BIOCHAR NA FORMULAÇÃO DE SUBSTRATOS PARA MUDAS FLORESTAIS: UMA REVISÃO

Gabriela Pandolfi de Santana, Jhêniffer Gonçalves Oliveira, Bianca de Oliveira Moraes, Enes Junior Rezende Zanardi, Iulo Pessotti Moro.

Universidade Federal do Espírito Santo- UFES, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Avenida Governador Carlos Lindemberg, 316, Centro, Jerônimo Monteiro- 29550-000- ES, Brasil, gabriela.p.santana@du.ufes.br, jheniffergoncalves2014@gmail.com, bianca.mataveli16@gmail.com, enes20211slbio006@gmail.com, iulo.floresta@gmail.com.

Resumo

A produção de mudas florestais depende diretamente da qualidade do substrato utilizado, que deve apresentar condições físicas e químicas adequadas para garantir o desenvolvimento inicial das plantas. Diante da busca por alternativas mais sustentáveis e economicamente viáveis, o biochar tem sido investigado como componente de substratos, em função de sua estrutura porosa e de sua capacidade de influenciar a retenção de água e nutrientes. Este trabalho teve como objetivo analisar, por meio de revisão bibliográfica, como a incorporação desse material ao substrato interfere no crescimento de mudas florestais. A partir da avaliação de diferentes estudos, observou-se que os resultados variam conforme a espécie, a proporção aplicada e as características do material de base. Em alguns casos, o biochar manteve desempenho semelhante ao substrato comercial, possibilitando redução de custos, e em outros, doses específicas favoreceram parâmetros de qualidade das mudas. De modo geral, os trabalhos indicam que seu uso pode ser viável, desde que consideradas as particularidades de cada sistema de produção.

Palavras-chave: Insumo alternativo. Sustentabilidade. Composto pirólico.
Área do Conhecimento: Ciências Agrárias- Engenharia Florestal

Introdução

O substrato constitui um dos principais insumos utilizados na produção de mudas florestais (Kratz et al., 2013). Para que o processo germinativo ocorra de maneira eficiente e a planta tenha suas demandas nutricionais atendidas ao longo do desenvolvimento, o substrato deve apresentar propriedades químicas adequadas, boa retenção de água e capacidade de suprimento de nutrientes (Barret, et al., 2016). Além disso, deve possuir adequada aeração, favorecendo a difusão de oxigênio nas raízes, estrutura física estável, bem como teores equilibrados de nutrientes essenciais, pH apropriado, textura adequada e capacidade de troca catiônica satisfatória (Vitti et al., 2007). Entretanto, muitos substratos convencionais apresentam custos elevados e podem estar associados a impactos ambientais relacionados à extração e ao processamento das matérias-primas. Nesse contexto, torna-se relevante a busca por alternativas sustentáveis que mantenham a qualidade técnica exigida para a produção de mudas, como é o caso do biochar. Esse material é originado do processo de pirólise da biomassa e pode representar uma estratégia econômica e ambientalmente adequada para o aproveitamento de resíduos (Lehmann; Joseph, 2009).

De acordo com Vasconselos (2008), o biochar corresponde ao resíduo fino ou moinha de carvão, que pode representar aproximadamente 15% da produção total de carvão vegetal. Embora tradicionalmente apresente baixo valor comercial, é obtido por meio do peneiramento durante a classificação da qualidade do carvão (Benites et al., 2009). Nesse contexto, o aproveitamento desse material na produção de mudas pode configurar-se como alternativa de menor custo quando comparado a substratos convencionais, além de apresentar características físico-químicas desejáveis que potencializam seu uso agrícola.

Sua eficácia na produção de mudas tem sido amplamente estudada, especialmente em função de sua capacidade de reduzir a lixiviação de nutrientes e água no solo, promovendo maior eficiência no

uso de nutrientes pelas plantas e contribuindo para a diminuição da dependência de adubações químicas (Lehmann; Joseph, 2009).

