

PROTEÍNAS DO SOLO RELACIONADAS À GLOMALINA TÊM RELAÇÃO COM O ACÚMULO DE FENÓLICOS FOLIARES EM UMA POPULAÇÃO DE *Anadenanthera colubrina* (VELL.) BRENNAN?

João Gabriel Lira de Carvalho^{1,2}, Carmelo José Albanez Bastos Filho⁴,
Aline Costa da Mota³, Fábio Sérgio Barbosa da Silva^{1,2}

¹Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas – LAPEM, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil (joao.gabriel@upe.br)

²Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular Aplicada, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil

³Laboratório de Florística e Sistemática Vegetal – LabFlora, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco (UPE), Rua Arnóbio Marques, 310, Santo Amaro, Recife, PE, 50100-130, Brasil

⁴Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas, Escola Politécnica de Pernambuco, UPE, Rua Benfica, 455, Recife, Pernambuco, 50720-001, Brasil

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar se existe relação do acúmulo de Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina (PSRG), na rizosfera de uma população natural de *Anadenanthera colubrina*, com a biossíntese de fenólicos foliares. Para isso, foram quantificados fenois e taninos foliares e as PSRG, nas estações seca e chuvosa. As PSRG têm relação com os fenólicos foliares de *A. colubrina* em ambiente natural, e a estação modula a concentração dos bioativos.

Palavras-chave: Bioativos; leguminosa; população natural; simbiose micorrízica.

INTRODUÇÃO

É conhecido que fungos micorrízicos arbusculares (FMA) podem otimizar a produção de bioativos em plantas cultivadas em casa de vegetação (Bencherif et al., 2024; Barreto et al., 2025), bem como em campos experimentais (Duan et al., 2024; Sousa-Junior et al., 2025). Tais benefícios da micorrização têm sido verificados em espécies herbáceas e em arbóreas (Zhang et al., 2024; Ma et al., 2024; Li et al., 2025); no entanto, não está esclarecido se o acúmulo de metabólitos está relacionado à atividade micorrízica em plantas ocorrendo naturalmente em formações florestais.

Uma espécie candidata para avaliar tal comportamento é *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, leguminosa caducifolia que apresenta potencial terapêutico (Maia et al., 2021; Sousa et al., 2021; Ramos et al., 2024; Pimentel et al., 2024) associado ao acúmulo de bioativos na fitomassa (Soldati e Albuquerque, 2011; Mota et al., 2017; Medeiros et al., 2021; Delices et al., 2023). Nesse sentido, é conhecido que alguns fatores podem influenciar a produção desses metabólitos em *A. colubrina*, como os FMA (Carvalho et al., 2024). No entanto, os benefícios da micorrização foram

documentados apenas em mudas cultivadas em condições controladas de casa de vegetação (Pedone-Bonfim et al., 2013; Falcão et al., 2022; 2023; 2024; Carvalho et al., 2024), não havendo registros da relação entre esses microrganismos e a produção de bioativos em condições naturais.

Além disso, outros fatores podem modular a produção de bioativos vegetais, como a sazonalidade e a precipitação pluviométrica (Mwamatope et al., 2021; Formato et al., 2022; Araújo et al., 2017). Nesse aspecto, tais efeitos, sobre a produção de metabólitos em *A. colubrina*, são relatados (Monteiro et al., 2006; Sousa Araújo et al., 2015); todavia, não é considerada a atividade de microrganismos rizosféricos, como os FMA, sobretudo em relação à biossíntese de compostos bioativos em folhas, apesar desse órgão ser um recurso renovável (Japiassú et al., 2016) e que tem potencial para ser utilizado pelas indústrias de fitoformulações (Soldati e Albuquerque, 2011; Delices et al., 2023).

Dessa forma, a hipótese do presente estudo foi de que a deposição de Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina (PSRG) tem relação com a produção de compostos fenólicos foliares de *A. colubrina* ocorrendo naturalmente e as respostas são moduladas

pela estacionalidade. O objetivo foi avaliar se as PSRG estão relacionadas à produção de compostos fenólicos foliares em uma população natural de *A. colubrina*, nos períodos seco e chuvoso.

