



CULTIVO DE ERVAS MEDICINAIS NA CLÍNICA ESCOLA UNIFATEA COMO FERRAMENTA PARA SEQUESTRO DE CARBONO E CONTRIBUIÇÕES PARA A MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

AUTOR

Milena Sarraipo;

José Eduardo Freitas;

Aline Francisca de Souza;
Bacharelado em Ciências Biológicas

Paulo Sergio de Sena
Programa Mestrado Profissional Design, Tecnologia e Inovação Centro Universitário Teresa D'Ávila – Unifatea

RESUMO

O cultivo de ervas medicinais se mostrou uma ferramenta significativa para sequestrar carbono e contribuir com o processo de aquecimento global que acompanha as mudanças climáticas. Este trabalho sistematizou o cultivo de seis ervas medicinais de uso comum na região: *Justicia pectoralis*, *Melissa officinalis*, *Pelargonium graveolens*, *Salvia rosmarinus*, *Origanum vulgare* e *Plectranthus barbatus*, usando o modelo matemático de Negi, Manhas e Chauhan (2003). Os resultados mostraram que duas ervas medicinais tem grande potencial para sequestrar carbono: *Pelargonium graveolens* e *Plectranthus barbatus*. Dessa forma, o trabalho é um referencial para se incrementar o cultivo dessas plantas, que passam a ter outro valor agregado, além dos medicinais, o sequestro de carbono positivo e o uso como um produto sustentável.

Palavras-chave: ervas medicinais, carbono, mudanças climáticas

ABSTRACT

The cultivation of medicinal herbs has proven to be a significant tool for carbon sequestration and contributing to the mitigation of global warming, which accompanies climate change. This study systematized the cultivation of six commonly used medicinal herbs in the region: Justicia pectoralis, Melissa officinalis, Pelargonium graveolens, Salvia rosmarinus, Origanum vulgare, and Plectranthus barbatus, utilizing the mathematical model by Negi, Manhas, and Chauhan (2003). The results showed that two medicinal herbs have great potential for carbon sequestration: Pelargonium graveolens and Plectranthus barbatus. Thus, this study serves as a reference for increasing the cultivation of these plants, which now have added value beyond their medicinal uses, as they contribute to positive carbon sequestration and can be marketed as sustainable products.

Keywords: medicinal herbs, carbon, climate change

INTRODUÇÃO

O rápido aumento na concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, juntamente com outros gases de efeito estufa, desde a Revolução Industrial, é uma preocupação significativa devido ao seu impacto nas mudanças climáticas. Diante desse cenário, torna-se imperativo adotar medidas eficazes para mitigar a ameaça das alterações climáticas globais.

O dióxido de carbono (CO₂) destaca-se, segundo o IPCC (2023), como um dos principais contribuintes para o efeito estufa. Neste sentido, o sequestro de carbono emerge como um método natural para remover o carbono da atmosfera, contribuir com a subsistência local e com as funções ecossistêmicas. A captura do dióxido de carbono atmosférico ocorre nos elementos da biosfera, como plantas, solos e oceanos, por meio do processo de fotossíntese, onde o CO₂ é transformado em biomassa.

A estratégia global para mitigar as alterações climáticas envolve a remoção do CO₂ atmosférico, aumentando a assimilação de CO₂ pela vegetação terrestre. Isso é alcançado retendo carbono, melhorando a transformação do carbono atmosférico em biomassa vegetal e matéria orgânica do solo, e reduzindo as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Contudo, a eficácia do sequestro de carbono varia consideravelmente entre diferentes tipos de vegetação, devido às suas características fisiológicas, taxas de crescimento, acumulação de biomassa e influências ambientais específicas (IPCC, 2018).

Desenvolver um projeto de plantio experimental de ervas medicinais com foco no serviço ambiental de sequestro de carbono é uma iniciativa que combina benefícios para a saúde humana e para a saúde do ambiente. Para Silva et al (2023), a aferição do sequestro de carbono em plantio experimental de ervas medicinais é fundamental para avaliar o impacto ambiental positivo dessa atividade humana.

É imperativo considerar que o plantio experimental de ervas medicinais pode contribuir para a redução das emissões de carbono e também pode ter um impacto positivo nas comunidades locais (Peduto; Satdinova, 2009). O cultivo dessas plantas, frequentemente, envolve práticas agrícolas sustentáveis, como o uso responsável da água e a minimização do uso de pesticidas, o que beneficia não apenas o ambiente, mas também a economia local. A geração de empregos e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis podem ser uma parte essencial de projetos que buscam integrar o sequestro de carbono com o cultivo de ervas medicinais (Paixão; Oliveira, 2013).

Além disso, a pesquisa e o monitoramento contínuo devem seguir rigoroso controle para entender plenamente o impacto do plantio experimental de ervas medicinais no sequestro de carbono e no ecossistema em geral. Isso inclui a medição regular do estoque de carbono no solo e nas próprias plantas, bem como a avaliação da biodiversidade local e da qualidade do solo. Esses dados são essenciais para aprimorar as práticas de cultivo, otimizar os resultados ambientais e garantir que os benefícios sejam sustentáveis em longo prazo.

