

A Influência dos Fatores Abióticos no Cultivo de *Cannabis Sativa* L.: Uma Revisão

Palavras-Chave: CANNABIS; CULTIVO; FATORES ABIÓTICOS; FITOCANABINOIDES; *SATIVA* L.

Maria Isabel Martins de Oliveira, FEAGRI - UNICAMP

Prof^(a). Dr^(a) Thais Queiroz Zorzeto Cesar, FEAGRI - UNICAMP

INTRODUÇÃO

A *Cannabis sativa*, subespécie da família Cannabaceae, é originária da Ásia Central e adaptada a climas quentes e secos, resultando em plantas esbeltas (Faray; Kayser, 2017; Pierro Neto; Pierro; Fernandes, 2023). Seu uso medicinal é milenar, com registros desde 2723 a.C., na farmacopeia chinesa. Folhas, raízes e inflorescências da planta contêm fitocanabinoides como THC, CBD, CBG e CBN, que interagem com o sistema endocanabinoide dos animais, permitindo aplicações terapêuticas (Oliveira Neto; Santa Rosa, 2022). Variedades com baixo teor de THC (<0,3%), conhecidas como cânhamo, têm amplo uso industrial – na construção civil, têxtil e nutrição animal (Żuk-Gołaszewska; Gołaszewski, 2018; Ascrizzi et al., 2019; Crini et al., 2020). Agronomicamente, destaca-se pelo desenvolvimento radicular profundo e potencial de restauração do solo, além de contribuir para a mitigação de gases de efeito estufa (Maļceva; Stramkale; Vikmane, 2011; Żuk-Gołaszewska; Gołaszewski, 2018). O desempenho da planta é influenciado por fatores abióticos relativos a solo, água e clima. A interação entre genética e manejo adequado desses fatores pode melhorar o rendimento e favorecer a produção dos compostos medicinais e industriais (Potter, 2014; Amaducci et al., 2015; Adesina et al., 2020; Silva et al., 2021). No entanto, apesar de seu potencial, o cultivo da *Cannabis* permanece ilegal em vários países, incluindo o Brasil, o que limita a produção científica (Ascrizzi et al., 2019; Bernstein et al., 2019; Atoloye et al., 2022; Reichel et al., 2022; Trancoso et al., 2022). Este trabalho tem como objetivo categorizar a produção bibliográfica sobre a influência dos fatores abióticos no cultivo de *Cannabis sativa*.

METODOLOGIA

A revisão bibliográfica sistemática sobre o cultivo de *Cannabis sativa* L. focou nos fatores abióticos que influenciam o desenvolvimento da planta. A busca foi realizada nas bases Scopus e Web of Science, utilizando o termo '*Cannabis sativa* L.' e filtros por idioma (inglês), tipo de documento (artigos científicos e de revisão) e área do conhecimento (Ciências Agrárias e Biológicas). Após triagem inicial por títulos e resumos, foram selecionados 110 artigos publicados entre 1973 e 2023, que abordavam diretamente a influência de fatores como luz, temperatura, fotoperíodo, irrigação e solo sobre a cultura da cannabis. As publicações foram então categorizadas de acordo com a distribuição geográfica, o fator abiótico analisado e as respostas observadas nas plantas, como produção de fitocanabinoides, crescimento e desenvolvimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção bibliográfica

A análise da produção científica evidenciou um crescente interesse no cultivo de *Cannabis sativa* L. sob a perspectiva agrônoma, destacando o número de trabalhos feitos nos Estados Unidos, Itália, Canadá, Israel e China. Das 110 publicações selecionadas, sete eram revisões que abordavam aspectos botânicos, exigências ambientais e aplicações medicinais e industriais da espécie, reforçando a influência dos fatores abióticos sobre o rendimento e a qualidade de fibras, flores e sementes (Potter, 2014; Amaducci et al. 2015; Żuk-Gołaszewska; Gołaszewski, 2018; Humphries; Florentine, 2019; Adesina et al. 2020; Trancoso et al. 2022; Tiret, 2002). A literatura destaca que o ambiente de cultivo afeta diretamente a produtividade e o teor de fitocanabinoides, demandando ajustes específicos conforme o objetivo de produção e evidenciando a necessidade de padronização das práticas de manejo, sobretudo diante da diversidade genética e das condições ambientais envolvidas.

