

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
ENGENHARIA AGRÔNOMICA

**ESTIMATIVA DO CUSTO DE PRODUÇÃO EM CULTIVO INDOOR E
OUTDOOR DA *Cannabis sativa* L. E ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS DE
UTILIZAÇÃO**

BRUNO BARBOSA ASCOLI

Prof. Dr. Marcos Chiquitelli Neto

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Engenharia da Unesp – Câmpus
de Ilha Solteira, como parte dos
requisitos para obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo

ILHA SOLTEIRA – SP

NOVEMBRO DE 2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
ENGENHARIA AGRONÔMICA

**ESTIMATIVA DO CUSTO DE PRODUÇÃO EM CULTIVO INDOOR E
OUTDOOR DA *Cannabis sativa* L. E ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS DE
UTILIZAÇÃO**

BRUNO BARBOSA ASCOLI

Prof. Dr. Marcos Chiquitelli Neto

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Engenharia da Unesp – Câmpus
de Ilha Solteira, como parte dos
requisitos para obtenção do grau
de Engenheiro Agrônomo

ILHA SOLTEIRA – SP

JULHO DE 2025

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

A815e Ascoli, Bruno Barbosa.
Estimativa do custo de produção em cultivo indoor e outdoor da *Cannabis sativa* L. e alternativas sustentáveis de utilização / Bruno Barbosa Ascoli. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
34 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2025

Orientador: Marcos Chiquitelli Neto
Inclui bibliografia

1. *Cannabis sativa* L.. 2. Cânhamo industrial. 3. Custo de produção. 4. Cannabis medicinal. 5. Sustentabilidade.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DEMESQUITA FILHO" FACULDADE
DE ENGENHARIA- UNESP – CÂMPUS DE ILHASOLTEIRA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

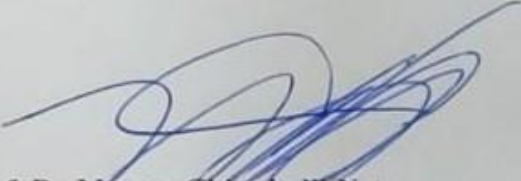
TÍTULO: "ESTIMATIVA DO CUSTO DE PRODUÇÃO EM CULTIVO INDOOR E
OUTDOOR DA CANNABIS SATIVA L. E ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS DE
UTILIZAÇÃO - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA"

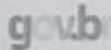
ALUNO: BRUNO BARBOSA ASCOLI RA: 181051291

ORIENTADOR(A): PROF. DR.MARCOS CHIQUITELLI NETO

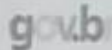
Aprovado (X) Reprovado () pela Comissão Examinadora com nota obtida: 7.9

Comissão Examinadora:


Prof. Dr. Marcos Chiquitelli Neto
Presidente (Orientador)

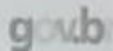
Documento assinado digitalmente
 JOAO ANTONIO DA COSTA ANDRADE
Data: 17/12/2025 16:19:35-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade

Documento assinado digitalmente
 MARCELO CARVALHO MINHO TO TEIXEIRA FILHO
Data: 17/12/2025 14:53:57-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Bruno Barbosa Ascoli

Documento assinado digitalmente
 BRUNO BARBOSA ASCOLI
Data: 17/12/2025 14:18:20-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Ilha Solteira (SP), 07 de novembro de 2025.

EPÍGRAFE

“Liberdade é pouco, o que desejo ainda não tem nome”

Clarice Lispector, 1943.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha família. Ao meu pai, Alexandre de Araújo Ascoli, a minha mãe, Adriana de Moraes Barbosa Ascoli e aos meus irmãos, Rafael Ascoli e Guilherme Ascoli por me apoiarem incondicionalmente na realização dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família. Meu pai, Alexandre de Araújo Ascoli, minha mãe, Adriana de Moraes Barbosa Ascoli e aos meus irmãos, Rafael Ascoli e Guilherme Ascoli que sempre estiveram presentes em minha vida, me apoiando e me fortalecendo em todos os momentos.

Aos meus amigos, Eduardo Paulino, Igor Volpati e Gustavo Paschoarelli e todos aqueles que estiveram e estão presentes na minha vida. Obrigado por fazerem da minha vida mais feliz e divertida.

Agradeço a todos os professores e profissionais que me auxiliaram, sem vocês jamais estaria aonde cheguei. Meus mais sinceros agradecimentos.

Quero agradecer, eternamente, meus avôs Armino Ascoli e Luiz Barbosa Neto e minhas avós Marta de Araújo Ascoli e Maria José Barbosa de Moraes.

Por último, mas não menos importante, gostaria muito de agradecer ao meu orientador, Dr. Marcos Chiquitelli Neto, por me auxiliar na realização desta pesquisa incrível e por toda a ajuda durante minha graduação.

RESUMO

A *Cannabis sativa* L. é uma planta utilizada pela humanidade, há milênios, de diferentes modos, como alimentação humana e de animais domésticos, pela produção de medicamentos e de forma industrial, produzindo, por exemplo, papel. Este trabalho almejou estimar o custo de produção da *Cannabis sativa* em solo nacional, realizando o levantamento dos principais insumos e gastos vinculados a produção da planta. Foram analisados diferentes modelos de cultivos, "indoor" e "outdoor" a fim de determinar suas diferenças, singularidades, vantagens e desvantagens tanto econômicas quanto ambientais. Estima-se que para o cultivo da *Cannabis sativa* L. em modelo indoor o custo de produção seja de R\$21.400/4m², para o cultivo outdoor um custo de R\$28.800/hectare.

Palavras chaves: *Cannabis sativa* L.; Cânhamo industrial; Custo de produção; *Cannabis* medicinal; Sustentabilidade

ABSTRACT

Cannabis has been used by humanity for millennia in various ways, including for human and domestic animal consumption, medicinal production and industrial production, such as paper. This study aims to estimate the production costs of Cannabis sativa in Brazil by surveying the man inputs and expenses associated with its production. Various cultivation models, indoor and outdoor will be analyzed to determine their differences, unique features, and economic and environmental advantages and disadvantages. It is estimated that for the cultivation of Cannabis sativa L. in an indoor model, the production cost is R\$21.400/4m², while for outdoor cultivation the cost is R\$28.800/hectare.