O objetivo geral desse trabalho foi investigar e documentar o potencial das ervas medicinais como agentes de sequestro de carbono em ambientes de cultivo experimental. Quanto aos objetivos específicos: 1. Aferir o Sequestro de Carbono: Medir e quantificar a capacidade de diferentes espécies de ervas medicinais para absorver dióxido de carbono da atmosfera e armazená-lo em suas biomassas; 2 - Identificar Espécies mais eficazes: Identificar quais espécies de ervas medicinais demonstram maior eficiência no sequestro de carbono, bem como quais fatores ambientais (como solo, clima e manejo) influenciam esse processo;

A justificativa para este trabalho está fundamentada na promoção da saúde ambiental, na mitigação das mudanças climáticas e na promoção da agricultura sustentável. O cultivo de ervas medicinais é amplamente reconhecido por seus benefícios para a saúde humana; no entanto, estender seu uso para a mitigação das mudanças climáticas e o sequestro de carbono pode amplificar sua importância. Dado que as mudanças climáticas representam uma ameaça global, a redução das emissões de carbono é prioritária, e este projeto aborda diretamente essa questão, oferecendo uma solução sustentável. Além disso, ao identificar práticas de cultivo sustentável que otimizam o sequestro de carbono, este projeto pode incentivar a adoção generalizada de métodos agrícolas que beneficiem o ambiente.

O problema central que esta pesquisa se propõe é medir o potencial de sequestro de carbono das ervas medicinais em ambientes de cultivo experimental. Isso é uma preocupação importante, dado o papel crítico do carbono na mudança climática global.

Em síntese, o cultivo experimental de ervas medicinais como um meio de sequestro de carbono é uma estratégia que oferece vantagens múltiplas e interconectadas. É uma atividade que promove a saúde, o bem-estar humano, desempenha um papel valioso na luta contra as mudanças climáticas e na preservação dos recursos naturais.

REFERENCIAL TEÓRICO

Rivera (2001), considerou que uma horta orgânica é um sistema de produção de alimentos que se fundamenta na utilização racional dos recursos naturais, sem o emprego de produtos químicos sintéticos, ou seja, fertilizantes químicos, agrotóxicos ou qualquer produto que não esteja autorizado pela legislação de agricultura orgânica.

O cultivo de hortas de plantas medicinais é uma prática que combina a produção de recursos naturais para a saúde com a promoção de práticas agrícolas sustentáveis. Mighty (2016) enfatizou a importância desse tipo de horta. Ratificando que não apenas oferecem uma fonte acessível de ervas medicinais, mas também permitem que as pessoas se reconectem com a natureza e entendam melhor o poder curativo das plantas. Além disso, o cultivo de plantas medicinais em hortas orgânicas, conforme destacado por Araújo (2021) de que é importante promover práticas agrícolas que enriqueçam o solo e aumentem a biodiversidade, contribuindo assim para a saúde do ecossistema como um todo.

O sequestro de carbono se refere à captura e armazenamento de dióxido de

carbono (CO₂) da atmosfera por meio de processos naturais ou artificiais. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023) destacou o papel crítico desse fenômeno na mitigação das mudanças climáticas. Árvores, plantas e solos desempenham um papel essencial no sequestro de carbono, absorvendo CO₂ durante a fotossíntese e armazenando-o a longo prazo. Ao reduzir as concentrações de CO₂ na atmosfera, o sequestro de carbono ajuda a combater o aquecimento global e seus impactos adversos. É uma peça fundamental na busca por um futuro mais sustentável e resiliente em face das mudanças climáticas.

O cultivo de hortaliças desempenha um papel significativo no sequestro de carbono. No entanto, Jackson (2002), ratificou a importância de práticas agrícolas que promovam o sequestro de carbono. Hortaliças, quando cultivadas de maneira orgânica e regenerativa, podem contribuir para a melhoria da saúde do solo e o aumento da matéria orgânica, auxiliando assim na retenção de carbono no solo. O uso responsável de compostagem e práticas de rotação de culturas também pode ajudar a maximizar o sequestro de carbono em sistemas agrícolas que incluem hortaliças.

O interesse na redução das emissões de carbono e nos programas de comércio de carbono está em ascensão. Para calcular os benefícios de carbono das paisagens, é necessário entender como elas sequestram e armazenam carbono. A dinâmica do carbono foi amplamente estudada em várias paisagens, incluindo paisagens naturais, agrícolas, florestas urbanas e comunitárias. No entanto, há relativamente poucos dados sobre o sequestro de carbono em paisagens ornamentais.

Em um estudo conduzido por Whittinghill, Rowe, Schutzki e Cregg (2014), foi realizado a comparação do conteúdo de carbono de nove sistemas paisagísticos subterrâneos e três de telhados verdes de diferentes complexidades para avaliar seu potencial de sequestro de carbono. Os sistemas paisagísticos que incluíam plantas lenhosas, como arbustos e herbáceas perenes, apresentaram maiores teores de carbono (65,67, 78,75 e 62,91 kg m⁻² para sistemas subterrâneos e 68,75 e 67,70 kg m⁻² para telhados verdes). A mistura nativa da pradaria também demonstrou alto teor de carbono devido à abundância de biomassa vegetal (28,57 kg m⁻²). A horta e o telhado verde vegetal continham uma quantidade moderada de carbono (54,18 e 11,03 kg m⁻², respectivamente). Os telhados verdes de Sedum e da pradaria tinham menos carbono do que os sistemas paisagísticos subterrâneos, indicando que, embora os telhados verdes capturem alguma quantidade de carbono, sistemas paisagísticos ao nível do solo podem oferecer benefícios de sequestro de carbono mais substanciais. Portanto, embora as paisagens ornamentais tenham um potencial considerável para o sequestro de carbono, sua gestão adequada é crucial para maximizar a retenção e a permanência do carbono sequestrado.