MATERIAL E MÉTODOS

O material vegetal e o solo rizosférico foram coletados em uma população natural de *A. colubrina*, em um fragmento de Floresta Atlântica Estacional, próximo à estrada do município de Timbaúba, Pernambuco, Brasil (7°31'52.1"S; 35°19'09.9"W), cujas condições climáticas estão descritas na Tabela 1. As coletas foram realizadas em duas parcelas do fragmento, para maior representatividade do local. As parcelas apresentaram, aproximadamente, de 4 a 8 km de área total, com uma distância total de 4 km entre si. As análises fitoquímicas e de parâmetros micorrízicos foram realizadas no Laboratório de Análises, Pesquisas e Estudos em Micorrizas, da Universidade de Pernambuco (LAPEM/UPE), Brasil (8°2'47.143"S; 34°53'15.086"W).

Tabela 1. Condições climáticas da região (Timbaúba, Pernambuco, Brasil) de coleta de uma população de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan

Características	Atributos do local
Clima	Tropical com precipitação outono-inverno
Classificação (Köppen)	AS (clima tropical quente e úmido)
Estação chuvosa	Março-julho
Estação seca	Agosto-fevereiro
Evapotranspiração potencial	1450-1550 mm/ano
Umidade relativa aproximada	100 %
Temperatura (outubro, 2024)	23 - 31 °C
Temperatura (março, 2025)	24 - 33 °C
Precipitação acumulada em outubro, 2024 (tratamento 1)	9,2 mm
Precipitação acumulada em março, 2025 (tratamento 2)	178,5 mm

Fontes: Atlas climatológico de Pernambuco (APAC, 2023); boletins pluviométricos mensais da Agência Pernambucana de Águas e Clima (apac.pe.gov.br); Köppen Brasil (Koppenbrasil.github.io); WeatherSpark.com.

O delineamento foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos: 1) folhas e solo rizosférico coletados durante a estação seca e 2) folhas e solo rizosférico coletados durante a estação chuvosa, em dez repetições. Cada repetição foi composta por três subamostras de folhas ou de solo.

Para cada um dos dez indivíduos de *A. colubrina*, três amostras de folhas foram coletadas dos ramos mais baixos e nas bordas das copas, em pontos equidistantes, formando uma amostra composta para cada indivíduo. Na projeção da copa, também foi coletada uma amostra composta, em três pontos equidistantes, de solo rizosférico, numa profundidade de até 20 cm. Esses procedimentos foram realizados em ambas as estações, seca e chuvosa, que corresponderam aos meses de outubro de 2024 (indivíduos em processo de decíduidade foliar) e de março de 2025 (indivíduos com folhas jovens a maduras), respectivamente. Os indivíduos estavam a uma distância mínima de 12 m uns dos outros e tiveram seu tronco marcado com etiquetas metálicas para identificação. Também foram coletadas amostras dos ramos, de acordo com os métodos tradicionais da taxonomia (Mori et al. 1989), para preparo das exsiccatas e confirmação das espécies, as quais foram depositadas no Herbário Geraldo Mariz - UFP (Voucher: 101925), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil (8°03'02.4"S 34°56'52.0"W). Todos os procedimentos de coleta de amostras (vegetais e da rizosfera) foram registrados no SisGen (Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado) sob o código ACBD963.

A partir das amostras de solo (franco arenoso) coletadas, em cada estação, foram preparadas duas amostras compostas, as quais tiveram sua caracterização realizada pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). O solo apresentou a seguinte caracterização, em estação seca e chuvosa, respectivamente: 37 e 33 mg de P dm⁻³; 8,70 e 8,25 μmolc de Ca dm⁻³; 4,30 e 4,50 μmolc Mg dm⁻³; 0,68 e 0,52 μmolc K dm⁻³ e 14,6 e 14,8 % de água disponível.

