_2. Busca-se, ainda, discutir a importância desses sistemas como instrumentos de inovação socioambiental alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustável (ODS) da Organização das Nações Unidas, com destaque para a ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), a ODS 15 (Vida Terrestre) e a ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ao integrar mitigação climática, conservação do solo e promoção da segurança alimentar em contextos urbanos.

REVISÃO DA LITERATURA

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2021), as mudanças climáticas surgem principalmente da progressiva acumulação de GEEs na atmosfera, resultantes de atividades antrópicas como a queima de combustíveis fósseis, desmatamento e mudanças no uso da terra. Entre os principais GEEs, destaca-se o dióxido de carbono (CO_2), cuja concentração atmosférica aumentou significativamente desde a Revolução Industrial, intensificando o efeito estufa e promovendo o aquecimento global (IPCC, 2021; LAL, 2004).

Como principal sumidouro terrestre, os solos possuem um papel fundamental no ciclo global do carbono, armazenando mais carbono que a atmosfera e a concentração combinadas (LAL, 2004; LEHMANN; KLEBER, 2015). O carbono no solo encontra-se principalmente na forma de matéria orgânica do solo (MOS), cuja dinâmica é regulada por fatores como clima, uso da terra, manejo agrícola e cobertura vegetal (SIX et al., 2002). A incorporação de resíduos vegetais, o crescimento radicular e a atividade microbiana são voltadas diretamente para o acúmulo e estabilização do carbono no solo (LEHMANN; KLEBER, 2015).

No contexto urbano, o solo sofre frequentemente processos de compactação, impermeabilização e manipulação, facilitando sua capacidade de armazenar carbono (POEPLAU et al., 2016). Entretanto, áreas verdes urbanas - como parques, quintais e hortas comunitárias - apresentam potencial significativo para o sequestro de carbono, principalmente quando manejadas com práticas agroecológicas (EDMONDSON et al., 2012; LAL; AUGUSTIN, 2012). Estudos apontam que solos de hortas urbanas podem apresentar estoques de carbono comparáveis ou superiores aos solos agrícolas específicos, dependendo do manejo (EDMONDSON et al., 2014).

As hortas urbanas caracterizam-se pelo cultivo diversificado de espécies alimentares, frequentemente associado ao uso de compostagem, cobertura morta e adubação orgânica. Essas práticas favorecem o aumento da matéria orgânica e estimulam a atividade biológica do solo, promovendo maior estabilização do carbono (LAL, 2004; SIX et al., 2002). Além disso, sistemas com maior diversidade vegetal são propícios a apresentar maior esporte radicular e maior eficiência no uso de nutrientes, favorecendo o acúmulo do carbono orgânico do solo (POEPLAU et al., 2016).

No que se refere à contribuição de mudas de pequeno porte, espécies herbáceas e hortaliças de ciclo curto desempenham papel importante no transporte contínuo de biomassa aérea e radicular ao solo. Embora apresentem menor acúmulo individual de biomassa quando comparadas às espécies arbóreas, seu rápido crescimento e expressivas taxas de renovação

radicular contribuem para fluxos constantes de carbono para o solo (SIX et al., 2002). A deposição de resíduos culturais e exsudatos radiculares é uma importante via de incorporação de carbono orgânico, sobretudo em sistemas intensivos e bem gerenciados (LEHMANN; KLEBER, 2015). Nesse sentido, a inserção de espécies perenes ou de ciclo longo em hortas urbanas reforça o controle do carbono via atividade biológica constante. Diferente das culturas anuais, a continuidade de um sistema radicular metabolicamente ativo reduz a necessidade de intervenções mecânicas, contribuindo para a integridade dos macroagregados (SIX et al., 2002). Esse fluxo ininterrupto de exsudatos na rizosfera é o que sustenta a atividade microbiana responsável pela transformação do carbono lábil em frações orgânicas estáveis (LAL, 2004).

Além disso, práticas como o uso de adubos orgânicos e compostagem - comuns em hortas urbanas - são importantes para o aumento da fração estável da matéria orgânica, ampliando o potencial de sequestro de carbono a médio e longo prazo (LAL, 2004). A manutenção da cobertura do solo também diminui perdas por erosão e mineralização acelerada, favorecendo o balanço positivo de carbono (SIX et al., 2002).