Keywords: Cannabis sativa L.; Industrial hemp; Production cost; Medicinal cannabis; Sustainability

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	11
3.1 CONCEITOS: CUSTOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA.....	11
3.1.1 Sistemas de cultivo: indoor e outdoor.....	11
3.1.2 Custo de produção no cultivo indoor.....	12
3.1.3 Custo de produção no cultivo outdoor.....	15
3.1.4 Comparativo entre métodos de cultivo: indoor vs. outdoor.....	17
3.1.5 Insumos e sua importância na qualidade do cultivo.....	18
3.1.6 Levantamento de dados sobre custos em diferentes países.....	19
3.1.7 Perspectivas futuras dos custos de produção.....	21
3.2 ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS COM A UTILIZAÇÃO DA CANNABIS SATIVA L.....	22
3.2.1 Agricultura sustentável e bioeconomia.....	22
3.2.2 Cânhamo industrial na fitorremediação do solo.....	23
3.2.3 Reforma de pastagem com o cânhamo industrial.....	24
3.2.4 Crédito de carbono na <i>Cannabis sativa L.</i>	24
4. CONCLUSÃO.....	26
5. REFERÊNCIAS.....	27

INTRODUÇÃO

A *Cannabis sativa L.* é uma das plantas mais antigas conhecidas e utilizadas pela humanidade, com registros que remontam entre 10000 a 12000 a.C, sendo originária da Ásia Central, região que hoje abrange a China, Índia, Afeganistão, Paquistão e a cordilheira do Himalaia. Evidências arqueológicas e paleobotânicas indicam que sua domesticação começou entre 6 a 8 mil anos (Instituto Escolhas, 2025). Considerada uma das primeiras plantas a serem cultivadas e domesticadas pelos seres humanos, pertence à família *Cannabaceae* e desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento das civilizações ao longo da história da humanidade (Crocq *et al.*, 2020)

Como pontuado por Fonseca (1980), a história do Brasil está relacionada a utilização da *Cannabis sativa L.* desde o período da colonização, em 1500, quando os portugueses chegaram, trazendo caravelas equipadas com cordas e velas feitas de fibras de cânhamo.

A cultura da *Cannabis sativa L.* é destacada por ser multifuncional, de baixo impacto e com alto potencial de estimular o desenvolvimento econômico de maneira sustentável. Suas aplicações abrangem setores de construção civil, indústria têxtil, indústria alimentícia, cosméticos e insumos farmacêuticos. O Brasil possui condições climáticas, tecnológicas e agrícolas para se tornar um dos fornecedores mais relevantes do cenário mundial. Hoje a *Cannabis sativa L.* tem voltado a ser uma tendência global devido às inúmeras utilidades da planta, como o uso medicinal, industrial e ambiental, sendo suas flores transformadas em remédio, seu caule em fibra, folhas e sementes destinadas para alimentação e suas raízes atuando na recuperação de solos degradados.

O cultivo de *Cannabis sativa L.* tem ganhado destaque nas últimas décadas, exigindo estudos aprofundados sobre os custos e viabilidade de diferentes sistemas produtivos. A produção de *Cannabis sativa L.* pode ser realizada em ambientes internos, que oferecem maior controle de variáveis ambientais, e em ambientes externos, caracterizados por menores custos de implementação, mas maior exposição a fatores climáticos e pragas (Small; Marcus, 2002). Essa diferenciação tecnológica influencia

diretamente a produtividade e o custo final do produto, sendo fundamental para orientar produtores e investidores (Clarke; Merlin, 2016).

O cultivo em ambiente interno demanda alto investimento em infraestrutura, energia e controle ambiental, mas proporciona colheitas mais previsíveis e produtos de maior qualidade farmacológica (Potter, 2014). O cultivo em ambiente externo apresenta custos operacionais mais elevados e maior sustentabilidade, sendo mais indicado para a produção em larga escala e fins industriais (Russo *et al.*, 2017). A comparação entre ambos os sistemas permite compreender não apenas a eficiência produtiva, mas também a rentabilidade em função da demanda crescente por derivados da planta.

A adoção de práticas agrícolas sustentáveis que estimulam a bioeconomia representa um dos principais caminhos para enfrentar os desafios ambientais e produtivos. Nesse contexto, a *Cannabis sativa L.* desponta como uma cultura multifuncional, capaz de integrar práticas regenerativas com rentabilidade, promovendo benefícios ecológicos e socioeconômicos. Suas aplicações na bioeconomia contribuem de diversos modos na sustentabilidade, regenerando ambientes degradados, sendo utilizada na reforma de pastagem e na captura de CO₂ atmosférico, alinhando-se às políticas de mitigação das mudanças climáticas, promovendo o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável e resiliente.

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo estimar o custo de produção da *Cannabis sativa L.* em ambiente interno e externo, considerando fatores técnicos, econômicos e ambientais, a fim de fomentar a produção da cultura em solo nacional ocasionando desenvolvimento econômico aliado a um impacto socioambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram analisados diferentes formatos de produção, de acordo com as finalidades de uso das matérias-primas providas pela espécie (flores, fibras e sementes).

O delineamento metodológico foi fundamentado em análises comparativas de custos operacionais, necessidade de insumos, produtividade e consumo energético, conduzido por meio de levantamento bibliográfico utilizando as ferramentas Scielo, Google Acadêmico, World Wide Science, Scopus, ScienceDirect aliados a pesquisa aberta, empregando palavras chave como *Cannabis sativa L.*, Cultivo outdoor, Cultivo indoor, Custo de produção, Cânhamo industrial, *Cannabis medicinal*. Assim, os artigos selecionados por meio destas plataformas foram analisados e comparados servindo como fundamento para o desenvolvimento deste trabalho.

A seleção das fontes bibliográficas foi definida por critérios de relevância e contemporaneidade, priorizando publicações realizadas nos últimos 15 anos. Foram considerados estudos que apresentaram referências quantitativas sobre custos operacionais, insumos agrícolas, infraestrutura e consumo energético, bem como revisões teóricas que abordaram distinções técnicas entre os dois sistemas de cultivo.