Singh, Tewari, Kushwaha e Dadhwal (2011), avaliaram a taxa de sequestro de biomassa e carbono em uma plantação mista de *Dalbergia sissoo* Roxb., *Acacia catechu* Willd. e *Albizia lebbek* Benth., com quatro anos de idade, localizada na região de Teraj, no Himalaia central. A plantação cobre uma área de 44 hectares, com uma densidade de 1.322 árvores por hectare, todas com diâmetros inferiores a 10 centímetros. Desenvolvemos equações alométricas para estimar a biomassa acima e abaixo do solo

para essas árvores.

Os resultados de Singh, Tewari, Kushwaha e Dadhwal (2011), obtidos revelaram que a biomassa total da vegetação florestal aumentou significativamente, passando de 10,86 Mg ha⁻¹ em 2008 para 19,49 Mg ha⁻¹ em 2009. Este aumento na biomassa reflete o processo de sequestro de carbono, com a floresta acumulando carbono a uma taxa de 4,32 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Dessa forma, se entende que a agricultura sustentável, que inclui o cultivo de hortaliças, pode desempenhar um papel importante no sequestro de carbono e na mitigação das mudanças climáticas, conforme destacado por especialistas e pesquisadores em agricultura regenerativa.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho analisou as ervas medicinais: Chamba, Erva-cidreira, Citronela, Alecrim, Orégano e Boldo. As descrições de cada uma das espécies foram baseadas no site: Horto Didático de Plantas Medicinais (UFSC, 2023).

a. Chamba (*Justicia pectoralis*)

Nomes populares: Chambá, chachambá, anador, trevo-do-pará, trevo-cumaru, tilo, carpintero, té criollo (Cuba).

Sinonímias: *Dianthera pectoralis* (Jacq.) J.F. Gmel., *Dianthera pectoralis* (Jacq.) Murray, *Ecbolium pectorale* (Jacq.) Kuntze, *Justicia pectoralis* var. *latifolia* Bremek., *Justicia stuebelii* Lindau, *Psacadocalymma pectorale* (Jacq.) Bremek., *Rhytiglossa pectoralis* (Jacq.) Nees, *Stethoma pectoralis* (Jacq.) Raf., etc.

Origem ou Habitat: Nativa da região tropical da América (Alonso, 2004; Gupta, 1995).

Características botânicas: Herbácea perene, suberecta, ascendente, com até 60 cm de altura, com ramos delgados, caule com pêlos curtos e engrossamento na região dos nós. Folhas inteiras, simples, opostas, lanceoladas ou ovado-lanceoladas, de 3 a 10 cm de comprimento, sem pêlos, acuminadas, com a base estreita e obtusa, com 0,7 a 2 cm de largura. Flores irregulares, com corola violácea, dispostas em panículas terminais. Possui cápsula comprimida e estipitada. Multiplica-se por estaquia ou replantando-se pequenos ramos já enraizados.

b. Erva-cidreira (*Melissa officinalis* L.)

Família botânica: Lamiaceae (Labiatae)

Sinonímias: *Melissa bicornis* Klokov.

Nomes populares: Erva-cidreira, cidreira, erva-cidreira-verdadeira, melissa, chá-da-frança, limonete, melissa-romana, balm or lemon balm (Inglês), bee balm, sweet balm (Inglês, Estados Unidos), xiang feng hua (Pinyin, China), etc.

Origem ou Habitat: Europa, norte da África e oeste da Ásia.

Características botânicas: Erva perene, ereta, de até 80 cm de altura, ramificada desde a base, com ramos quadrangulares, folhas opostas, simples, ovadas, com até 7 cm de comprimento, pilosas, de margem crenada, curto pecioladas, com nervuras salientes na face inferior. Flores brancas e rosadas, dispostas em verticilos axilares, em número de 6-12.

Observação: A *Melissa officinalis* cultivada no Brasil não floresce, exceto a chamada *M. officinalis* var. *limonete*.

c. Citronela (*Pelargonium graveolens* L'Hér.)

Família botânica: Geraniaceae

Sinonímias: *Pelargonium intermedium* Kunth.

Nomes populares: Malva-cheirosa, malva, pelargônio, malva-rosa, rose geranium (Inglês, Estados Unidos), sweet-scented geranium (Inglês, Estados Unidos).

Origem ou Habitat: Originária do sul da África e introduzida em outras regiões.

Características botânicas: Planta aromática, perene, lenhosa, medindo até 1 m de altura. Folhas largamente pecioladas, pilosas, com 5-7 lóbulos, arredondadas ou cordado-ovadas com bordas dentadas. Flores de 2,5 cm de diâmetro, rosadas, sem aroma, sésseis e pedunculadas. *Pelargonium* deriva da palavra grega que significa bico de cegonha (pelargos) e se refere à forma do fruto desta planta. Multiplica-se por estaquia ou por sementes.

d. Alecrim (*Salvia rosmarinus* (L.) J.B. Walker, B.T. Drew & J.G. González)

Sinônimo: *Rosmarinus officinalis* L.