Clima, local, data de cultivo e de colheita

A avaliação da adaptabilidade de *Cannabis sativa* L. a diferentes condições climáticas evidenciou o impacto na produtividade agrícola e na síntese de metabólitos secundários, responsáveis pelos compostos bioativos medicinais, além do rendimento de sementes e fibras. A resposta das cultivares varia conforme a genética e o ambiente: variedades precoces se adaptam melhor a climas frios, enquanto cultivares tardias se destacam na produção de haste,

em climas quentes (Tang et al., 2016). Alterações no tempo, como períodos úmidos seguidos de calor, podem reduzir o rendimento e favorecer plantas daninhas. O local de cultivo também afeta o perfil dos fitocanabinoides, sem alterar o teor legal de THC, mas podendo reduzir a biomassa floral quando a planta é cultivada fora de sua região de origem (Pavlovic et al., 2019; Glivar et al., 2020; Flajšman; Kocjan Ačko, 2020; Tsaliki et al., 2021; Chiluwal et al., 2023b). Assim, recomenda-se o desenvolvimento de cultivares adaptadas ao fotoperíodo e às condições ambientais locais, priorizando sementes de origem regional (Tsaliki et al., 2021). Os trabalhos, que investigaram sobre a data de colheita, buscaram compreender o momento ideal para se obter fibras com maior resistência mecânica, bem como seus efeitos na produção dos metabolitos secundários, concluindo que esse fator pode influenciar nas respectivas respostas (Liu et al., 2015; Massuela et al., 2022). Já sobre a data de plantio, concluiu-se que a floração pode influenciar os perfis de canabinoides, bem como aumento na biomassa floral (Chiluwal et al., 2023).

Temperatura, umidade relativa do ar e concentração de CO₂

Embora pouco explorado, o aumento da concentração de CO₂ atmosférico (acima de 700 $\mu\text{mol mol}^{-1}$), previsto em cenários de mudanças climáticas, tem mostrado efeitos positivos na fisiologia de *Cannabis sativa* L., como maior eficiência do uso da água e capacidade de adaptação ao déficit hídrico (Chandra et al., 2008, 2011). A temperatura, por sua vez, exerce influência direta sobre a fotossíntese, crescimento foliar e estabilidade das plantas. Estudos indicam como faixa ideal de cultivo temperaturas entre 24 °C e 30 °C, sendo que valores superiores podem comprometer o acúmulo de óleo e a qualidade das sementes (Baldini et al., 2020; Chandra et al., 2011; Cosentino et al., 2013). O estresse térmico, seja por calor ou frio, altera o rendimento e o perfil dos fitocanabinoides (Galic et al., 2022), sendo recomendada a escolha de genótipos adaptados ao ambiente local, especialmente em regiões tropicais (De Prato et al., 2022b).

Intensidade e qualidade da luz, fotoperíodo e suplementação luminosa

A luz fornecida às plantas é absorvida pelos fotorreceptores que interagem de diferentes formas com a energia recebida de acordo com a intensidade, comprimento de onda, fotoperíodo e frequência. Diversos trabalhos buscaram compreender a influência da qualidade da luz com diferentes combinações e proporções dentro do espectro e os efeitos de fotoperíodos e de intensidade de luz no desenvolvimento e rendimento das plantas. A tabela 1 aponta os principais efeitos observados para cada um desses parâmetros. Em relação à iluminação suplementar, destaca-se sua vantagem para o aumento dos canabinoides e terpenos e o maior desenvolvimento do dossel (Hawley et al., 2018).