Os dados analisados foram classificados conforme as variáveis de estrutura de custo, englobando investimento inicial, custos fixos e variados, adubação, gasto energético e produtividade. Essa abordagem metodológica foi adaptada de estudos tradicionais de análise econômica na agricultura (Martin *et al.*, 1998).

Assim, buscou-se integralizar a abordagem econômica com as variáveis agrônomicas, proporcionando uma visão holística sobre a viabilidade de implementação dos sistemas indoor e outdoor na produção da *Cannabis sativa L.* no município de Ilha Solteira – SP.

RESULTADO E DISCUSSÃO

CONCEITOS: CUSTOS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Sistemas de cultivo: Indoor e Outdoor

O cultivo da *Cannabis sativa* L. pode ser dividido em duas modalidades, indoor, realizado em ambiente controlado e outdoor, praticada em ambiente aberto. Cada sistema de cultivo apresenta suas diferenças e singularidades que serão abordadas para realização de uma estimativa de custo mais precisa.

No sistema indoor, o controle rigoroso de fatores ambientais como temperatura, umidade, fotoperíodo e intensidade luminosa maximizam a produtividade e o teor dos fitocanabinoides e terpenos presentes na planta, sendo a produção ideal para destinação às indústrias farmacêuticas (Azevedo, 2025).

O rigoroso controle dos fatores ambientais na produção indoor exige um elevado custo de implementação e de operação advindos de uma série de componentes necessários para a adequação do clima, fator decisivo para os genótipos expressarem seu potencial de desenvolvimento máximo.

Por outro lado, no sistema de cultivo outdoor, observam-se vantagens econômicas e ecológicas significativas, principalmente pela redução de gastos energéticos e dos custos de implementação consequentes da utilização da luz solar natural, que proporciona maior amplitude espectral (Machado, 2024).

No entanto, fatores bióticos e abióticos como incidência de pragas e variação na luminosidade podem elevar os gastos com insumos e comprometer a padronização da produção, aumentando o custo de produção, prejudicando a rentabilidade e ocasionando uma limitação no uso medicinal da planta devido à baixa precisão farmacológica (Oliveira; Cesar, 2025).

Assim, a escolha do sistema ideal deve ser considerada de acordo com a destinação final da matéria prima, podendo ser uma produção voltada para indústrias farmacêuticas (produção de inflorescências com elevados teores de fitocanabinoides) ou

para indústrias de celulose, construção civil, têxtil e de alimentos funcionais, sendo necessárias plantas com teores mais elevados de fibras (Instituto Escolhas, 2025). Cada sistema de cultivo possui suas peculiaridades, componentes e necessidades para que ocorra uma produção adequada.

Custo de Produção no Cultivo Indoor

Os principais componentes necessários para a realização do cultivo indoor podem ser segmentados em categorias de acordo com suas características, sendo divididas em infraestrutura, iluminação, climatização, irrigação, insumos, ferramentas e energia elétrica. Cada segmento inclui diversos componentes que são fundamentais para proporcionar condições ideais para o desenvolvimento das plantas com foco em elevada produtividade de flores resinadas.

A iluminação utilizada para embasamento do custo foi a lâmpada LED modelo Mars Hydro FC3000-EVO 300W (Samsung LM301H EVO). O cálculo da quantidade de lâmpadas necessárias para o cultivo de 4 m² foi realizado levando em consideração a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (PPFD) de 600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ para a fase vegetativa e 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ para a reprodutiva, segundo especificações do modelo. O PPF médio emitido pela lâmpada LED é de 855 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, assim sendo necessários 2400 $\mu\text{mol}/\text{s}$ para o período vegetativo e 4000 $\mu\text{mol}/\text{s}$ no período reprodutivo exigindo no mínimo 1 lâmpada Samsung LM301H por m² de cultivo (Rodriguez Morrinson et al., 2021).

A infraestrutura foi composta por estrutura física, revestimento, instalações elétricas e a climatização foi consolidada pela utilização de ar condicionado 9000 BTUS, exaustor Mars Hydro de 6 polegadas e ventiladores 24 horas por dia, afim de proporcionar condições ambientais propícias para o cultivo (Chandra et al., 2011).

No sistema de irrigação, os componentes utilizados no manejo vão desde reservatórios até mangueiras, bombas, sensores IoT e software de controle, que automatizam a irrigação facilitando o cultivo e favorecendo o desenvolvimento das plantas. Em relação às ferramentas utilizadas no cultivo, observa-se, vasos de 7 litros, tesouras, pHmetro, condutivímetro, bandejas, EPIs e aplicadores que serão úteis tanto na preparação da fertirrigação quanto na aplicação de defensivos no controle de pragas (Caplan, D. et al., 2017).

O substrato selecionado para compor o custo de produção foi à fibra de coco, considerado inerte e bem aerado e propício para o desenvolvimento radicular e demanda adubação mineral. A adubação utilizada para o manejo do cultivo indoor foi conduzida com fertilizantes minerais da marca Plantprod, é aplicado com fertirrigação e que apresenta quatro diferentes formulações, 15-30-15, 10-30-20, 12-06-26 e 04-31-37 (Saloner, A; Bernstein, N., 2021).