Família botânica: Lamiaceae (Labiatae)

Nomes populares: Rosmarino, rosmarinho, alecrim-de-jardim, alecrim-de-cheiro, alecrim-da-horta, alecrim-rosmarinho, rozmarin, rosmarino, erva-da-graça, etc.

Origem ou Habitat: Vegeta espontaneamente em terrenos pedregosos e arenosos no litoral dos países mediterrâneos, entre o norte da África e o sul da Europa. A espécie está aclimatada ao Brasil, sendo cultivada em hortas e jardins (Silva Junior, 2003).

Características botânicas: Subarbusto lenhoso, ereto, pouco ramificado, perene, medindo cerca de 1,5 m de altura. Folhas com 1,3-4 cm de comprimento e 0,1-0,3 cm de largura, lanceoladas, opostas cruzadas, sésseis simples, lineares, coriáceas, com margens recurvadas, face superior verde rugosa, face inferior esbranquiçada. Inflorescências axilares, do tipo racemo, flores azuladas, pequenas, cerca de 1 cm de comprimento.

e. Orégano (*Origanum vulgare* L.)

Família botânica: Lamiaceae

Sinónímias: *Micromeria formosana* C. Marquand, *Origanum gracile* C. Koch, *Origanum creticum* Lour.

Nomes populares: Orégano, manjerona-silvestre, mejorana (Espanha), marjolaine sauvage (França), origano (Itália).

Origem ou Habitat: Nativo da Europa e Ásia Central (Wyk & Wink, 2004) e cultivado no Brasil. O *Origanum vulgare* faz parte da medicina popular da Grécia, especialmente em Creta, onde é considerada endêmica.

Características botânicas: Herbácea perene, aromática, ereta, de hastes algumas vezes arroxeadas, medindo de 30-50 cm de altura (segundo Lorenzi & Matos, 2002) e de 75-90 cm de altura (segundo Alonso, 2004). Folhas simples, esparso-pubescentes, de 1-2 cm de comprimento. Flores esbranquiçadas, róseas ou violáceas, dispostas em glomérulos e reunidas em inflorescências paniculadas terminais.

f. Boldo (*Plectranthus barbatus* Andrews)

Família botânica: Lamiaceae (Labiatae)

Sinónímias: *Coleus barbatus* (Andrews) Benth.

Nomes populares: Boldo, boldo-de-jardim, boldo-africano, boldo-silvestre, boldo-nacional, falso-boldo, boldo-do-reino, malva-santa, malva-amarga, sete-sangrias, sete-dores, folha-de-oxalá, tapete-de-oxalá.

Origem ou Habitat: Originária da Índia (Lorenzi & Matos, 2008).

Observação: O nome popular "Boldo" deriva da espécie *Peumus boldus*, uma planta da família Monimiaceae, conhecida e comercializada como Boldo-do-Chile devido às suas propriedades colagogas e coleréticas nas dispepsias funcionais. Esta planta é nativa da região ocidental dos Andes e não está aclimatada ao Brasil, onde as espécies *Plectranthus barbatus* e *Plectranthus ornatus* são conhecidas popularmente como "boldos" e utilizadas por terem o sabor amargo semelhante ao Boldo-do-Chile. Outra planta também conhecida como "boldo" no Brasil é a espécie *Gymnanthemum amygd*

dalinum (Boldo Alumã), pertencente à família Asteraceae, que também apresenta sabor amargo.

Características botânicas: Arbusto perene, pubescente, com aproximadamente 1,5 m de altura. Folhas com 4-8 cm de comprimento, 2,5-6 cm de largura, simples, opostas, ovado-oblongas, com margem dentada, pubescentes em ambas as faces, pecioladas. Inflorescência ereta, do tipo racemo. Flores azul-violáceas, com até 2 cm de comprimento, hermafroditas, fortemente zigomorfas, 5 pétalas e 5 sépalas, corola bilabiada, lábio inferior maior, em forma navicular. Fruto formado por quatro núculas. Apresenta folhas pilosas, sendo esta uma importante característica que a diferencia das outras espécies popularmente conhecidas como "boldo". A espécie é amplamente cultivada e utilizada na medicina popular em todo o país e pode ser propagada por estacas produzidas a partir de seus caules, podendo ser cultivada em local com incidência direta de sol ou sombreado, sendo considerada uma espécie aclimatada e espontânea em todo o Brasil.

Procedimentos de cultivo e coleta

As seis plantas foram cultivadas no Centro Universitário Teresa D'Ávila – UNIFATEA, num dos espaços experimentais da Clínica Escola, na forma de floreiras suspensas (Figura 01), sem proteção das variações climáticas. O plantio se deu no mês de setembro de 2023 e as coletas foram feitas no primeiro dia do verão 2023 – 22 de dezembro de 2023 e a segunda coleta, no último dia do verão, 20 de março de 2024.

Figura 1. Horta Suspensa com Plantas Medicinais Clínica Escola UNIFATEA



Fonte: dos autores, 2024

A coleta dos exemplares seguiu os critérios quantitativos médios, isto é, após medidas das partes aéreas das plantas, uma média aritmética foi calculada e foi utilizada para seleção de um exemplar de cada espécie que atendessem as medidas médias. As plantas foram retiradas com todos os seus órgãos: raiz, caule e folhas, que passaram por um processo de limpeza da terra em suas raízes e depois pesadas, enquanto pelo úmido, em balança de precisão (Figura2)

Figura 2. Procedimentos de coleta, limpeza e pesagem com Plantas Medicinais Clínica Escola UNIFATEA



Fonte: dos autores, 2024

Procedimentos para Mensuração direta da biomassa:

As estimativas gerais para a porcentagem de carbono na biomassa de plantas herbáceas, incluindo ervas medicinais, geralmente variam de 40% a 50% de carbono em peso, como mencionado anteriormente. Plantas herbáceas são aquelas que não têm caules lenhosos permanentes e geralmente têm uma vida útil mais curta em comparação com árvores e arbustos. No entanto, essa estimativa pode variar dependendo da espécie da planta, estágio de crescimento, condições de cultivo e outros fatores.