O solo coletado foi seco em temperatura ambiente para realização das análises rizosféricas. As folhas foram superficialmente limpas e estabilizadas termicamente (45 °C por 3 dias). Em seguida, foram picotadas e porcionadas (500 mg), transferidas para frasco âmbar contendo etanol (95 %) (Química Moderna®, São Paulo, Brasil) para extração assistida por banho ultrassônico (100 W, 40 kHz, 30 min) (SolidSteel®, São Paulo, Brasil) (Goltz et al., 2018, modificado). O extrato foi filtrado e armazenado (-18 °C) até o momento das análises.

Os compostos fenólicos totais foram quantificados pela redução do Folin-Ciocalteu (Orujei et al., 2013,

modificado), utilizando ácido gálico (Dinâmica®, São Paulo, Brasil) para obtenção da curva padrão ($y = 0,0071x + 0,0352$, $R^2 = 0,9949$). Para isso, foram adicionados, em frasco âmbar, 0,2 mL do extrato vegetal, 1 mL de Folin-Ciocalteu (10 % - Merck®, Darmstadt, Alemanha) e 0,8 mL de Carbonato de Sódio (7,5 % - Vetec®, Rio de Janeiro, Brasil); a solução foi agitada em vórtex (Biomixer Ltd., São Paulo, Brasil) e deixada em repouso sob abrigo da luz. Após 30 minutos, foi realizada a leitura (765 nm de comprimento de onda) em espectrofotômetro (Thermo Fisher Scientific®, Massachusetts, EUA). Adicionalmente, os taninos totais foram estimados pelo método de complexação com a caseína (Monteiro et al., 2006, modificado). Para tal, 3 mL de extrato foram adicionados 500 mg de caseína (Dinâmica®, São Paulo, Brasil) em frasco âmbar e deixados sob agitação (3 horas a 160 rpm) (Marconi - Equipamentos Para Laboratórios Ltda., São Paulo, Brasil). Após essa etapa, a solução foi filtrada em papel de filtro qualitativo (Celab®, Pernambuco, Brasil) e, em seguida, utilizada na análise de fenólicos totais, como descrita anteriormente (Orujei et al., 2013, modificado). Para estimativa da concentração de taninos, foi considerada a fórmula: [Taninos totais] = [Fenóis totais] - [Fenóis restantes].

Para a avaliação da atividade micorrízica, foi verificada a produção de PSRG. Para tal, foi realizada a extração das PSRG utilizando-se o método descrito por Wright e Upadhyaya (1998, modificado): 0,25 g de solo foi transferido para tubo de ensaio e 2 mL de citrato de sódio (Nuclear®, São Paulo, Brasil) 20 mM, pH 7,0 foram adicionados; em seguida, o material foi levado à autoclave (Stermax Produtos Médicos Ltda., Paraná, Brasil) por 30 min (121°C - 1 atm). Posteriormente, a solução foi recuperada e centrifugada a 10.000 rpm por 10 min (Hsiangtai Machinery Industry Co., Ltda., Nova Taipé, Taiwan) e o sobrenadante armazenado em frascos de penicilina até o momento da dosagem de proteínas (Bradford, 1976). Para tal, em tubos de ensaio rosqueáveis, foram adicionados 0,05 mL da solução e 2,5 mL do Reagente de Bradford; em seguida, a mistura foi agitada em vórtex (Biomixer Ltd., São Paulo, Brasil) e mantida em repouso, sob abrigo da luz, por 5 minutos. Em sequência, foi realizada a leitura (595 nm de comprimento de onda) em espectrofotômetro (Thermo Fisher Scientific®, Massachusetts, EUA), utilizando albumina bovina sérica (BSA) (Sigma-Aldrich®, São Paulo, Brasil) como curva padrão ($y = 0,0007x - 0,0063$, $R^2 = 0,9997$).