Assim, evidenciam-se na Tabela 1 todos os componentes necessários e seus respectivos custos para o cultivo da *Cannabis sativa L.* em uma área de 4 m.²

Tabela 1 – Custo médio inicial dos componentes necessários para cultivo indoor de *Cannabis sativa L.*

Componentes	Descrição	Custo Estimado (R\$)	Percentual do Custo Total (%)	Observações Técnicas
Infraestrutura	Revestimento Estrutura Vasos	600,00	2.8	Ambiente controlado e higienizado
Iluminação	4 painéis LED de alta eficiência (300 W/m ²)	9200,00	43	Essencial para fotossíntese e teores de canabidiol
Climatização	1Ar-condicionado 1Exaustor 2Umidificadores	4200,00	19.66	Controle de temperatura e umidade e ventilação
Irrigação	4Sistemas automatizados com reservatório e sensores	1800,00	8.4	Reduz desperdício de água e otimiza a nutrição
Genéticas	12 plantas de Genótipos com elevados teores de canabidiol.	1900,00	8.87	Sementes importadas sob licença
Energia Elétrica	1,2 kWh/mês (LED + HVAC + Irrigação)	1200,00	5.6	Custo médio de R\$ 0,71/kWh
Insumos	Substrato Fertilizantes Defensivos	1800,00	8.4	Fertilizantes, Corretivos e Defensivos
Ferramentas	Tesouras, Medidores Bandejas EPIs Aplicadores	700,00	3.27	Aplicações, Fertirrigação, Tratos culturais e Colheita
Total Estimado (4 m ²)		21.400,00	100	Custo médio: R\$5400/m ²

Fonte: Elaboração própria

O consumo de energia elétrica mensal foi calculado levando em considerações todos os gastos dos equipamentos utilizados na iluminação, climatização e irrigação, evidenciados na Tabela 1, e suas respectivas horas de funcionamento diárias. O kWh

selecionado foi da localidade de Ilha Solteira – SP (R\$0,71), observando-se um gasto total mensal de 1409 kWh (R\$1000) na fase vegetativa e 1193 kWh (R\$847,03) na fase reprodutiva, como apontado de acordo com a tabela a seguir (tabela 2).

Tabela 2 – Custo médio estimado de energia elétrica para cultivo indoor de *Cannabis sativa* L. no município de Ilha Solteira - SP em R\$0,71/kWh.

Componente	Potência Total (kW)	Consumo Mensal (kWh)	Custo Mensal (R\$)	Observações
LED (4 × 300 W) – Vegetativo (18 h/dia)	1,20	648,00	R\$ 460,08	Fase vegetativa de 6 semanas
LED (4 × 300 W) – Floração (12 h/dia)	1,20	432,00	R\$ 306,72	Fase de floração de 10 semanas
Exaustor (62 W) – 24 h/dia	0,062	44,64	R\$ 31,69	Funcionamento contínuo
Ar condicionado (0,9 kW) – 24 h/dia	0,90	648,00	R\$ 460,08	Eficiência média (EER = 10)
Umidificadores (2 × 35 W) – 12 h/dia	0,070	25,20	R\$ 17,89	Operação intermitente
Ventilador (50 W) – 24 h/dia	0,050	36,00	R\$ 25,56	Funcionamento contínuo
Controladores (2 × 3 W) – 24 h/dia	0,006	4,32	R\$ 3,07	Controle e monitoramento
Bomba de irrigação (60 W) – 1,5 h/dia	0,060	2,70	R\$ 1,92	Uso automatizado diário

Fonte: Elaboração própria

No cultivo indoor, os custos para iniciar a produção são significativamente mais elevados devido à necessidade de infraestrutura específica, como sistemas de iluminação artificial, ventilação, controle de temperatura e umidade, além de equipamentos de automação e monitoramento digital, investimentos iniciais que elevam o custo de implantação, mas proporcionam maior controle das variáveis agrônomicas e melhor padronização do produto final.

Custos de Produção no Cultivo Outdoor

Os custos de produção no cultivo outdoor podem ser subdivididos nas modalidades, custos fixos, operacionais e de insumos. As análises quantitativas dessas modalidades formam uma estimativa de custo de produção precisa e servem como fundamento para fomentar a produção da *Cannabis sativa L.* em solo nacional.

Os custos fixos abordam desde arrendamento de terra e infraestrutura, depreciação de máquinas e equipamentos até custos de segurança, regulamentação e de transporte. Os custos operacionais e de insumos abrangem fatores como gastos com mão de obra, tratamentos culturais, irrigação, colheita e pós-colheita. No caso dos insumos, são englobados fertilizantes, sementes e defensivos agrícolas, que são fundamentais para o desenvolvimento de um manejo adequado.

Assim observa-se que os principais custos variados do manejo são os fertilizantes, corretivos, defensivos e mão de obra, que juntos representam cerca de 40% do custo total.

A Tabela 3 apresenta uma estimativa empírica detalhada dos custos de produção por hectare de *Cannabis sativa L.* em cultivo outdoor no Brasil, com base em valores reais de culturas comparáveis (tabaco, algodão e lúpulo), considerando custos de insumos, mão de obra e operações agrícolas.

Tabela 3 – Custo médio estimado de produção da *Cannabis sativa* L. outdoor no Brasil (R\$/ha).

Categoria	Componente	Descrição	Custo Estimado (R\$/ha)
Custos Fixos	Arrendamento de terra	Preço de arrendamento	2.000
Custos Fixos	Infraestrutura	Cercas, sistema de irrigação	8.000
Custos Fixos	Depreciação de máquinas e equipamentos	Trator, pulverizador e ferramentas	1.500
Custos Operacionais	Mão de obra (plantio e tratos culturais)	3 trabalhadores temporários por 90 dias	8.000
Custos Operacionais	Irrigação	Energia e manutenção de bomba	1.200
Custos Operacionais	Colheita e pós colheita	Colheita manual ou mecanizada	2.000
Insumos Agrícolas	Sementes certificadas	25 kg a R\$ 80/kg	2.000
Insumos Agrícolas	Fertilizantes NPK e orgânicos	600 kg totais (média R\$ 4/kg)	2.400
Insumos Agrícolas	Corretivos	1 t de calcário + 0,5 t de gesso agrícola	500
Insumos Agrícolas	Defensivos biológicos	Controle preventivo com bioinsumos	1.200
Total	Custos Totais	Soma dos subtotais	28.800

Fonte: Adaptado de Embrapa (2024); IMEA (2025); CONAB (2024); Instituto Escolhas (2025); Aegro (2025); IBGE (2024).

O custo total médio de R\$ 28.800/ha para produção em área agrícola pode variar de acordo com o objetivo da produção (fibras, sementes ou flores), é superior a culturas consolidadas como soja (R\$ 9 mil/ha) ou algodão (R\$ 16 mil/ha), mas um pouco abaixo de culturas como o lúpulo (R\$ 35–45 mil/ha) Kaya Mind (2022).