O cálculo do armazenamento de carbono (Mt) é expresso pela fórmula: Armazenamento de carbono (Mt) = Biomassa \times %de carbono (Negi; Manhas; Chauhan, 2003). O percentual de carbono nas plantas foi estabelecido em 0,45, conforme padronizado por Carvallo et al. (1998) e Lal e Singh (2000). As equações de biomassa são empregadas para estimar os pesos das plantas na área amostral.

Uma das maneiras mais diretas de medir a absorção de carbono é pesar a biomassa das plantas (folhas, caules, raízes) regularmente ao longo do tempo. Você pode colher amostras de plantas e pesá-las em uma balança de precisão.

Com base nas medições de biomassa, foi calculada a quantidade de carbono sequestrado pelas plantas usando um modelo matemático que relaciona a biomassa à concentração de carbono.

$$\text{Carbono sequestrado (kg)} = \text{Biomassa (kg)} \times \text{Teor de Carbono na Biomassa (\%)} / 100$$

Nesse modelo matemático: "Carbono sequestrado" é a quantidade de carbono capturada pelas plantas em quilogramas (kg). "Biomassa" é a biomassa total das plan-

tas em kg. “Teor de Carbono na Biomassa (%)” é a porcentagem de carbono na biomassa de plantas herbáceas é estimada em 45%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Essa pesquisa se deu durante no cenário de verão de 2023-2024 na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e no Litoral Norte de São Paulo que apresentou um conjunto de características climáticas distintas. Este período foi marcado por variações significativas nos padrões de temperatura, precipitação e eventos climáticos extremos.

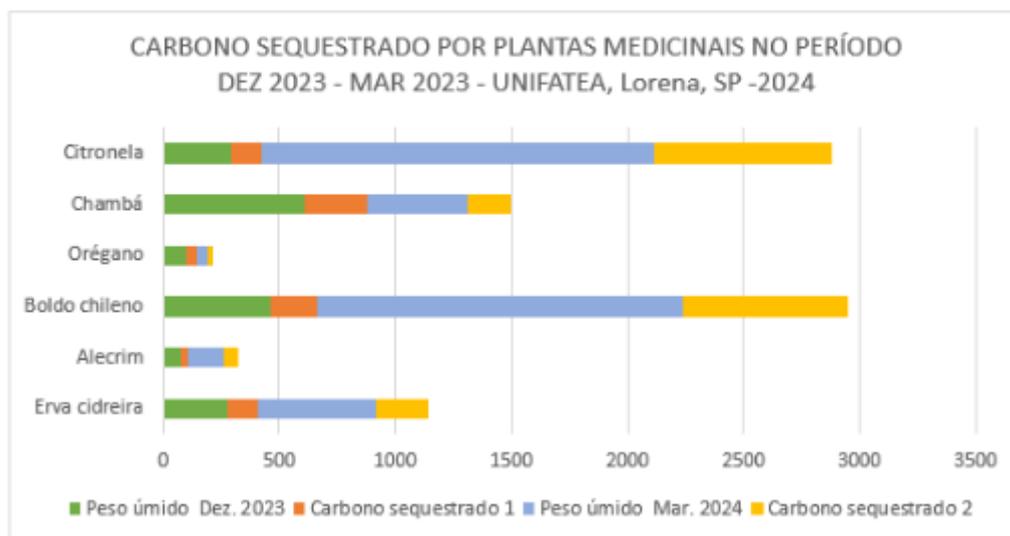
Durante o verão de 2023-2024, o INMET (2024), evidenciou na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e o Litoral Norte de São Paulo, onde se localizou o campo desta pesquisa, temperaturas acima da média histórica. Em cidades como São José dos Campos e Taubaté, as temperaturas frequentemente ultrapassaram os 35°C, estendendo-se para a cidade de Lorena, locus do trabalho, distante cerca de 100 km. Essas condições de calor intenso foram atribuídas a um bloqueio atmosférico que manteve massas de ar quente estagnadas sobre a região. O calor foi exacerbado pela baixa incidência de frentes frias, comuns nessa época do ano, mas que estiveram menos presentes nesta temporada.

A precipitação variou significativamente ao longo do verão. Dezembro e janeiro registraram chuvas abaixo da média, resultando em um início de estação relativamente seco. Esse déficit hídrico inicial afetou o abastecimento de água e a agricultura local. Em contraste, fevereiro e março foram caracterizados por chuvas abundantes e acima da média histórica. Tempestades intensas, alimentadas por umidade advinda do oceano e pela atuação do fenômeno La Niña, causaram inundações em áreas urbanas e rurais (INMET, 2024).