Os dados foram analisados pelo teste t (5 %), utilizando-se o *software* Assistat (7.7). Uma matriz de correlação foi construída considerando os parâmetros avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como esperado, a estação do ano influenciou a produção de fenóis e de taninos foliares, com maior acúmulo nas folhas dos indivíduos de *A. colubrina* na estação chuvosa, com valores cerca de 100 % superiores às folhas dos indivíduos coletadas durante a estação seca (Figura 1). Nesse sentido, a concentração dos compostos avaliados, obtida no presente estudo, foi superior à registrada em folhas de mudas da mesma espécie cultivada em casa de vegetação (Pedone-Bonfim et al., 2013; Falcão et al., 2023; 2024; Carvalho et al., 2024), com valores também superiores aos encontrados em cascas do caule de indivíduos de outras populações naturais (Monteiro et al., 2006; Neres et al., 2024). Esse padrão pode estar relacionado à renovação das folhas durante a estação chuvosa, uma vez que as flutuações na concentração de metabólitos em cascas do caule têm pouca variação no decorrer do ano (Monteiro et al., 2006; Japiassú et al., 2016; Araújo et al., 2017; Sousa Araújo et al., 2015).

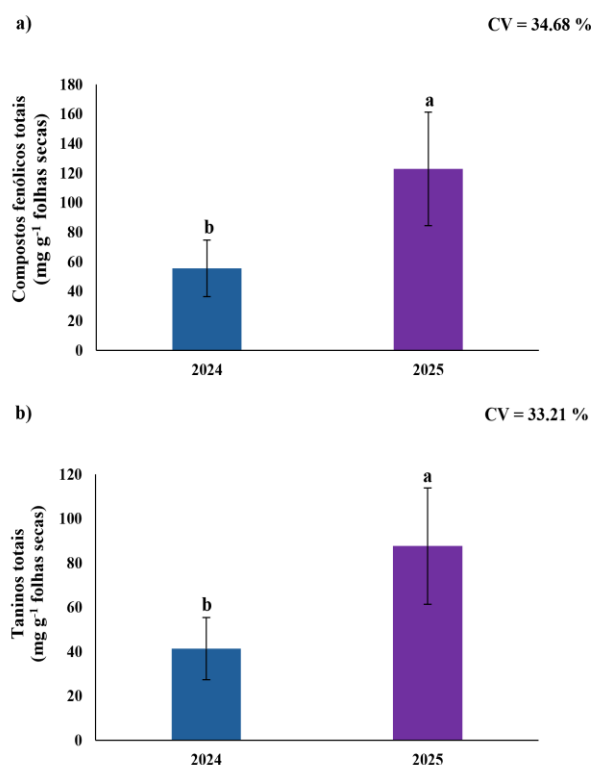


Figura 1. Concentração (mg g^{-1} de folhas secas) de fenóis totais (a) e taninos totais (b) de folhas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, em ambiente natural ($n = 30$), durante estação seca (2024; 9.2 mm) e estação chuvosa (2025; 178.5 mm). CV (%): coeficiente de variação. Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste t (5 %). Barras significam desvio padrão das médias.

Quanto aos parâmetros do solo, a concentração de PSRG também foi influenciada pela estação do ano, com maior deposição na estação seca (Figura 2). Isso, provavelmente, está relacionado à maior precipitação acumulada (Tabela 1), considerando que o acúmulo de água no solo pode lixiviar os agregados formados pelas PSRG (Singh et al., 2017). Por outro lado, a correlação das PSRG ($r \geq 0,5$; $p \leq 0,05$) com a produção de fenólicos, durante a estação chuvosa, pode estar ligada à disponibilidade de nutrientes (Hao et al., 2025), além do seu efeito na estruturação do solo (Son et al., 2024). Nesse aspecto, estudos complementares devem ser conduzidos para comprovar tais hipóteses.