Do ponto de vista agrônomo e tecnológico, fatores como manejo nutricional adequado, escolha de cultivar, densidade de plantio, climatologia e tecnologia de colheita influenciam fortemente o custo por hectare. De igual modo, manejo da planta e condicionantes abióticos como temperatura, umidade do ar e intensidade luminosa exercem impacto direto na produtividade e, portanto, no custo unitário de produção (Trancoso, 2022).

Segundo estudos desenvolvidos pela Abicann (2025), fatores adicionais podem elevar os custos de produção, como exigências regulatórias, certificações, controle de qualidade, segurança, tratamentos fitossanitários específicos e investimento inicial em infraestrutura adaptada. O cumprimento regulatório e segurança da área são custos exclusivos dessa cultura no Brasil, elevando o custo fixo em cerca de 10–15%.

Esses dados indicam que no Brasil existem elevados custos fixos e operacionais, em grande parte, decorrentes da falta de escala, da necessidade de adaptação de maquinário, de tratamentos culturais especializados e de logística de colheita e secagem, bem como da dependência de importação de sementes ou de tecnologias específicas.

Comparativo entre métodos de cultivo: Indoor vs. Outdoor

Estudos indicam que a produção em sistemas indoor com iluminação LED, controle de temperatura, umidade, fotoperíodo e CO₂ podem aumentar significativamente a concentração de CBD e THC quando comparados a plantas cultivadas em condições externas (Mills, 2021). No entanto, Saragoça (2025) aponta que, o cultivo indoor permite múltiplos ciclos por ano e controle rígido das condições de crescimento o que pode compensar a menor área ou porte da planta.

O método outdoor tende a permitir maiores rendimentos por planta devido à utilização de recursos naturais como a luz solar, ventilação ambiente e uma expansão radicular maior. Tratando-se de sustentabilidade, o cultivo outdoor mostra vantagem, emite até 50 vezes menos carbono que o cultivo indoor (Mills, 2012). No entanto, esse tipo de produção está sujeito a variabilidades climáticas, pragas e sazonalidade, fatores que tornam o manejo mais complexo e afetam o custo de produção por hectare cultivado.

O cultivo outdoor pode favorecer perfis mais complexos de terpenos e menos degradados de canabinoides, possivelmente decorrente da exposição aos raios ultravioletas naturais da microbiota do solo e da interação ambiente-planta (Magagnini et al., 2018). Por outro lado, o ambiente indoor fornece uniformidade e previsibilidade, o que pode ser crucial para mercados que exigem padrões rigorosos de matéria prima, como as indústrias farmacêuticas e de cosméticos (Chandra et al., 2017).

Insumos e sua importância na qualidade do cultivo

Os insumos utilizados no presente estudo podem ser subdivididos em quatro categorias, substrato, sementes, fertilizantes e defensivos, sendo que para o desenvolvimento de um cultivo adequado com alta produtividade é fundamental a escolha correta dos insumos de acordo com o manejo e o objetivo da produção.

Na cultura da *Cannabis sativa* L. o genótipo é o grande responsável por determinar características únicas, desde produtividade à qualidade dos terpenos e tricomas (De Meijer et al., 2003). Nas diversas cultivares, as combinações de genes definem características como tamanho, aroma, produção e desenvolvimento da parte vegetativa e reprodutiva, mostrando a importância de escolher um genótipo em consonância com o objetivo da produção (Booth et al., 2017).

Técnicas inovadoras de seleção e cruzamento utilizam características desejáveis afim de desenvolver cultivares que atendam às necessidades do mercado. Isso inclui desenvolvimento de materiais que apresentam desde elevado teores de canabidiol até aquelas que possuem maiores quantidade de fibras. Além disso, o genótipo influencia o comportamento da planta em diferentes condições ambientais. As cultivares utilizadas no manejo deste presente estudo são do banco de sementes da Ethos, consolidado banco de sementes que possui um amplo catálogo de cultivares certificadas.

Os estudos desenvolvidos por Malik (2025) permitem verificar consistentemente que o substrato atua como um dos fatores mais determinantes na arquitetura radicular, disponibilidade hídrica e da oferta de nutrientes para as plantas, impactando diretamente no desenvolvimento da biomassa vegetativa, na floração e no rendimento de tricomas.

Segundo Burgel (2020), a análise comparativa entre os substratos minerais, fibra de coco e turfa com perlita demonstram variações significativas em taxa de crescimento e rendimento floral no cultivo indoor, sendo que diferenças físicas como capacidade de retenção de água, aeração e químicas como pH e capacidade de troca catiônica explicam grande parte da variabilidade observada entre tratamentos.

O uso adequado de fertilizantes é um dos principais fatores que determinam o sucesso do cultivo de *Cannabis sativa* L., seja ele indoor ou outdoor, influenciando diretamente o crescimento vegetativo, a produção de biomassa e a síntese de canabinoides e terpenos. Estudos realizados por Sicignano (2025) demonstram que a

nutrição mineral balanceada proporciona melhor desenvolvimento radicular e aumento do teor de THC e CBD em cultivos de ampla escala de produção.

Em países onde o cultivo legal de *Cannabis sativa L.* é regulamentado, observa-se o uso intensivo dos macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), além de micronutrientes essenciais como cálcio, magnésio e boro. Estudo desenvolvido por Saloner (2019), mostra que o nitrogênio é crucial nas fases vegetativas, enquanto o fósforo e o potássio desempenham papéis determinantes na floração e na formação de tricomas ricos em canabinoides, destacando-se principalmente o potássio, uma vez que esse nutriente está fortemente correlacionado com o aumento na concentração de THC e na massa seca das flores.

Em síntese, os resultados da literatura indicam que a fertilização adequada da *Cannabis sativa L.* é um fator chave para o aumento da produtividade e da qualidade física e química da planta, sendo o manejo de nutrientes uma ferramenta indispensável para sistemas agrícolas legais e sustentáveis.