METODOLOGIA

A base tecnológica para a condução do experimento modelo e o manejo cultural seguiram estritamente os preceitos estabelecidos por Souza (2006), priorizando a sustentabilidade do agroecossistema por meio do balanço energético positivo e da eficiência na ciclagem de nutrientes. O autor demonstra que o sistema de produção de hortaliças deve priorizar o cultivo mínimo e incorporar resíduos orgânicos adjunto da manutenção de coberturas vegetais o auxílio de reter o carbono por décadas. Esse manejo, torna-se essencial para evitar a mineralização da matéria orgânica gerando como consequência os gases do efeito estufa. A estratégia principal consiste no uso de resíduos reciclados por meio da compostagem orgânica, buscando utilizar adubos com alto teor de matéria orgânica para elevar o estoque de carbono presente no solo. Esse monitoramento do sequestro potencial de carbono foi realizado na camada de 0 a 20 cm do canteiro da horta, onde a ausência de revolvimento intensivo favoreceu a formação de um sumidouro estável de carbono e duradouro.

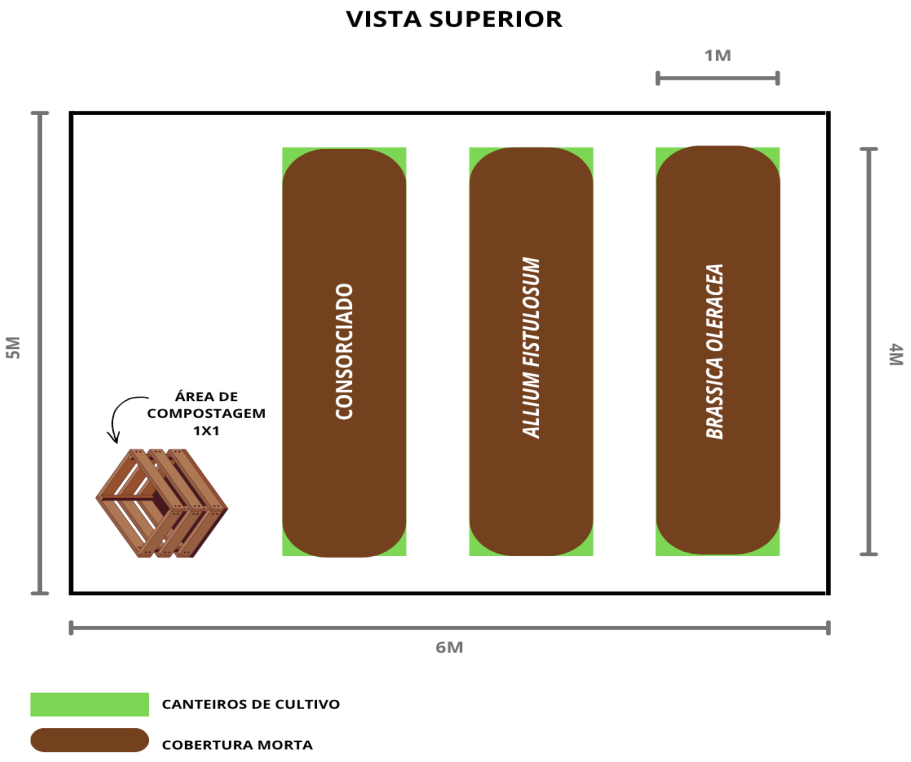
A partir dessa perspectiva, a atual proposta de extensão apresenta a replicação em escalas diferentes deste modelo de cultivo de hortaliças, por meio da implantação de uma unidade de produção de Couve (*Brassica oleracea*) e Cebolinha (*Allium fistulosum*) em quintais residenciais no bairro da Terra Firme,em Belém do Pará. De acordo com, (RAIMUNDO et al., [s.d.]), o solo dessa região é majoritariamente classificado como Latossolo Amarelo por serem altamente drenados, profundos, ácidos e com baixa fertilidade natural, mas com manejo adequado ele pode mudar essas características drasticamente. A preferência para esse local foi para além de sugerir uma solução climática, mas social para famílias que precisam de uma melhor segurança alimentar. A escolha destas espécies justifica-se pelo seu ciclo de vida longo, o baixo custo das sementes que variam entre 3,00 até 8,00 reais para pacotes pequenos e sua produção contínua, o que permite a manutenção de um sistema radicular ativo no solo durante todo o ano em escala doméstica, especificamente em quintais residenciais de áreas urbanas periféricas. O manejo segue detalhadamente os princípios de Souza (2006), utilizando o cultivo mínimo sem revolvimento da terra e a