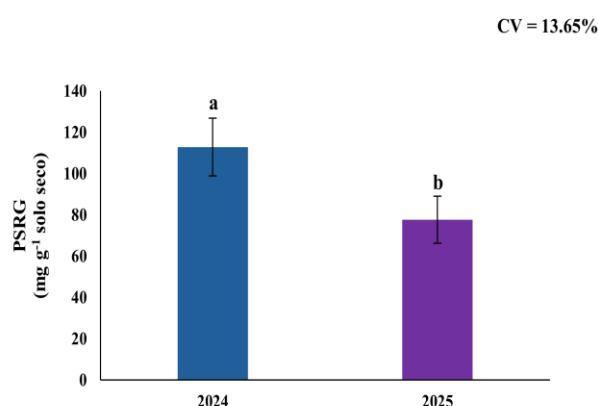


Figura 2. Concentração (mg g⁻¹ de solo seco) de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG) da rizosfera de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, em ambiente natural ($n = 30$), durante estação seca (2024; 9.2 mm) e estação chuvosa (2025; 178.5 mm). CV (%): coeficiente de variação. Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferença significativa pelo teste t (5 %). Barras significam desvio padrão das médias.

A correlação das PSRG com a produção de fenólicos confirma o papel positivo da simbiose *A. colubrina* – FMA, amplamente documentado em condições controladas (Pedone-Bonfim et al., 2013; Falcão et al., 2023; 2024; Carvalho et al., 2024). Nesse sentido, é interessante avaliar outros parâmetros que também podem influenciar o rizoambiente (Aslam et al., 2025), como a colonização micorrízica, o pH do solo e o papel da comunidade microbiana edáfica. Também é importante investigar os efeitos da caducifolia sobre a atividade micorrízica, característica presente em *A. colubrina* (Kiüll e Silva, 2016).

Do ponto de vista prático, as indústrias que utilizam fitomassa de *A. colubrina*, na composição de fitoformulações, podem optar pelo uso das folhas da espécie. Tal prática é mais sustentável, tendo em vista que as folhas são um recurso renovável, abundante durante a maior parte do ano (Japiassú et al., 2016) e

o seu uso pode diminuir o extrativismo exacerbado das cascas, prática que causa danos às populações vegetais (Botha et al., 2004; Silva et al., 2018). No entanto, é recomendável a coleta das folhas em estação chuvosa, visando o maior acúmulo de compostos (Figura 1) de importância à indústria de fitoformulações cosméticas e de fitomedicamentos (Faccio, 2020; Bandyopadhyay et al., 2025).

Dessa forma, a hipótese foi confirmada, visto que a deposição de PSRG apresentou correlação com a concentração de compostos fenólicos foliares de *A. colubrina* em ambiente natural, com o maior acúmulo de metabólitos durante a estação chuvosa. No entanto, é válido ressaltar que tal relação parece ter sido modulada pela estação do ano, seca ou chuvosa (Figura 3).

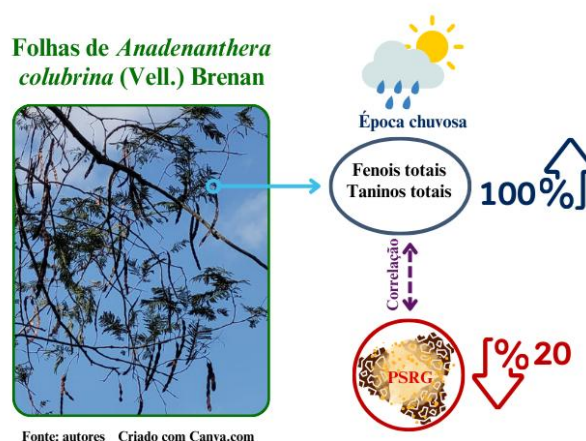


Figura 3. Efeitos da estação do ano sobre o acúmulo de fenóis e taninos totais foliares e sua relação com a produção de Proteínas do Solo Relacionadas à Glomalina (PSRG), em uma população natural de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan.