Levantamento de dados sobre custos em diferentes países

A análise mostra que os custos de cultivo de *Cannabis sativa L.* legal variam amplamente entre países e dependem de fatores como sistema de cultivo, custo de energia, custo de mão-de-obra, infraestrutura e taxas de licenciamento.

Estudos realizados pela 4Trees Building, mostram que para instalações indoor no Canadá, estima-se que o custo para implementar uma unidade de cultivo bem equipada de 558 m² alcança em torno de US\$ 350.000 para o equipamento básico que inclui iluminação LED, aquecimento, ventilação, ar condicionado, CO₂, fertirrigação e sistema de segurança.

Estimativas de custos diretos do Canadá indicam que para produzir 33kg de flores secas com seis colheitas por ano em uma área de 200 m² o custo operacional permeia em torno de US\$ 57.000, uma equivalência de aproximadamente US\$ 1.700/Kg (Cannabusinessplans, 2023).

Como abordado por estudos realizados pela farmacêutica Flora Growth (2022), em contraste, países latino-americanos como a Colômbia, devido a fatores como clima e fotoperíodo ideais, solo fértil, mão-de-obra barata e produção ao ar livre os custos de

produção atingem patamares muito mais baixos, estimados entre US\$ 50 a US\$ 400/kg para flores secas. Essa discrepância evidencia como fatores agroclimáticos, escala, tecnologia, custo de insumos e regulamentação impactam fortemente a estrutura de custos.

Em consideração ao custo de regulamentação, observam-se diferenças marcantes entre países, no Canadá, por exemplo, a taxa anual mínima para licenças de cultivos menores é de US\$ 1785, para cultivo em maior escala US\$ 16.424, como mostra dados da Cannabis Fees Order do governo canadense (Government of Canada, 2023). Já na Colômbia, os valores de licença para cultivo de plantas psicoativas foram estimados em US\$ 8.863 e para não-psicoativa US\$ 3.025. Segundo relatório da Bloomberg Línea (2023), essas diferenças regulatórias e de custo de licença impactam tanto na atratividade do investimento quanto na barreira de entrada para novos produtores.

Os dados levantados mostram que países com clima favorável e menor necessidade de infraestrutura, como a Colômbia, tendem a alcançar custos de produção significativamente menores do que aqueles que apresentam exigências intensivas em infraestrutura e energia elétrica, como o Canadá. Essa variação reforça que o levantamento sistemático de custos em diferentes países permite identificar vantagens competitivas e desafios para distintos perfis produtivos, para um país em desenvolvimento no setor agrônomo. Tais informações são fundamentais para orientar decisões sobre escala, tecnologia e modelo de negócio.

Perspectivas futuras dos custos de produção

Segundo estudos fundamentados pela Embrapa em conjunto com o Instituto Ficus (2025), o Brasil projeta até 2030 a geração de R\$ 5,76 bilhões com a cadeia produtiva do cânhamo industrial. Para desenvolvimento estratégico dessa cadeia produtiva, o estudo recomenda uma série de práticas que integram desde a inserção de políticas públicas de fomento à produção e treinamento técnico especializado até a necessidade de um marco regulatório que permita padronização de insumos e importação de sementes, originando diminuição substancial no custo de produção da cultura.

Do ponto de vista agrônomo, o custo de produção no futuro dependerá fortemente de fatores como, objetivo e escala de produção, produtividade desejada,

eficiência dos tratamentos culturais e da colheita, redução dos custos de regulamentação e infraestrutura. A permissão de importação de sementes e insumos a menor custo, podem também reduzir custos de transação e fomentar mecanismos de produção em escala.

De acordo com dados apresentados pela Kaya Mind (2022), idealizando um cenário otimista, com regulamentação estabelecida, cultivares adaptadas ao clima brasileiro, assistência técnica especializada e cadeias logísticas maduras o custo médio por hectare poderá reduzir para perto de R\$ 6–7 mil por hectare para produção de sementes e fibras confrontando os valores elevados presentes no momento.

Segundo relatório da Kaya mind (2022), as perspectivas futuras dos custos de produção da *Cannabis sativa L.* no Brasil indicam que, se o cenário regulatório evoluir e a escala operacional crescer, os custos por hectare podem diminuir para valores competitivos (R\$ 6–10 mil/ha para sementes ou fibras) ou mesmo menores, com potencial de retorno líquido elevado.

Em contrapartida, se a regulamentação continuar incerta, os custos permanecerão altos, o que restringirá a expansão da cultura. Assim, o horizonte para custos mais baixos depende claramente de ganhos de escala de produção, eficiência de manejo e clareza regulatória, fatores ainda em construção no Brasil.

ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS COM A *Cannabis sativa L.*

Agricultura sustentável e bioeconomia

O cânhamo industrial, um tipo de *Cannabis sativa L.* com baixo teor de THC (Tetrahidrocanabinol), emerge como uma alternativa viável para unir produção agrícola e sustentabilidade. Segundo Aguirre (2025), o cânhamo possui um custo de produção mais acessível que culturas já consolidadas, se adapta excepcionalmente bem a diferentes climas e solos, demanda menos água que o algodão e auxilia na regeneração de áreas degradadas. Das suas fibras, sementes, e flores podem ser produzidos mais de 25 mil produtos, desde medicamentos, tecidos e materiais de construção até alimentos nutritivos. Na esfera social, o cultivo do cânhamo industrial proporciona oportunidades para pequenos e médios agricultores, impactando comunidades locais pelo desenvolvimento de economias regionais e familiares.

De acordo com Pereira et al., (2022), a cadeia produtiva do cânhamo industrial possui elevado potencial de gerar empregos verdes e desenvolvimento econômico, motivando novos mercados provenientes de biomateriais e biopolímeros. Esse potencial é demonstrado na utilização integral da planta, fibra, semente e óleo, como um modelo circular de aproveitamento de biomassa, reduzindo resíduos e agregando valor em cada parte da planta.

A *Cannabis sativa L.* apresenta elevada aptidão no setor de celulose, com o papel produzido a partir da fibra do cânhamo apresentando propriedades físicas superiores ao papel convencional. As fibras de cânhamo possuem baixo teor de lignina e maior resistência, comprimento e espessura. Além disso, exigem menos produtos químicos para extração e oferece um ciclo de produção mais curto em comparação ao papel derivado de celulose arbórea tradicional (Crini et al., 2020).