Portanto, o objetivo do trabalho é analisar em diferentes estudos como o biochar atua no desenvolvimento de mudas e consequentemente na viabilidade econômica.

Metodologia

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa e abordagem descritiva, desenvolvida com o objetivo de analisar o uso do biochar na produção de mudas florestais. O levantamento bibliográfico foi realizado nas bases Google Acadêmico, Scopus e SciELO, utilizando palavras-chave como “biochar”, “substrato”, “produção de mudas”, “mudas florestais” e “condicionador de solo”, empregadas isoladamente e em diferentes combinações.

Foram considerados trabalhos que apresentassem informações sobre a utilização do biochar na produção de mudas de espécies florestais, especialmente estudos que avaliassem diferentes proporções do material e seus efeitos sobre o desenvolvimento e a qualidade das plantas. Após o levantamento e a análise das publicações encontradas, foram selecionados três estudos que apresentaram maior relação com o objetivo da pesquisa: Borba (2023), Petter et al. (2012) e Lima et al .(2016).

Dos trabalhos selecionados, foram extraídas informações referentes às espécies avaliadas, proporções de biochar utilizadas, materiais empregados como substrato ou solo-base e variáveis relacionadas ao crescimento e qualidade das mudas. Entre as características analisadas, destacaram-se altura, diâmetro do coleto e número de folhas, além de outras variáveis apresentadas nos estudos.

Posteriormente, os resultados foram organizados e comparados de forma descritiva, buscando identificar diferenças e semelhanças entre as respostas obtidas para as diferentes espécies e proporções do insumo. A análise considerou a influência da dose utilizada, características dos substratos e das particularidades das espécies estudadas, permitindo discutir o potencial do material para a produção de mudas florestais.

Resultados

Foram analisados três estudos que avaliaram a utilização de biochar na produção de mudas de espécies florestais, contemplando diferentes espécies, proporções de biochar e condições de cultivo (Tabela 1). Os trabalhos selecionados avaliaram variáveis relacionadas ao crescimento e à qualidade das mudas, permitindo identificar respostas distintas à incorporação do material nos substratos.

Borba (2023) avaliou diferentes concentrações de biochar na produção de mudas de pau-ferro (Libidibia ferrea), considerando variáveis como altura, diâmetro do coleto e número de folhas. As médias obtidas para as variáveis avaliadas não diferiram estatisticamente entre os tratamentos e o substrato comercial. Entre as proporções testadas, a utilização de 50% de biochar foi considerada adequada para a produção das mudas.

Petter et al. (2012) avaliaram diferentes proporções de biochar na produção de mudas de eucalipto, utilizando substrato comercial. Entre as variáveis analisadas, a altura das plantas não apresentou diferenças expressivas entre os tratamentos, enquanto outras características relacionadas ao desenvolvimento e à qualidade das mudas responderam à incorporação do biochar. A proporção de 7,5% proporcionou o melhor desenvolvimento das mudas, enquanto concentrações superiores a 30% resultaram em redução do desenvolvimento.

Lima et al. (2016) avaliaram a utilização de biochar associada ao manejo de nitrogênio e fósforo na produção de mudas de angico (Anadenanthera colubrina). Os resultados indicaram ausência de efeitos significativos da aplicação dos tratamentos sobre determinadas variáveis de crescimento. Entretanto, foram observadas respostas relacionadas à qualidade das mudas, especialmente em função da interação entre o biochar e o fornecimento de nitrogênio.

De forma geral, os estudos analisados apresentaram respostas distintas à utilização do biochar na produção de mudas florestais. Enquanto Borba (2023) verificou a manutenção do desenvolvimento das mudas mesmo com elevada proporção de biochar, Petter et al. (2012) identificaram uma proporção intermediária associada ao melhor desenvolvimento, com redução em concentrações mais elevadas. Lima et al. (2016), por sua vez, observaram respostas menos expressivas nas variáveis de crescimento, mas identificaram efeitos relacionados à qualidade das mudas.