Tabela 1: principais efeitos do fotoperíodo, qualidade e intensidade da luz

Parâmetro	Valor / Proporção	Efeitos observados	Referência
Qualidade da luz	Branco; vermelho, azul, verde, vermelho distante	Maior altura, acúmulo de CBGA, CBD, terpenos, aumento da biomassa aérea, inflorescências, conteúdo de canabinoides, taxas respiratória e fotossintética	Namdar et al., 2019; Danziger; Bernstein, 2021; Islam et al., 2021; Lalge et al., [S.d.]; Reichel et al., 2022
Fotoperíodo	≥ 12 ; ≥ 14 h; 18h; 21h; entre 10,8 e 13,2 de escuro	Floração acelerada ou atrasada, indução floral, inflorescências completas, aumento de biomassa, THC e CBD	Lisson; Mendham; Carberry, 2000; Zhang et al., 2021; Moher; Jones; Zheng, 2021; Dang; Arachchige; Campbell, 2022; Park et al., 2023
Intensidade luminosa (PPFD)	80, 180, 252, 540, 1500, 1600, 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Aumento da fotossíntese, transpiração, crescimento, biomassa, teor de compostos bioativos, metabolitos primários e secundários e maior eficiência no uso da água	Chandra et al., 2008, 2015; Eaves et al., 2020; Wei et al., 2021; Li et al., 2023

Densidade de plantas e irrigação

A densidade de plantio influencia diretamente o desenvolvimento de *Cannabis sativa* L., afetando a altura, diâmetro do caule, área foliar, rendimento de sementes e teor de compostos bioativos. Densidades entre 16.667 e 40.000 plantas ha⁻¹ foram associadas a maior produtividade e qualidade, enquanto valores muito altos podem antecipar a fase reprodutiva e reduzir a qualidade da fibra (Amaducci et al., 2008b; Campiglia; Radicetti; Mancinelli, 2017; García-Tejero et al., 2014, 2019, 2020). No que se refere à irrigação, manejos baseados na evapotranspiração (ETd) e ajustes no coeficiente de cultura (Kc entre 0,60 e 1,00) demonstraram bons resultados, conforme as condições climáticas (Bajić et al., 2022). A espécie mostra resistência ao déficit hídrico, com manutenção da viabilidade das sementes mesmo com menor biomassa, embora haja redução na fotossíntese e nos teores de canabinoides (Caplan; Dixon; Zheng, 2019; Gill et al., 2022). A aplicação de micorrizas aumenta a eficiência no uso da água, sendo indicada para regiões com baixa disponibilidade hídrica (Bahador et al., 2023).

Nutrição e condição do solo

A nutrição mineral exerce influência direta sobre o crescimento, rendimento e produção de metabolitos secundários de *Cannabis sativa* L., afetando diferentes órgãos da planta (folhas, inflorescências, raízes, caule). Nutrientes como

nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P) impactam a morfologia, a fisiologia e a qualidade da produção, podendo alterar o teor de fitocanabinoides, terpenos e flavonoides (Bernstein et al., 2019; Saloner; Bernstein, 2020; De Prato et al., 2022a, 2022b). O N, em especial, regula processos fotossintéticos e o rendimento de fibras e sementes, mas seu excesso pode reduzir a qualidade da fibra (Kaur et al., 2023). A salinidade, o pH e a presença de metais pesados no solo, como o cádmio, também influenciam negativamente o desenvolvimento e a qualidade dos compostos ativos (Hu et al., 2019; Marabesi; Lessl; Coolong, 2023). Além da fertilização convencional, bioestimulantes e ácidos húmicos têm sido investigados por seus efeitos positivos na absorção de nutrientes e no desenvolvimento radicular, melhorando o acúmulo de compostos ativos e a atividade microbiana do solo (Lúcia Pinheiro et al., 2010). A composição do solo, entretanto, não é suficiente para rastrear a origem do material vegetal, dada a variação causada por clima e manejo (Bazzaz et al., 1975; Landi, 1997). O uso de substratos alternativos também tem sido estudado, principalmente visando o cultivo em condições controladas (Caplan; Dixon; Zheng, 2017).

Produção de fitocanabinoides, terpenos e flavonoides

A produção de fitocanabinoides é influenciada pelas condições do solo, pelo uso de substratos e pelo manejo nutricional. Substratos fertirrigados com N em concentrações entre 212 e 261 mg L⁻¹ resultaram em maior rendimento de THC, THCA e CBGA (Bernstein et al., 2019). A nutrição mineral modula os canabinoides de maneira distinta em cada parte da planta: o aumento de P, por exemplo, reduz THC em folhas, enquanto NPK pode elevar CBG e diminuir CBN. Suplementação com ácido húmico uniformiza os compostos ao longo da planta, mas reduz THC e CBD no topo (Bernstein et al., 2019). Doses ideais de N para produção de CBD situam-se entre 130 e 250 kg ha⁻¹, enquanto concentrações muito altas reduzem THCA e CBDA (Atoloye et al., 2022). O potássio, especialmente em forma SRK, aumenta os níveis de CBD, CBDV e THC (De Prato et al., 2022a, 2022b).