CONCLUSÃO

A deposição de PSRG guarda relação com a produção de compostos fenólicos e tânico foliares de *A. colubrina* em ambiente natural, entretanto, tal correlação parece ser modulada pela estacionalidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade concedida a Fábio Sérgio Barbosa da Silva (306119/2024-2), à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco pela bolsa de mestrado concedida a João Gabriel Lira de Carvalho (IBPG-0039-2.02/25) e à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os autores também agradecem a Thiago Jófili Gomes, Carlos André Costa e Eduarda



Lins Falcão pelo auxílio na coleta do material biológico.

REFERÊNCIAS

APAC. Atlas climatológico do Estado de Pernambuco: normais climatológicas 1991-2020. Agência Pernambucana de Águas e Clima. Gerência de Meteorologia e Mudanças Climáticas. 2023.

Araújo, D., da Silva, L., Harand, W., Fernandes, J., Soares, T., Langassner, S., Giordani, R., Ximenes, R., da Silva, A., da Silva, M., Correia, M., 2017. Effects of rainfall on the antimicrobial activity and secondary metabolites contents of leaves and fruits of *Anadenanthera colubrina* from Caatinga Area. Pharmacogn. J. 9, 435–440, 2017.

Aslam, M.A., Seerat, A., Younas, M., Li, L., Li, Y., Wu, P. Lessons from mycorrhizal Synergies: Broad-Leaved trees boost Chinese Fir resilience. Rhizosphere, 36, 101205, 2025.

Bandyopadhyay, A., Selvan, S.A., Patial, P.K., Pal, T., 2025. Plant-based ingredients in cosmetic science: Current applications, limitations, and prospects. Int. J. Cosmet. Sci, 00, 1-27, 2025

Barreto, C.B., Kapoor, R., Wu, Q.S., Hijri, M., Alberton, O., Bastos-Filho, C.J.A., Silva, M.D.C., Silva, F.S.B. Bioactive plant secondary metabolite production enhanced by AMF choice in mixed inoculum. Rhizosphere 36, 101198, 2025.

Bencherif, K., Tifour, M., Dalpè, Y., Lounès-Hadj Sahraoui, A. Native arbuscular mycorrhizal inoculation enhances secondary metabolite contents in *Tamarix gallica* grown in saline soil. Symbiosis, 94, 71–80, 2024.

Botha, J., Witkowski, E.T.F., Shackleton, C.M. The impact of commercial harvesting on *Warburgia salutaris* ('pepper-bark tree') in Mpumalanga, South Africa. Biodivers. Conserv. 13, 1675–1698, 2004.

Bradford, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72, 248–254, 1976.

Carvalho, J.G.L., Falcão, E.L., Bastos Filho, C.J.A., Wu, Q.-S., Silva, F.S.B., 2024. Separate application of vermicompost and mycorrhization enhances antioxidant production and SPF in *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan Seedlings. Microbiol. Res., 15, 2713–2725, 2024.

Delices, M., Muller, J.A.I., Arunachalam, K., Martins, D.T.O. *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan:

Ethnobotanical, phytochemical, pharmacological and toxicological aspects. J. Ethnopharmacol., 300, 115745, 2023.

Falcão, E.L., Bastos Filho, C.J.A., Silva, F.S.B. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance the Sun Protection Factor (SPF) biosynthesis in *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan leaves. Rhizosphere, 24, 100595, 2022.

Falcão, E.L., Muniz, B.C., Bastos Filho, C.J.A., Kapoor, R., Silva, F.S.B. Soil microbial respiration and pH modulated by arbuscular mycorrhizal fungi influence the biosynthesis of health-promoting compounds in *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. Rhizosphere, 26, 100685, 2023.

Falcão, E.L., Barreto, C.B., Hijri, M., Albanex Filho, C.J.B., Silva, F.S.B. No synergy between P and AMF inoculation to improve Sun Protection Factor production in *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan leaves. Rhizosphere, 30, 100916, 2024.

Formato, M., Scharenberg, F., Pacifico, S., Zidorn, C. Seasonal variations in phenolic natural products in *Fagus sylvatica* (European beech) leaves. Phytochem., 203, 113385, 2022

Goltz, C., Ávila, S., Barbieri, J.B., Igarashi-Mafra, L., Mafra, M.R. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Macela (Achyrocline satureioides)* extracts. Ind. Crops Prod., 115, 227–234, 2018.