Portanto, a *Cannabis sativa L.* se consolida como uma cultura estratégica dentro da transição agroecológica e bioeconômica, integrando sustentabilidade ambiental, inovação tecnológica e desenvolvimento socioeconômico. A convergência desses fatores indica que o cultivo sustentável da cannabis pode ser um vetor relevante para o fortalecimento da bioeconomia rural e a mitigação dos impactos ambientais da agricultura moderna.

Cânhamo industrial na fitorremediação do solo

A contaminação do solo por metais pesados constitui um grave problema ambiental, frequentemente identificado em regiões industriais, agrícolas, urbanas e de mineradoras. Elementos como Pb, Cd, Cu e As apresentam elevada estabilidade no ambiente, podendo afetar a biodiversidade promovendo a bioacumulação ao longo da cadeia alimentar, o que representa riscos significativos à saúde humana (Aguiar, 2025).

A fitorremediação com a *Cannabis sativa* L. vem ganhando destaque como um método sustentável e econômico para a limpeza de solos contaminados com metais pesados e poluentes orgânicos. Seu crescimento robusto, as raízes profundas e a alta biomassa do cânhamo o tornam um candidato promissor para a remediação ambiental (Linger et al., 2002).

O cânhamo industrial pode acumular uma variedade de metais pesados em suas raízes e, em menor quantidade, no caule e nas folhas, sem inibição significativa do crescimento vegetativo (Citterio et al., 2003). Observam-se também, a capacidade de remediar contaminantes orgânicos, como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) e contaminantes de interesse emergente (CECs) (Campbell et al., 2002).

A eficiência de remoção de contaminantes do solo varia de acordo com o tipo, a concentração e o genótipo da planta utilizada no manejo, com taxa de remoção entre 30% e 65%. A fitorremediação pode ser aprimorada por meio de relação simbiótica com fungos micorrízicos arbusculares e bactérias rizosféricas, que aumentam a absorção de contaminantes, alteram a biodisponibilidade de metais e contribuem para a saúde da planta sob estresse. Essas interações podem aumentar o acúmulo de metais nas raízes e melhorar a tolerância da planta a ambientes contaminados (Ahmad et al., 2016).

Como apontado por Linger et al., (2022), o cânhamo cultivado em solos contaminados apresenta ampla aplicabilidade industrial, de bioenergia ou fibra, desde que a biomassa colhida seja manejada afim de evitar a reintrodução de contaminantes no meio ambiente, notavelmente, a biomassa acima do solo frequentemente permanece com baixo teor de metais pesados, tornando-a adequada para aplicações industriais.

Reforma de Pastagem com o Cânhamo Industrial

Segundo levantamento da Embrapa (2024), o Brasil abriga extensas áreas de pastagens em estágio de degradação intermediário ou severo, com alto potencial para conversão de uso agrícola. Dados complementares da Fundação Getúlio Vargas indicam que 89 milhões de hectares, cerca de 50% das pastagens brasileiras, apresentam algum grau de degradação. Estima-se que o custo de recuperação seja entorno de R\$383,77 bilhões e que a estratégia utilizada varia de acordo com o nível de degradação analisado (FGV 2024).

No Brasil, estudos dirigidos por Aguiar et al., (2025) indicam que a *Cannabis sativa* L. pode integrar modelos de bioeconomia, cooperando tanto para a produção de biomassa quanto para serviços ecossistêmicos, atuando desde a recuperação de solos degradados até na captura de carbono presentes na atmosfera, melhorando os aspectos físico-químicos do solo e mitigando gases causadores de efeito estufa. De acordo com essas características, o cânhamo industrial se apresenta como um forte candidato para implantação em áreas de pastagem degradadas, visando uma agricultura regenerativa aliada a benefícios socioeconômicos.

Nesse contexto, destaca-se o cânhamo industrial como uma nova cultura que pode oferecer um mecanismo de reforma ou conversão das pastagens degradadas, agregando valor econômico enquanto promove a recuperação de solos degradados e da cobertura vegetal, podendo ser utilizada em manejos como cultura de reforma ou em práticas de rotação de cultura.

Como observado pelo Instituto Humanitas Unisinos (2023), essa abordagem combina com políticas de reforma de pastagens que apontam que a conversão de áreas degradadas é mais custo-eficiente do que abertura de novas áreas. Assim, do ponto de vista agrônomo e ambiental, o cânhamo industrial pode contribuir para a reforma de pastagens tanto por seu ciclo relativamente curto, como por sua versatilidade de produtos e pelo potencial de serviço de solo.

Crédito de Carbono na *Cannabis sativa* L.

O Brasil (2005) promulgou o Protocolo de Quioto, como apontado no artigo 12 os países que produzem gases danosos ao planeta possuem a responsabilidade de

diminuir a emissão desses poluentes a partir do desenvolvimento de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). O MDL atua como um mecanismo de flexibilização para que os países desenvolvidos cumpram suas metas de redução de emissões, promovendo ao mesmo tempo desenvolvimento sustentável nos países hospedeiros dos projetos.

Cada tonelada de dióxido de carbono (CO₂) equivale a um crédito de carbono, com base nos dados da Agência Internacional de Energia (IEA). Estima-se que as emissões globais atingiram 37,8 bilhões de toneladas de CO₂ na atmosfera em 2024. A partir da proposta de que 1 tonelada de crédito carbono corresponde a US\$20 dólares em média, e o volume lançado foi de 37,8 bilhões de toneladas de CO₂, tem-se um mercado total de "poluição" de US\$ 756 bilhões de dólares.

Sendo que o mercado potencial negociável dessa "poluição" representa 16,6%, ou seja, em torno US\$ 125.496,00 bilhões de dólares que podem gerar créditos de carbono negociáveis no mercado/ano, existindo uma lacuna entre oferta e demanda.