A produção de terpenos e flavonoides também responde ao manejo nutricional e à qualidade da luz. Déficits de N aumentam α -pineno, limoneno, linalol, entre outros (Atoloye et al., 2022). Bioestimulantes com aminoácidos aumentam monoterpenos como β -mirceno e β -cariofileno (Malík; Praus; Tlustoš, 2023). A suplementação luminosa influencia significativamente o perfil metabólico: luz LED aumenta flavonoides e terpenos em comparação a HPS (Namdar et al., 2019; Li et al., 2023), podendo alterar a produção conforme a posição da flor na planta (Hawley et al., 2018b; Reichel et al., 2022).

Fotossíntese, Eficiência do Uso da Água, Taxa de Transpiração e Condutância Estomática

Altas concentrações de CO₂ ($\leq 700 \mu\text{mol mol}^{-1}$) aumentam a fotossíntese líquida, a eficiência no uso da água e a concentração interna de carbono, enquanto reduzem a transpiração e a condutância estomática (Chandra et al., 2011). A nutrição mineral tem papel crucial: doses de 60 kg N ha⁻¹ melhoram a fluorescência da clorofila (Maļceva et al., 2011), e 160 mg L⁻¹ de N promovem maior síntese de pigmentos e fixação de carbono (Saloner; Bernstein, 2020). O potássio, aplicado entre 15 e 240 ppm, pode aumentar a taxa fotossintética (Saloner; Sacks; Bernstein, 2019), sendo que 11 ppm já mostraram bons resultados (De Prato et al., 2022). Temperaturas entre 25 e 35°C também favorecem a fotossíntese (Tang et al., 2017), enquanto o déficit hídrico reduz a eficiência da radiação e o rendimento da planta (Cosentino et al., 2013).

Desenvolvimento e rendimento da planta do sistema radicular

O rendimento de *Cannabis sativa* L. é influenciado por fatores como nutrição, densidade de plantio, tipo de substrato e ambiente de cultivo. Doses ideais de N para o aumento da altura, biomassa foliar e produção de sementes variam de 60 a 273 kg N ha⁻¹, conforme o estudo e o objetivo agrônomo (Vera et al., 2010; Tang et al., 2017; Deng et al., 2019). O P e o K exercem menor influência isoladamente, mas o K de liberação lenta associado a microrganismos melhorou rendimento e arquitetura da planta (De Prato et al., 2022b). Substratos com menor retenção hídrica aumentam o rendimento por favorecer maior oxigenação radicular (Caplan; Dixon; Zheng, 2017).

A densidade de plantas afeta diretamente a competição por recursos e o rendimento das partes úteis, sendo recomendadas entre 10 e 37 plantas m⁻², conforme a finalidade produtiva e a condição climática (Campiglia; Radicetti; Mancinelli, 2017; Tang et al., 2017; Deng et al., 2019). Ambientes montanhosos favorecem o rendimento de sementes, enquanto regiões planas tendem a concentrar mais proteínas nas sementes (Ascriczzi et al., 2019).

Quanto ao sistema radicular, a espécie demonstra elevada plasticidade, alcançando profundidade de até 2 metros (Amaducci et al., 2008), o que favorece a fitorremediação de solos contaminados (Raimondi et al., 2020). Raízes cultivadas em hidroponia e aeroponia revelaram compostos bioativos de interesse farmacológico (Ferrini et al., 2021), embora tais sistemas estejam sujeitos a patógenos como *Pythium spp.*, causadores de podridão radicular (Punja; Rodriguez, 2018). A prevenção exige sanitização rigorosa e uso de mudas isentas de contaminação.

Biomassa floral, índice de área foliar e floração

A fertilização nitrogenada combinada com irrigação adequada (100% da ET₀) promove maior acúmulo de nutrientes foliares — incluindo N, K, Ca, Mg, P e Fe — e aumenta a produção de biomassa floral (De Prato et al., 2022b; Wogiatzi et al., 2019). O florescimento influencia diretamente o crescimento vegetativo: variedades de floração

intermediária ou tardia são mais indicadas para produção de caule (como Epsilon68, Futura75 e Santhica27), enquanto cultivares de floração precoce (Fedora17, Felina32, Ferimon, Uso31) são recomendadas para obtenção de sementes e inflorescências (Campiglia; Radicetti; Mancinelli, 2017). Solos com maior teor de nitrogênio tendem a retardar a floração, o que deve ser considerado conforme o objetivo produtivo (Sausserde; Adamovics, 2013).