Ratificando e ainda sob a referência de INMET (2024), o verão foi marcado por eventos climáticos extremos. Tempestades severas, acompanhadas de raios e ventos fortes, foram comuns. Esses eventos causaram deslizamentos de terra em vários municípios. As inundações frequentes resultaram em prejuízos significativos para a infraestrutura local, com danos a estradas, pontes e sistemas de drenagem.

A Figura 3 ilustra a quantidade de carbono sequestrado por diferentes plantas medicinais cultivadas na Clínica Escola UNIFATEA durante o período de dezembro de 2023 a março de 2024. As plantas analisadas foram erva-cidreira (*Melissa officinalis*), alecrim (*Salvia rosmarinus*), boldo-chileno (*Plectranthus barbatulus*), orégano (*Origanum vulgare*), chambá (*Justicia pectoralis*), e citronela (*Pelargonium graveolens*). O gráfico fornece um estudo comparativo das capacidades de sequestro de carbono dessas plantas, destacando as diferenças em suas eficiências.

Figura 3. Sequestro de Carbono pelas Plantas Medicinais Clínica Escola Unifatea



Fonte: dos autores, 2024.

Os resultados apresentados na Figura 3 mostram que o boldo-chileno e a citronela foram as plantas com maior capacidade de sequestro de carbono, com aumentos significativos ao longo do período de estudo. Por outro lado, o orégano e o chambá apresentaram uma redução no sequestro de carbono, o que pode ser atribuído a fatores ambientais específicos ou a práticas de manejo agrícola. A erva-cidreira e o alecrim mostraram aumentos estáveis, indicando uma boa capacidade de sequestro de carbono com potencial para contribuições sustentáveis.

Silva et al. (2023) enfatizam a importância de aferir o sequestro de carbono em plantações experimentais, fornecendo suporte teórico para a metodologia aplicada na coleta e análise dos dados apresentados nas figuras 2 e 3. A pesquisa deles reforçou a relevância de quantificar a biomassa para medir o impacto ambiental positivo das atividades de cultivo.

Peduto e Satdinova (2009) discutiram a importância da agricultura urbana e das práticas agrícolas sustentáveis. As práticas adotadas no cultivo das plantas medicinais na Clínica Escola UNIFATEA seguiram esses princípios, promovendo a sustentabilidade ambiental. As plantas, como a citronela e o boldo-chileno, mostraram grande potencial de sequestro de carbono, refletindo os benefícios das práticas agrícolas sustentáveis mencionadas pelos autores.

Jackson (2002) destacou a relevância das práticas agrícolas regenerativas para o sequestro de carbono. A presença de plantas como a erva-cidreira e o alecrim, que também demonstraram capacidades significativas de sequestro de carbono, ilustra a aplicação das práticas regenerativas e a contribuição dessas plantas para a captura de carbono atmosférico, corroborando as afirmações do autor.

Carvalho et al. (1998) padronizaram o percentual de carbono nas plantas em 45%, fornecendo uma base sólida para as estimativas de sequestro de carbono rea-

lizadas neste estudo. Assim, Citronela e Boldo-Chileno que apresentaram os maiores valores de sequestro de carbono, podem ter tido uma alta eficiência na conversão da biomassa em carbono armazenado, conforme o percentual de 45%. Este alto percentual de carbono na biomassa indica que essas plantas são eficazes na captura e armazenamento de carbono. Erva-Cidreira e Alecrim também demonstraram um bom potencial de sequestro de carbono, sugerindo que as estimativas baseadas no percentual de carbono padronizado foram adequadas para essas espécies.

Citronela e Boldo-Chileno que apresentaram as maiores capacidades de sequestro de carbono, provavelmente se beneficiaram de um solo bem preparado, conforme descrito por Araújo (2021). A alta quantidade de carbono sequestrado por essas plantas sugere que práticas de manejo de solo eficazes foram implementadas, contribuindo para a saúde e crescimento vigoroso das plantas. Erva-Cidreira e Alecrim também mostraram aumentos significativos no sequestro de carbono, indicando que o preparo do solo pode ter melhorado suas condições de crescimento e capacidade de capturar carbono.

Para Whittinghill et al. (2014), a complexidade dos sistemas paisagísticos, incluindo a presença de plantas lenhosas e a diversidade de espécies, pode influenciar significativamente a capacidade de sequestro de carbono. Afirmaram ainda, que paisagens com maior diversidade de plantas e biomassa lenhosa tendem a sequestrar mais carbono. Desse modo os resultados dessa pesquisa mostraram que Citronela e Boldo-Chileno, que apresentaram as maiores capacidades de sequestro de carbono, possivelmente se beneficiaram de suas características fisiológicas e da estrutura do sistema radicular, contribuindo para um maior armazenamento de carbono. Esses resultados são corroborados com Whittinghill et al. (2014), quanto ao destaque que fizeram da importância do uso de plantas com maior biomassa e estruturas complexas para o sequestro de carbono.

Erva-Cidreira e Alecrim também mostraram um bom potencial de sequestro de carbono, sugerindo que a diversidade de espécies cultivadas pode ter um papel positivo na captura e armazenamento de carbono, conforme discutido por Whittinghill et al. (2014).