Tabela 1 – Síntese dos estudos analisados sobre a aplicação de biochar na produção de mudas florestais.

Autor(es)	Espécie florestal	Matéria-prima / Tipo de Biochar	Substrato / Solo base	Doses avaliadas	Principais efeitos
Borba (2023)	*Libidibia ferrea* (Pau-ferro)	Moinha de carvão vegetal	Substrato comercial	0%, 25%, 50%, 75% e 100%	Dose de 50% mais viável.
Petter et al. (2012)	*Eucalyptus* spp.	Carvão vegetal de eucalipto	Substrato comercial (Geminar)	0%, 7,5%, 15%, 30% e 60%	Melhor qualidade das mudas a 7,5%. Doses acima de 15–30% reduziram o desenvolvimento.
Lima et al. (2016)	*Anadenanthera colubrina* (Angico)	Resíduos de madeira nativa	Solo de Cerrado corrigido	Doses de biochar + N e P	Sem efeito expressivo no porte, mas melhorou a resposta e eficiência de N e a qualidade da muda.

Fonte: elaborado pelos autores.

Discussão

A influência da proporção de biochar fica evidente quando se comparam os resultados de Borba (2023) e Petter et al. (2012). Enquanto Borba considerou adequada a utilização de 50% de biochar na produção de mudas de Libidibia ferrea, Petter et al. (2012) verificaram melhor desenvolvimento das mudas de eucalipto com 7,5%, enquanto concentrações superiores a 30% prejudicaram o desenvolvimento. Essa diferença indica que não existe uma proporção universalmente adequada de biochar, uma vez que a resposta pode variar conforme a espécie e características do material empregado. Joseph et al. (2021) destacam que as respostas das plantas à aplicação de biochar podem variar em função das propriedades do material, da taxa de aplicação e das condições do ambiente de cultivo.

A resposta diferenciada entre as espécies também pode estar relacionada à interação entre as características do biochar, as condições do meio de cultivo e as exigências específicas de cada espécie. Nesse sentido, o uso do biochar deve considerar as características físico-químicas do local de aplicação e da espécie cultivada, uma vez que a compatibilidade entre esses fatores pode determinar diferentes respostas à sua incorporação (Verheijen et al., 2012). Além disso, a adição do biochar pode modificar propriedades do substrato, como densidade, porosidade, retenção de água, pH e disponibilidade de nutrientes, sendo que essas alterações dependem das características do material e das condições (Natali et al., 2024).

Outro aspecto observado é que a ausência de diferenças significativas nas variáveis de crescimento não implica necessariamente ausência de benefícios do biochar. Borba (2023) verificou desempenho semelhante ao substrato comercial, enquanto Lima et al. (2016) observaram respostas pouco expressivas no crescimento, mas efeitos na qualidade das mudas associadas à interação entre biochar e nitrogênio. Dessa forma, a avaliação do biochar deve considerar também outros indicadores de qualidade, além de variedades como altura e diâmetro.

No estudo de Lima et al. (2016) os autores afirmam que a ausência de respostas expressivas no crescimento pode estar relacionada às condições químicas favoráveis do meio de cultivo, que já atendiam às exigências da espécie. Assim, os efeitos do biochar podem ser mais evidentes quando existem limitações no substrato que possam ser amenizadas pela sua incorporação.

Conclusão

A partir da análise dos estudos revisados, conclui-se que o biochar apresenta potencial para utilização como componente de substratos na produção de mudas florestais, porém seus efeitos não são uniformes e estão relacionados à proporção utilizada, à espécie cultivada e às características do biochar e do material de base. Os estudos analisados demonstraram que tanto proporções menores quanto maiores podem apresentar respostas distintas, evidenciando a necessidade de adequação da dose às condições específicas de cada sistema de produção. Além disso, a ausência de efeitos significativos sobre determinadas variáveis de crescimento não implica necessariamente a ausência de benefícios do biochar, uma vez que respostas relacionadas à qualidade das mudas também podem ocorrer.