CONCLUSÕES

A interação entre ambiente, genética e manejo influencia diretamente os aspectos fisiológicos e morfológicos da *Cannabis sativa*, afetando seus rendimentos industriais e medicinais. Fatores como luz, fotoperíodo, disponibilidade hídrica, solo, temperatura, umidade, densidade de plantas, local e clima de cultivo, além das datas de plantio e colheita, foram amplamente abordados em pesquisas publicadas ao longo de 50 anos, em 25 países. Esses elementos moldam o crescimento da planta e regulam seu metabolismo secundário, impactando sua produção. No entanto, a ausência de regulamentação em alguns países limita o avanço científico e o aproveitamento pleno de seu potencial agrônomo, terapêutico e industrial.

BIBLIOGRAFIA

- ADESINA, I. *et al.* A review on the current state of knowledge of growing conditions, agronomic soil health practices and utilities of hemp in the United States. **Agriculture (Switzerland)**, 10, 4, 1 abr. 2020.
- AMADUCCI, S. *et al.* Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. **Industrial Crops and Products**, v. 68, p. 2–16, 1 jun. 2015.
- AMADUCCI, S. *et al.* Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system. **Field Crops Research**, v. 107, n. 2, p. 161–169, 10 maio 2008a.
- AMADUCCI, S. *et al.* Characterisation of hemp (*Cannabis sativa* L.) roots under different growing conditions. **Plant and Soil**, 313, 1–2, 227–235, dez. 2008b.
- ASCRIZZI, R. *et al.* Valorisation of hemp inflorescence after seed harvest: Cultivation site and harvest time influence agronomic characteristics and essential oil yield and composition. **Industrial Crops and Products**, v. 139, 1 nov. 2019.
- ATOLOYE, I. A. *et al.* Response of cannabidiol hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties grown in the southeastern United States to nitrogen fertilization. **Open Agriculture**, v. 7, n. 1, p. 373–381, 1 jan. 2022.
- BAHADOR, M. *et al.* Radiation and Water Use Efficiencies of Mycorrhizal Inoculated Hemp Under Water-Deficit Stress. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, n. 2, p. 2202–2214, 1 jun. 2023.
- BAJIC, I. *et al.* The Effects of Irrigation, Topping, and Interrow Spacing on the Yield and Quality of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Fibers in Temperate Climatic Conditions. **Agriculture (Switzerland)**, v. 12, n. 11, 1 nov. 2022.
- BALDINI, M. *et al.* Suitability assessment of different hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties to the cultivation environment. **Ind. Crops Products**, 143, 2020.
- BAZZAZ, F. A. *et al.* Photosynthesis and cannabinoid content of temperate and tropical populations of *Cannabis sativa*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 3, n. 1, p. 15–18, maio 1975.
- BERNSTEIN, N. *et al.* Impact of N, P, K, and humic acid supplementation on the chemical profile of medical cannabis (*Cannabis sativa* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 31 maio 2019.
- CAMPIGLIA, E.; RADICETTI, E.; MANCINELLI, R. Plant density and nitrogen fertilization affect agronomic performance of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) in Mediterranean environment. **Industrial Crops and Products**, v. 100, p. 246–254, 1 jun. 2017.
- CAPLAN, D.; DIXON, M.; ZHENG, Y. Optimal rate of organic fertilizer during the flowering stage for cannabis grown in two coir-based substrates. **HortScience**, v. 52, n. 12, p. 1796–1803, 1 dez. 2017.
- CAPLAN, D.; DIXON, M.; ZHENG, Y. Increasing inflorescence dry weight and cannabinoid content in medical cannabis using controlled drought stress. **HortScience**, v. 54, n. 5, p. 964–969, 1 maio 2019.