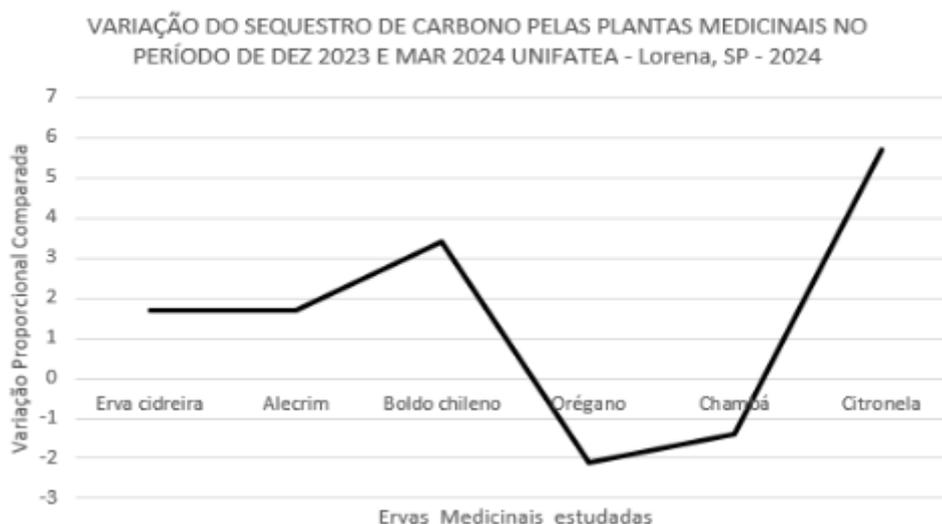
A Figura 4 apresenta a variação na quantidade de carbono sequestrado por cada planta medicinal entre dezembro de 2023 e março de 2024. Os resultados revelam diferenças significativas nas capacidades de sequestro de carbono das plantas estudadas, destacando o impacto das condições ambientais e do manejo agrícola.

Os resultados sintetizados apresentados na Figura 3 demonstram que a citronela e o boldo-chileno são extremamente eficientes no sequestro de carbono, com variações positivas significativas ao longo do período de estudo. A erva-cidreira e o alecrim também mostraram aumentos notáveis, indicando boa adaptabilidade e eficiência na captura de carbono. Em contrapartida, o orégano e o chambá apresentaram reduções, sugerindo a necessidade de investigar as condições específicas que levaram a essas variações negativas.

A metodologia de Negi, Manhas e Chauhan (2003) para calcular o armazenamento de carbono foi essencial para identificar as variações no sequestro de carbono ao longo do tempo. A aplicação do modelo matemático desenvolvido por esses autores permitiu uma análise detalhada e precisa da biomassa e do teor de carbono nas plantas medicinais. As plantas mostraram diferentes proporções de variação no sequestro de carbono, com a citronela e o boldo-chileno registrando aumentos significativos. Isso valida o modelo matemático na identificação das plantas mais eficientes para o sequestro de carbono.

Silva et al. (2023) enfatizaram a importância de aferir o sequestro de carbono em plantações experimentais, destacando a necessidade de medir regularmente a biomassa para entender o impacto ambiental positivo dessas atividades. A variação positiva no sequestro de carbono por plantas como a erva-cidreira (1.7) e o alecrim (1.7) demonstrou que as práticas de manejo aplicadas foram satisfatórias. A medição regular da biomassa e do carbono sequestrado, conforme sugerido por Silva et al. (2023), também foi validada pelos resultados.

Figura 4. Variação Quantitativa do Sequestro de Carbono pelas Plantas Medicinais Clínica Escola Unifatea.



Fonte: dos autores, 2024.

Peduto e Satdinova (2009) discutiram a importância das práticas agrícolas sustentáveis para a construção de cidades resilientes. Eles argumentaram que essas práticas beneficiam o ambiente, promovem a inclusão social e o desenvolvimento econômico local. Nessa toada, a citronela, que apresentou a maior variação positiva (5.7), e o boldo-chileno (3.4) são exemplos de plantas cultivadas sob práticas agrícolas sustentáveis. Essas plantas sequestraram mais carbono e também podem ser utilizadas em programas de agricultura urbana e comunitária.

Jackson (2002) destacou a relevância das práticas agrícolas regenerativas, que incluem a rotação de culturas, compostagem e outras técnicas que melhoram a saúde do solo e aumentam a matéria orgânica. As plantas que mostraram aumentos significativos

no sequestro de carbono, como a erva-cidreira e o alecrim, refletem a aplicação dessas práticas agrícolas regenerativas. As variações positivas indicam que essas plantas se beneficiaram de um manejo agrícola que favoreceu a captura e o armazenamento de carbono no solo e na biomassa vegetal.

Orégano e Chambá mostraram variações negativas, indicando que fatores como manejo inadequado do solo, condições ambientais adversas ou outras práticas agrícolas podem ter afetado negativamente suas capacidades de sequestro de carbono. Isso sugere que as técnicas de preparo de solo recomendadas por Araújo (2021) podem não ter sido aplicadas de maneira satisfatória para essas plantas, ou que essas espécies requerem condições específicas de solo para otimizar seu crescimento e capacidade de sequestro de carbono.

Os resultados apresentados nas Figuras 3 e 4 utilizando as contribuições de Carvalho et al. (1998) reforçam a importância de estimativas precisas do teor de carbono na biomassa para compreender e otimizar o sequestro de carbono pelas plantas medicinais. O percentual de 45% de carbono na biomassa fornecido por Carvalho et al. (1998) foi determinante para as estimativas realizadas neste estudo, permitindo uma análise detalhada e comparada das capacidades de sequestro de carbono das plantas. Os resultados sugerem que a aplicação dessas estimativas pode contribuir para a implementação de práticas agrícolas mais eficazes e sustentáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo investigou o potencial de sequestro de carbono de diferentes plantas medicinais cultivadas na Clínica Escola UNIFATEA, com o objetivo de compreender como essas plantas podem contribuir para a mitigação das mudanças climáticas. A pesquisa utilizou o modelo matemático de Negi, Manhas e Chauhan (2003) para calcular o armazenamento de carbono, permitindo uma análise precisa e detalhada da biomassa e do teor de carbono das plantas medicinais.