Hao, Y., Lu, W., Liu, C.-Y., He, J. Exogenous glomalin boosts kumquat seedling growth by enhancing soil structure and biochemical activity. Front. Plant Sci. 16, 1668905, 2025.

Japiassú, A., Lopes, K.P., Dantas, J.G., Nóbrega, J.S. Fenologia de quatro espécies arbóreas da Caatinga no Semiárido paraibano. Rev. Verde Agroecologia Desenvolv. Sustent., 11, 34–43, 2016.

Kiill, L.H.P., Silva, T.A. Fenologia e Biologia Floral de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (*Fabaceae*) no Município de Petrolina, PE. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (EMBRAPA), 2016

Li, X., Wu, Y., Huang, C., Rahman, Md.A., Argaman, E., Xiao, Y. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in the field promotes plant colonization rate and yield. Eur. J. Agron. 164, 127503, 2025.

Ma, Y., Gao, G., Wang, S., Ren, H., Liu, Z., Chen, Y., Guo, Q., Gu, J. Divergent arbuscular mycorrhizal growth responses in woody and herbaceous plants



across inoculum richness. Environ. Exp. Bot. 224, 105811, 2024.

Maia, C.M.A., Pasetto, S., Silva, J.P.R.E., Tavares, J.F., Costa, E.M.M.B., Murata, R.M. *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan as an inhibitor of HIV-1 BaL infection. Nat. Prod. Res., 36, 1621–1625, 2021.

Medeiros, J.G.F., Araujo Neto, A.C., Silva, E.C., Rodrigues, R.M., Demartelaere, A.C.F., Silva, J.V.B. Phytochemical profile and antifungal action of *Anadenanthera colubrina* extract on the quality of maize seeds. Arq. Inst. Biol., 88, e0762019, 2021.

Monteiro, J.M., Albuquerque, U.P., Lins Neto, E.M.F., Araújo, E.L., Albuquerque, M.M., Amorim, E.L.C. The effects of seasonal climate changes in the caatinga on tannin levels in *Myracrodruon urundeuva* (Engl.) Fr. All. and *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. Rev. Bras. Farmacogn. 16, 338–344, 2006.

Mori, S.A., Silva, L.A.M., Lisboa, G., Coradin, L. Manual de manejo do Herbário Fanerogâmico - 2 ed. Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, 1989.

Mota, G.S., Sartori, C.J., Miranda, I., Quilhó, T., Mori, F.A., Pereira, H. Bark anatomy, chemical composition and ethanol-water extract composition of *Anadenanthera peregrina* and *Anadenanthera colubrina*. PLoS One, 12, e0189263, 2017.

Mwamatope, B., Tembo, D., Kampira, E., Maliwichi-Nyirenda, C., Ndolo, V. Seasonal variation of phytochemicals in four selected medicinal plants. Pharmacogn. Res., 13, 218–226, 2021.

Neres, W. de S., Aragão, J.M.D.A., Nascimento, A.C.S., Santos, J.F., Matos, S.S., Souza, D.A. de, Neto, J.M.F., Duarte, M.C., Moitinho, V.S., Correa, C.B., Camargo, E.A., Grespan, R. The enhanced healing effect of *Anadenanthera colubrina* ethanolic extract on excisional skin wounds in mice. PREPRINT. 2024.

Orujei, Y., Shabani, L., Sharifi-Tehrani, M. Induction of glycyrrhizin and total phenolic compound production in licorice by using arbuscular mycorrhizal fungi. Russ. J. Plant Physiol., 60, 855–860, 2013.

Pedone-Bonfim, M.V., Lins, M.A., Coelho, I.R., Santana, A.S., Silva, F.S., Maia, L.C. Mycorrhizal technology and phosphorus in the production of primary and secondary metabolites in cebil (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) seedlings. J. Sci. Food Agric, 93, 1479–1484, 2013.