- CHANDRA, S. *et al.* Photosynthetic response of *Cannabis sativa* L. to variations in photosynthetic photon flux densities, temperature and CO₂ conditions. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 14, n. 4, p. 299–306, out. 2008.
- CHANDRA, S. *et al.* Photosynthetic response of *Cannabis sativa* L., an important medicinal plant, to elevated levels of CO₂. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 17, n. 3, p. 291–295, jul. 2011.
- CHANDRA, S. *et al.* Light dependence of photosynthesis and water vapor exchange characteristics in different high δ -9-THC yielding varieties of *Cannabis sativa* L. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, n. 2, p. 39–47, 1 jun. 2015.
- CHILUWAL, A. *et al.* Cannabidiol industrial hemp growth, biomass, and temporal cannabinoids accumulation under different planting dates in southern Florida. **Agrosystems, Geosciences and Environment**, v. 6, n. 1, 1 mar. 2023a.
- CHILUWAL, A. *et al.* Temporal cannabinoids profile and biomass yield in cannabigerol dominant industrial hemp under different planting dates in southern Florida. **Agrosystems, Geosciences and Environment**, v. 6, n. 2, 1 jun. 2023b.
- COSENTINO, S. L. *et al.* Evaluation of European developed fibre hemp genotypes (*Cannabis sativa* L.) in semi-arid Mediterranean environment. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 312–324, out. 2013.
- CRINI, G. *et al.* Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review. **Environmental Chemistry Letters** Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 1 set. 2020.
- DANG, M.; ARACHCHIGE, N. M.; CAMPBELL, L. G. Optimizing Photoperiod Switch to Maximize Floral Biomass and Cannabinoid Yield in *Cannabis sativa* L.: A Meta-Analytic Quantile Regression Approach. **Frontiers in Plant Science** Frontiers Media S.A., 10 jan. 2022.
- DANZIGER, N.; BERNSTEIN, N. Light matters: Effect of light spectra on cannabinoid profile and plant development of medical cannabis (*Cannabis sativa* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 164, 1 jun. 2021.
- DE PRATO, L. *et al.* The cannabinoid profile and growth of hemp (*Cannabis sativa* L.) is influenced by tropical daylengths and temperatures, genotype and nitrogen nutrition. **Industrial Crops and Products**, v. 178, 1 abr. 2022a.
- DE PRATO, L. *et al.* Morpho-physiology and cannabinoid concentrations of hemp (*Cannabis sativa* L.) are affected by potassium fertilisers and microbes under tropical conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 182, 1 ago. 2022b.
- DENG, G. *et al.* Planting Density and Fertilization Evidently Influence the Fiber Yield of Hemp (*Cannabis sativa* L.). **Agronomy**, v. 9, n. 7, 2019.
- EAVES, J. *et al.* The relationship between light intensity, cannabis yields, and profitability. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 2, p. 1466–1470, 1 mar. 2020.
- FARAG, S.; KAYSER, O. The Cannabis Plant: Botanical Aspects. In: **Handbook of Cannabis and Related Pathologies: Biology, Pharmacology, Diagnosis, and Treatment**. [S.l.]: Elsevier Inc., 2017. p. 3–12.
- FERRINI, F. *et al.* Yield, characterization, and possible exploitation of cannabis sativa l. Roots grown under aeroponics cultivation. **Molecules**, 26, 16. 2021.
- FLAJŠMAN, M.; KOCJAN AČKO, D. Influence of edaphoclimatic conditions on stem production and stem morphological characteristics of 10 European hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties. **Acta Agriculturae Slovenica**, v. 115, n. 2, p. 399–407, 2020.
- GALIC, A. *et al.* Effects of Cold Temperature and Acclimation on Cold Tolerance and Cannabinoid Profiles of *Cannabis sativa* L. (Hemp). **Horticulturae**, v. 8, 6, 1. 2022.