adubação via compostagem doméstica de resíduos orgânicos que em áreas urbanas é algo crescente que muitas vezes são descartados na rua. Para adaptar a metodologia ao clima equatorial da região, os canteiros são projetados para um tamanho de 30 m² e também adotar o espaçamento entre as mudas de 0,80 m x 0,50 m para a Couve e 0,20 m x 0,15 m para as de Cebolinha, isso vai garantir o aporte necessário da densidade de biomassa do modelo. Além disso, a depender da residência pode ser adaptado e protegido por uma camada de 10 cm de cobertura morta, essencial para evitar que as chuvas intensas causem a lixiviação do carbono e para manter a temperatura do solo favorável à fixação de matéria orgânica estável na camada de 0 a 20 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

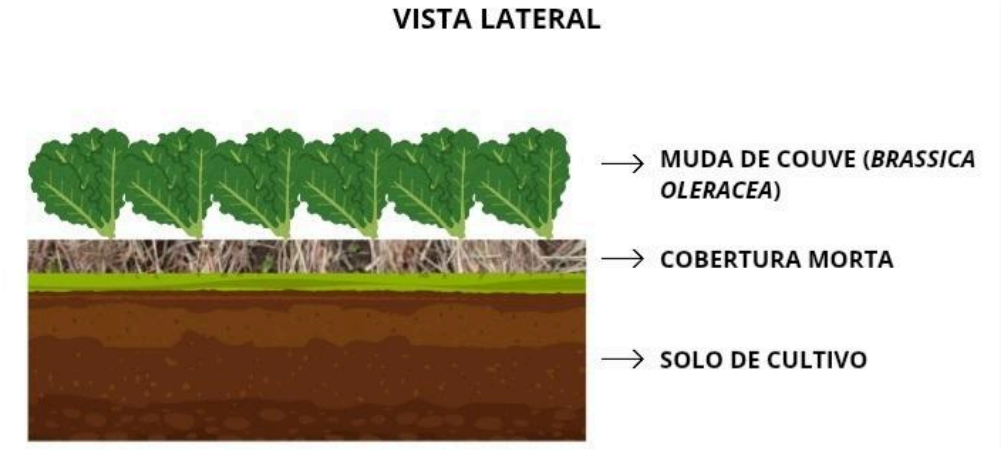
A análise dos resultados se baseia na capacidade de sequestro de carbono em ambiente equatorial antropizado. Diferente dos solos urbanos convencionais da periferia de Belém, que de forma recorrente atuam como fontes de emissão de gases por conta da oxidação da matéria orgânica exposta, o manejo baseado em Souza (2006) estabelece um processo de sequestro ativo. Considera-se que, em 24 meses, o acúmulo contínuo de composto doméstico e a permanência das raízes da couve e cebolinha originam em um acúmulo de 22,5 kg de carbono puro em apenas 30 m².

Imagem 1: Vista superior do quintal



Fonte: Autores 2026

Imagem 2: Vista lateral do quintal



Fontes: Autores 2026

A eficácia deste sistema em Belém está vinculada à gestão térmica: a cobertura morta diminui a temperatura do solo em até 8 °C, um ajuste térmico que ajuda o carbono a se manter estável no ecossistema. Essa redução é crucial para retardar a mineralização da matéria orgânica, processo que, sob calor excessivo, aceleraria a decomposição e a perda de nutrientes. Ao mitigar o calor, o sistema possibilita que os microrganismos estabilizem o carbono em agregados físicos, preservando o estoque de carbono no solo amazônico. Sob o ponto de vista da gestão, essa eficiência térmica e biológica ajuda a diminuir muito o risco de perda da biomassa, vista como o "estoque" da produção. Com isso, o empreendimento consegue manter uma produção mais previsível, mesmo quando enfrenta condições climáticas extremas.

Tabela 1: Projeção de Sequestro e Impacto Ambiental (Biênio)

Indicador Analisado	**Resultado (Quintal 30m²)**	**Impactos**
Carbono Estocado (C)	22,5 kg	Recuperação da fertilidade do solo urbano.
Equivalente em CO_2	82,5 kg	Retirada direta de gases de efeito estufa.
Temperatura do Solo	Redução de 8 °C	Mitigação de ilhas de calor no bairro.
Balanço Energético	Altamente Positivo	Autonomia total (sem adubos químicos).

Fonte: Autores 2026.