As plantas citronela (*Pelargonium graveolens*) e boldo-chileno (*Plectranthus barbatus*) mostraram-se altamente eficientes no sequestro de carbono, com aumentos significativos ao longo do período de estudo. A citronela, em particular, apresentou a maior variação positiva, sequestrando 5.7 vezes mais carbono em março de 2024 do que em dezembro de 2023. Plantas como a erva-cidreira (*Melissa officinalis*) e o alecrim (*Salvia rosmarinus*) também demonstraram um bom potencial, com aumentos estáveis de 1.7 vezes no sequestro de carbono.

A variação negativa observada no orégano (*Origanum vulgare*) e no chambá (*Justicia pectoralis*) sugere que fatores como condições ambientais adversas ou práticas de manejo inadequadas podem influenciar negativamente a capacidade de sequestro de carbono dessas plantas. Isso indica a necessidade de otimizar as práticas de cultivo e monitorar regularmente as condições ambientais.

A aplicação do modelo de Negi, Manhas e Chauhan (2003) foi validada pelos resultados obtidos, mostrando-se uma ferramenta eficaz para estimar o sequestro de

carbono em plantas medicinais.

As contribuições de Silva et al. (2023) e Peduto e Satdinova (2009) foram fundamentais para orientar as práticas de manejo agrícola sustentável e medir o impacto ambiental positivo do cultivo dessas plantas.

As práticas agrícolas regenerativas destacadas por Jackson (2002) foram refletidas nos aumentos significativos de sequestro de carbono observados em algumas plantas, reforçando a importância dessas práticas para a captura de carbono atmosférico.

O estudo demonstrou que a adoção de práticas agrícolas sustentáveis pode significativamente aumentar a capacidade de sequestro de carbono das plantas medicinais. Isso contribui para a mitigação das mudanças climáticas, promove a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico local.

Este trabalho forneceu uma base científica para futuras pesquisas sobre o sequestro de carbono por plantas medicinais e a aplicação de práticas agrícolas sustentáveis. Os resultados destacam a importância de otimizar o manejo agrícola para maximizar os benefícios ambientais e sociais do cultivo de plantas medicinais. Vale recomendar que a pesquisa sugere que o sequestro de carbono por plantas medicinais pode ser uma estratégia viável e sustentável para a mitigação das mudanças climáticas, contribuindo para um futuro mais resiliente e sustentável.

O estudo, portanto, abre caminhos para a implementação de projetos similares em outras regiões, incentivando a adoção de práticas agrícolas que promovem a saúde e o bem-estar humano, bem como desempenham um papel significativo em tempos de mudanças climáticas antropicamente deletérias.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, B. P. Preparo do solo para plantio de orgânicos. São Paulo: Editora Rural, 2021.

CARVALLO, J.A.; HINDURI N; ARAUJO T.M; SANTOS, J.C. Combustion completeness in a rainforest clearing experiment in Manaus, Brazil, *Journal of Geophysics Research-Atmosphere*, 103: 13195-13199. 1998.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Verão 2023/2024: confira a estação! No Hemisfério Sul,. Inmet e Inpe. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/ver%C3%A3o-2023-2024-confira-a-previs%C3%A3o-para-a-esta%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 22 março 2024.

IPCC. Climate Change 2023 Synthesis Report. 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf. Acesso em: 02 out. 2024.

IPCC. Global Warming of 1.5°C. Summary for Policymakers. In: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Edited by V. Masson-Delmotte et al. Incheon: IPCC, 2018. pp. 32.

JACKSON, W. Natural systems agriculture: a truly radical alternative *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 88, n. 2, p. 111-117, 2002.

NEGI, J.D.S; MANHAS, R.K. CHAUHAN, P.S. Carbon Allocation in Different Components of Some Tree species of India: A new approach for carbon estimation. *Current Science*, 85(11): 1528-1531, 2003.

PAIXÃO, J. L. F; OLIVEIRA, J. E. Z. Horta orgânica de ervas medicinais: inclusão social na comunidade da Barra em Muriaé/MG-Brasil. *Revista Agrogeoambiental*, v. 5, n. 2, 2013.

PEDUTO, E; SATDINOVA, D. O papel da agricultura urbana na construção de cidades resilientes: exemplos de bairros de Londres. *Construindo cidades resilientes*, 2009.

RIVERA, J. R. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2001.

SILVA, V. L. D.; FERREIRA, R. B.; BARBOSA, C. E. B.; SIMONASSI, F.; CRUZ, R. D. O. D. Engenharia agrônômica: produção vegetal entre a teoria e a prática. Rio de

Janeiro: Editora Agro, 2023.

WHITTINGHILL, L. J; ROWE, D. B; SCHUTZKI, R; CREGG, B. M. Quantifying carbon sequestration of various green roof and ornamental landscape systems. *Landscape and Urban Planning*, v. 123, p. 41-48, 2014.