- GARCÍA-TEJERO, I. F. *et al.* **Impact of Plant Density and Irrigation on Yield of Hemp (*Cannabis sativa* L.) in a Mediterranean Semi-arid Environment**. *J. Agr. Sci. Tech.* [S.l.: S.n.].
- GARCÍA-TEJERO, I. F. *et al.* Seeking suitable agronomical practices for industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation for biomedical applications. **Industrial Crops and Products**, v. 139, 1 nov. 2019.
- GARCÍA-TEJERO, I. F. *et al.* Yield of new hemp varieties for medical purposes under semi-arid Mediterranean environment conditions. **Comunicata Scientiae**, v. 11, 23 abr. 2020.
- GILL, Alison R. *et al.* Physiological and morphological responses of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) to water deficit. **Industrial Crops and Products**, v. 187, 1 nov. 2022.
- GLIVAR, T. *et al.* Cannabinoid content in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties grown in Slovenia. **Industrial Crops and Products**, v. 145, 1 mar. 2020.
- HAWLEY, D. *et al.* Improving Cannabis bud quality and yield with subcanopy lighting. **HortScience**, v. 53, n. 11, p. 1593–1599, 1 nov. 2018a.
- HAWLEY, D. *et al.* Improving Cannabis bud quality and yield with subcanopy lighting. **HortScience**, v. 53, n. 11, p. 1593–1599, 1 nov. 2018b.
- HU, H. *et al.* Fiber and seed type of hemp (*Cannabis sativa* L.) responded differently to salt-alkali stress in seedling growth and physiological indices. **Industrial Crops and Products**, v. 129, p. 624–630, 1 mar. 2019.
- HUMPHRIES, T.; FLORENTINE, S. Cultivation of low tetrahydrocannabinol (THC) *Cannabis sativa* L. cultivation in Victoria, Australia: Do we know enough? **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 6, p. 911–919, 1 jun. 2019.
- ISLAM, Md J. *et al.* Cannabinoids accumulation in hemp (*Cannabis sativa* L.) plants under led light spectra and their discrete role as a stress marker. **Biology**, v. 10, n. 8, 1 ago. 2021.
- KAUR, N. *et al.* **Nitrogen fertilization impact on hemp (*Cannabis sativa* L.) crop production: A review.** **Agronomy Journal** John Wiley and Sons Inc, , 1 jul. 2023.
- LALGE, A. *et al.* **THE EFFECTS OF RED, BLUE AND WHITE LIGHT ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF CANNABIS SATIVA L.** [S.l.: S.n.].
- LANDI, S. Mineral nutrition of *Cannabis sativa* L. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, n. 2–3, p. 311–326, 1997.
- LI, M. *et al.* Varying light intensity can alter metabolic profile and cannabispicardienone content of industrial hemp. **Industrial Crops and Products**. 2023.
- LISSON, S. N.; MENDHAM, N. J.; CARBERRY, P. S. Development of a hemp (*Cannabis sativa* L.) simulation model 1. General introduction and the effect of temperature on the pre-emergent development of hemp. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 40, n. 3, p. 405–411, 2000.
- LIU, M. *et al.* Effect of harvest time and field retting duration on the chemical composition, morphology and mechanical properties of hemp fibers. **Industrial Crops and Products**, v. 69, p. 29–39, 1 jul. 2015.
- LÚCIA PINHEIRO, G.; ALBERTO SILVA, C.; EDUARDO FURTINI NETO, A. **CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE CLONE DE EUCALIPTO EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE C-ÁCIDO HÚMICO (1).** [S.l.: S.n.].
- MAŁCZEVA, M.; STRAMKALE, Veneranda; VIKMANE, Māra. **physiological aspects of nitrogen fertilizer impact on latvian origin cannabis sativa l.** [S.l.: S.n.].
- MALÍK, M.; PRAUS, L.; TLUSTOŠ, P. Comparison of recirculation and drain-to-waste hydroponic systems in relation to medical cannabis (*Cannabis sativa* L.) plants. **Industrial Crops and Products**, v. 202, 15 out. 2023.
- MARABESI, A. O.; LESSL, J. T.; COOLONG, T. W. Cadmium Bioconcentration and Translocation Potential in Day Neutral and Photoperiod Sensitive Hemp Grown Hydroponically for the Medicinal Market. **Water (Switzerland)**, v. 15, n. 12, 1 jun. 2023.
- MASSUELA, D.C. *et al.* Impact of Harvest Time and Pruning Technique on Total CBD Concentration and Yield of Medicinal Cannabis. **Plants**, 11, 1, 2022.