Com base nos indicadores da Tabela 1, observa-se que o sistema funciona como um protótipo de empreendimento periférico, com baixo custo e um bom retorno socioambiental. Um dado central para essa análise é a eficiência do sequestro de carbono: o valor de 82,5 kg de CO_2 equivalente foi obtido através da aplicação do fator estequiométrico de 3,67 sobre os 22,5 kg de carbono estocado. Esse número representa a relação entre a massa molecular do dióxido de carbono ($CO_2 \approx 44$) e a massa atômica do carbono ($C \approx 12$), permitindo converter o carbono retido na biomassa e no solo em impacto real de mitigação atmosférica ($22{,}5 \times 3{,}67 = 82{,}57$).

O balanço energético altamente positivo demonstra que a produção consegue se sustentar sozinha em termos de insumos, já que a compostagem doméstica dispensa a compra de fertilizantes. Assim, o que antes era um problema - o resíduo orgânico - passa a ser aproveitado como um recurso produtivo, exigindo um investimento inicial consideravelmente baixo (entre R$ 3,00 e R$ 8,00 por ciclo de sementes).

Portanto, sob uma perspectiva integrada, o sistema projetado experimentalmente revela alta eficácia ao fechar o ciclo de nutrientes localmente. O uso de espécies perenes funciona pontualmente como uma âncora biológica, melhorando a porosidade do solo e facilitando a infiltração das águas pluviais, o que diminui o escoamento superficial em áreas de baixada, minimizando o impacto de alagamentos em terrenos de topografia plana. Além da regulação hidrológica, essa organização física, promovida pela densidade radicular da couve e da cebolinha, age na proteção da compactação superficial, assegurando a manutenção de um estoque de carbono estável mesmo sob eventos de precipitação extrema. Da perspectiva socioambiental, essa dinâmica do experimento eleva a qualidade de vida das pessoas da região principalmente por promover aos indivíduos segurança alimentar e educação ambiental.

CONCLUSÃO

O presente estudo indica que a implementação do modelo de hortas urbanas manejadas constitui uma estratégia viável e eficaz para a mitigação climática em ambientes muito danificados pelo homem como as cidades. A transição de solos urbanos degradados para sistemas produtivos com espécies perenes, como a Couve e a Cebolinha que fazem parte da dieta de diversas famílias brasileiras no dia a dia, demonstra um potencial significativo de sequestro ativo de carbono. Estima-se que, em um período de 24 meses, esse manejo seja capaz de estocar aproximadamente em um estoque acumulado de 22,5 kg de carbono puro em apenas 30 m².

A viabilidade desse modelo, fundamentado no experimento de Souza (2006), reside na manutenção da cobertura permanente e na ausência de revolvimento intensivo, práticas que favorecem a formação de um sumidouro de carbono estável e resiliente. Além disso, a técnica promove tecnologias socioambientais fundamentais em comunidades, conciliando gerar a

segurança alimentar e educação ambiental, principalmente com o uso de resíduos dos próprios moradores para compostagem dessas hortas promovendo a melhora na qualidade de vida desses indivíduos e o desenvolvimento de um arquétipo de empreendimento comunitário em áreas periféricas como a Terra Firme.

REFERÊNCIAS

LAL, R. **Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security.** *Science*, v. 304, p. 1623–1627, 2004.

LAL, Rattan. **Soil carbon sequestration to mitigate climate change.** *Geoderma*, Amsterdam, v. 123, n. 1–2, p. 1–22, 2004.

LEHMANN, Johannes; KLEBER, Markus. **The contentious nature of soil organic matter.** *Nature*, London, v. 528, p. 60–68, 2015.

RAIMUNDO, J. et al. **Capítulo 1 Solos do estado do Pará. [s.l: s.n.].** Disponível em:<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1127233/1/LV-RecomendacaoSolo-2020-27-48.pdf>.

SIX, Johan et al. **Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils**. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 241, p. 155–176, 2002.

SOUZA, José Luiz de. **Agricultura orgânica: tecnologias para produção sustentável. Vitória**: INCAPER, 2006.

TEODORO, Ricardo B.; OLIVEIRA, Fábio L.; SILVA, Djalma M. N. da; FÁVERO, Cássio. **Aspectos agronômicos de espécies perenes como cobertura do solo. *Revista Brasileira de Agroecologia***, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 45–58, 2011.

TOENSMEIER, Eric et al. **Perennial vegetables: a neglected resource for biodiversity, carbon sequestration and nutrition**. *Sustainability*, Basel, v. 12, n. 12, 2020.