Pimentel, V.D., Acha, B.T., Gomes, G.F., Macedo de Sousa Cardoso, J.L., Sena da Costa, C.L., Carvalho

Batista, N.J., Rufino Arcanjo, D.D., Alves, W. dos S., de Assis Oliveira, F. Anti-inflammatory effect of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul in experimental elastase-induced pulmonary emphysema in rats. J. Ethnopharmacol., 332, 118216, 2024.

Ramos, K.A., Soares, I.G.M., Oliveira, L.M.A., Braga, M.A., Soares, P.P.C., Guarneire, G.J., Scherrer, E.C., Silva, F.S., Lima, N.M., La Porta, F.A., Jesus A. S. Andrade, T., Preet, G., Castro, S.B.R., Alves, C.C.S., Carli, A.P. Immunomodulatory effects of *Anadenanthera colubrina* bark extract in experimental autoimmune encephalomyelitis. Curr. Issues Mol. Biol., 46, 8726–8740, 2024.

Santana, A.N., Mendes, J.O.T., Pereira, M.G., Alvarenga, Y.A., Boffo, E.F., Ramos, F.S., El-Bachá, R.S., Araújo, F.M., Torquato, S.J.C., Santos, M.H.L.C., Ferraz, C.G., Ribeiro, P.R., Neta, L.C.S. Influence of seasonality and habitat on chemical composition, cytotoxicity and antimicrobial properties of the *Libidibia ferrea*. Heliyon, 10, e30632, 2024.

Silva, J.B., Silva, L.B., Albuquerque, U.P., Castro, C.C. Bark and latex harvesting short-term impact on native tree species reproduction. Environ. Monit. Assess., 190, 744, 2018.

Singh, A.K., Rai, A., Pandey, V., Singh, N. Contribution of glomalin to dissolve organic carbon under different land uses and seasonality in dry tropics. J. Environ. Manag., 192, 142–149, 2017.

Soldati, G.T., Albuquerque, U.P. Impact assessment of the harvest of a medicinal plant (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) by a rural semi-arid community (Pernambuco), northeastern Brazil. Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag., 6, 106–118, 2011.

Son, Y., Martínez, C.E., Kao-Kniffin, J. Three important roles and chemical properties of glomalin-related soil protein. Front. Soil Sci. 4., 1418072, 2024.

Sousa Araújo, T.A., Castro, V.T.N.A., Silva Solon, L.G., Silva, G.A., das Graças Almeida, M., Costa, J.G.M., Amorim, E.L.C., Albuquerque, U.P. Does rainfall affect the antioxidant capacity and production of phenolic compounds of an important medicinal species? Ind. Crop. Prod. 76, 550–556, 2015.

Sousa-Junior, J.C.A., de Sousa Oliveira, M., de Araújo Dias, C.H., Amariz, A., da Silva Campos, M.A. Effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on larvicidal activity and phenolic compounds in *Mimosa tenuiflora* cultivated under field conditions. Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci. 14, 41., 2025.



Sousa, P.C.M., Sousa, I.N.A., Leite, L.L.L., Oliveira, A.L.O., Souza, K.A.S., Soares, J.S., Viana, M.R., Amaral, M.P.M. *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir e *Anadenanthera colubrina* como alternativas no tratamento da adicção às drogas. Res, Soc Dev, 10, e48710414251–e48710414251, 2021.

WeatherSpark, 2025. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/s/31355/3/Condições-meteorológicas-médias-no-inverno-em-Timbaúba-Pernambuco-Brasil#Figures-Temperature>

Wright, S.F., Upadhyaya, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. Plant and Soil 198, 97–107, 1998.

Zhang, W., He, C., Lin, Y., Qin, S., Wang, D., Li, C., Li, M., Sun, X., He, X. Dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of medicinal plants and their promotion on the performance of *Astragalus mongholicus*. Agronomy, 14, 2695, 2024.