- MOHER, M.; JONES, M.; ZHENG, Y. Photoperiodic response of in vitro cannabis sativa plants. **HortScience**, v. 56, n. 1, p. 108–113, 1 jan. 2021.
- NAMDAR, D. *et al.* LED lighting affects the composition and biological activity of *Cannabis sativa* secondary metabolites. **Industrial Crops and Products**, v. 132, p. 177–185, 1 jun. 2019.
- PARK, J. *et al.* Flowering Response of *Cannabis sativa* L. ‘Suver Haze’ under Varying Daylength-Extension Light Intensities and Durations. **Horticulturae**, v. 9, n. 5, 1 maio 2023.
- PAVLOVIC, R. *et al.* Phytochemical and Ecological Analysis of Two Varieties of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Grown in a Mountain Environment of Italian Alps. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 15 out. 2019.
- PIERRO NETO, P. A.; PIERRO, L. M. Ch.; FERNANDES, S. T. Cannabis: 12.000 anos de experiências e preconceitos. **Brazilian Journal Of Pain**, 6, 2023.
- POTTER, D. J. A review of the cultivation and processing of cannabis (*Cannabis sativa* L.) for production of prescription medicines in the UK. **Drug Testing and Analysis**, v. 6, n. 1–2, p. 31–38, 2014.
- PUNJA, Z. K.; RODRIGUEZ, G. Fusarium and Pythium species infecting roots of hydroponically grown marijuana (*Cannabis sativa* L.) plants. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 40, n. 4, p. 498–513, 2 out. 2018.
- RAIMONDI, G. *et al.* Phytomanagement of chromium-contaminated soils using cannabis sativa (L.). **Agronomy**, v. 10, n. 9, 1 set. 2020.
- REICHEL, P. *et al.* Impacts of Different Light Spectra on CBD, CBDA and Terpene Concentrations in Relation to the Flower Positions of Different Cannabis Sativa L. Strains. **Plants**, v. 11, n. 20, 1 out. 2022.
- SALONER, A.; BERNSTEIN, N. Response of Medical Cannabis (*Cannabis sativa* L.) to Nitrogen Supply Under Long Photoperiod. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 17 nov. 2020.
- SALONER, A.; SACKS, M. M.; BERNSTEIN, N. Response of Medical Cannabis (*Cannabis sativa* L.) Genotypes to K Supply Under Long Photoperiod. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 18 nov. 2019.
- SAUSSERDE, R.; ADAMOVIČS, A. Impact of nitrogen fertilizer rates on industrial hemp growth and development. 2013.
- SILVA, T. R. G. da *et al.* Fatores abióticos no crescimento e florescimento das plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e19710413817, 6 abr. 2021.
- TANG, K. *et al.* Comparing hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars for dual-purpose production under contrasting environments. **Industrial Crops and Products**, v. 87, p. 33–44, 1 set. 2016.
- TANG, K. *et al.* Hemp (*Cannabis sativa* L.) leaf photosynthesis in relation to nitrogen content and temperature: implications for hemp as a bio-economically sustainable crop. **GCB Bioenergy**, v. 9, n. 10, p. 1573–1587, 1 out. 2017.
- TIRET, J. S. Hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation in north-central turkey. **Journal of Industrial Hemp**, v. 7, n. 2, p. 73–81, 2002.
- TRANCO SO, Ingrid *et al.* **Cannabis sativa L.: Crop Management and Abiotic Factors That Affect Phytocannabinoid Production.** **Agronomy** MDPI, , 1 jul. 2022.
- TSALIKI, E. *et al.* Fibre and seed productivity of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties under mediterranean conditions. **Agronomy**, v. 11, n. 1, 1 jan. 2021.
- VERA, C. L. *et al.* N, P, and S fertilization effects on industrial hemp in Saskatchewan. **Canadian Journal of Plant Science**, 90, 2, 179–184, 2010.
- WOGIATZI, Eleni *et al.* Effect of irrigation and fertilization levels on mineral composition of cannabis sativa L. Leaves. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 47, n. 4, p. 1073–1080, 2019.
- ZHANG, Mengzi *et al.* Photoperiodic Flowering Response of Essential Oil, Grain, and Fiber Hemp (*Cannabis sativa* L.) Cultivars. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2 ago. 2021.
- ŽUK-GOŁASZEWSKA, K.; GOŁASZEWSKI, J. Cannabis sativa L. – Cultivation and quality of raw material. **Journal of Elementology**, v. 23, n. 3, p. 971–984, 2018.