Dessa forma, sua utilização deve considerar não apenas o crescimento das plantas, mas também as características do substrato e os diferentes indicadores de qualidade das mudas.

Portanto, o biochar constitui uma alternativa promissora para a produção de mudas florestais e para o aproveitamento de materiais de origem residual, podendo contribuir para a formulação de substratos quando utilizado em proporções adequadas. Entretanto, considerando a variabilidade das respostas encontradas na literatura, são necessárias novas revisões sistemáticas ou pesquisas experimentais que avaliem diferentes espécies, doses, matérias-primas e condições de cultivo, de modo a estabelecer recomendações mais específicas para seu uso na produção de mudas florestais.

Referências

BENITES, V. M.; TEIXEIRA, W. G.; REZENDE, M. E.; PIMENTA, A. S. Utilização de carvão e subprodutos da carbonização vegetal na agricultura: aprendendo com as Terras Pretas de Índio. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (org.). **Terras pretas de índio da Amazônia**: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 285-296.

BORBA, L. G. L. **Biochar como condicionante de substrato na produção de mudas de *Libidibia ferrea***. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2023.

Barrett, G. E.; Alexander, P. D.; Robinson, J. S.; Bragg, N. C. Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems - A review. **Scientia Horticulturae**, v. 212, p. 220-234, 2016.

JOSEPH, S.; COWIE, A. L.; VAN ZWIETEN, L.; BOLAN, N.; BUDAI, A.; BUSS, W.; CAYUELA, M. L.; GRABER, E. R.; IPPOLITO, J. A.; KUZYAKOV, Y.; LUO, Y.; OK, Y. S.; PALANSOORIYA, K. N.; SHEPHERD, J.; STEPHENS, S.; WENG, Z.; LEHMANN, J. How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biochar. **GCB Bioenergy**, v. 13, n. 11, p. 1731–1764, 2021.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; DE SOUZA, P. V. D. Substratos renováveis na produção de mudas de Eucalyptus benthamii. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 607–621, 2013.

LEHMANN, J.; DA SILVA JR, J. P.; STEINER, C.; NEHLS, T.; ZECH, W.; GLASER, B. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. **Plant and Soil**, v. 249, n. 2, p. 343-357, 2003.

LIMA, S. L.; MARIMON JUNIOR, B. H.; DA SILVA MELO-SANTOS, K.; REIS, S. M.; PETTER, F. A.; VILAR, C. C.; MARIMON, B. S. Biochar no manejo de nitrogênio e fósforo para a produção de mudas de angico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 2, p. 120-131, 2016.

VASCONCELOS, M. C. J. F.; CAPECHE, C. L. Métodos de análise química, física e rendimento de matéria seca de plantas. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2008. 36 p. (Embrapa Solos. Documentos, 200).

NATALLI, L. H.; HILLIG, E.; LOMBARDI, K. C.; GODINHO, M.; NÚÑEZ, R. P. Use of biochar as a component of substrates in horticulture and forestry: a review**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 48, e0240027, 2024.

PETTER, F. A.; ANDRADE, R. F.; MARIMON JUNIOR, B. H.; GONÇALVES, L. G. V.; SCHOSSLER, T. R. Biochar como condicionador de substrato para a produção de mudas de eucalipto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 4, p. 44-51, 2012.

VERHEIJEN, F. G. A.; MONTANARELLA, L.; BASTOS, A. C. Sustainability, certification, and regulation of biochar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.649-653, 2012.

VITTI, M. R.; VIDAL, M. B.; MORSELLI, T. B. G. A.; FARIA, J. L. C. Efeitos de substrato alternativo e comercial na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1166-1169, 2007.