Como apontado no relatório do Instituto Ficus (2024), um único hectare de cânhamo pode absorver entre 9 e 15 toneladas de CO₂ em cinco meses de cultivo, desempenho que coloca a planta no mesmo nível de uma floresta jovem em termos de absorção de carbono. No entanto, o diferencial é que o ciclo de crescimento do cânhamo é mais curto e permite produções sucessivas ao longo do ano.

O Brasil pode se tornar uma das principais fontes de geração de receitas ambientais, especialmente em cadeias produtivas emergentes. O mercado de créditos de carbono representa uma oportunidade estratégica para o agronegócio brasileiro, especialmente em cultivos com elevada absorção de carbono, como ocorre no cânhamo industrial.

O potencial de inserção da *Cannabis sativa* L. no mercado de créditos de carbono é expressivo. O aproveitamento da planta para produção de biomateriais, na recuperação de solos degradados, na substituição de culturas de alto impacto ambiental e na destinação de resíduos para produção biocombustíveis reforçam seu potencial como alternativa sustentável dentro das metas de descarbonização da agricultura nacional (Barth; Carus, 2015).

CONCLUSÃO

A produção de *Cannabis sativa* L., para fins medicinais e industriais apresenta grande potencial econômico, seus custos variam conforme o sistema de cultivo e o nível tecnológico empregado. O cultivo indoor exige altos investimentos iniciais devido ao controle ambiental e aos insumos tecnológicos, mas proporciona maior produtividade e padronização do cultivo. O cultivo outdoor apresenta investimento inicial menor e maior gastos com insumos, sendo considerado um sistema de cultivo mais sustentável para ser praticado em ampla escala. Para a produção de *Cannabis sativa* L. no cultivo indoor, estima-se um custo de produção de R\$21.400/4m², para o cultivo outdoor, um custo R\$28.800/hectare.

Assim, a cadeia produtiva da *Cannabis sativa* L. reúne todos os elementos de uma revolução agrícola como, alta rentabilidade, sustentabilidade, versatilidade industrial e geração de empregos. A legalização e regulamentação de seu cultivo podem colocar o Brasil em uma posição estratégica na nova economia verde global. Em um país que já é potência agroambiental, a *Cannabis sativa* L. pode ser a próxima grande fronteira.

REFERÊNCIAS

AEGRO. **Relatórios de custos agrícolas e insumos nacionais**. Porto Alegre: Aegro, 2025. Disponível em: <https://aegro.com.br/solucoes/gestao-rural/>. Acesso em: 15 out. 2025.

AGUIAR, K. A. et al. Cânhamo (*Cannabis sativa* L.) como planta fitorremediadora: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Cannabis**, [S. l.], v. X, n. X, 2025. Disponível em: <https://revistacannabis.med.br/sbec/article/view/103>. Acesso em: 19 out. 2025.

AGUIRRE, L. **O cânhamo na agroecologia**. 2025. 12 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul, 2025. Disponível em: ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/34733/1/agroecologia_2025_1_leandroaguirre_o_canhamonaagroecologia.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

AHMAD, R. et al. Phytoremediation potential of hemp (*Cannabis sativa* L.): identification of heavy metal tolerant germplasm. **Clean: Soil, Air, Water**, [S. l.], v. 44, n. 2, p. 195-201, fev. 2016.

ALVES, Raíza Silva; OLIVEIRA, Louise Antunes de; LOPES, Paloma de Lavor. Crédito de carbono: o mercado de crédito de carbono no Brasil. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 10., 2013, Resende. **Anais** [...]. Resende: AEDB, 2013. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/2018412.pdf>. Acesso em: 11 out. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CANNABIS (ABICANN). **Nota Técnica**: atualização sobre a regulamentação da *Cannabis sativa* L. (Cânhamo) no Brasil. São Paulo: ABICANN/CTICANN, 8 ago. 2025. Disponível em: <https://abicann.org/en/nota-tecnica-regulamentacao-da-cannabis-sativa-l-canhamo-no-brasil/>. Acesso em: 23 out. 2025.

AZEVEDO, Humberto Caiado. **Cultivo de *Cannabis sativa* Cannabaceae (Linnaeus, 1753): métodos agrônômicos para a produção sustentável no Brasil**. 2025. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Cidade de Goiás, Goiás, 2025.

BARTH, M.; CARUS, M. **Carbon sequestration in industrial hemp plantations**. Hürth: Nova-Institute, 2015.

BRASIL. Decreto nº 5.445, de 12 de maio de 2005. Promulga o Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 10, 13 maio 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5445.htm. Acesso em: 14 dez. 2025.

BURGER, L. et al. Impact of Different Growing Substrates on Growth, Yield and Cannabinoid Content of *Cannabis sativa* L. **Horticulturae**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 62, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/6/4/62>. Acesso em: 27 out. 2025.

CAMPBELL, S. et al. Remediation of benzo[a]pyrene and chrysene-contaminated soil with industrial hemp (*Cannabis sativa*). **International Journal of Phytoremediation**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 157-168, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15226510208500080>. Acesso em: 11 out. 2025.

CANADA. **Cannabis Fees Order (SOR/2018-198)**. Ottawa: Minister of Justice, Justice Laws Website, 2023. Disponível em: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2018-198/FullText.html>. Acesso em: 10 out. 2025.

CANNABUSINESSPLANS.CA. **How Much Does It Cost to Grow Cannabis Indoor?** [S. l.]: Business Plan Templates Canada, 2023. Disponível em: <https://cannabusinessplans.ca/much-cost-grow-cannabis-indoor/>. Acesso em: 26 out. 2025.

CAPLAN, D.; DIXON, M.; ZHENG, Y. Optimal level of organic fertilizer in flowering cannabis and its impact on irrigation management. **HortScience**, [S. l.], v. 52, n. 12, p.

1796-1803, dez. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12401-17>. Acesso em: 14 dez. 2025.

CHANDRA, S. et al. Temperature response of photosynthesis in different drug and fiber varieties of *Cannabis sativa* L. **Physiol Mol Biol Plants**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 297-303, jul. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12298-011-0068-4>. Acesso em: 27 out. 2025.

CITTERIO, S. et al. Heavy metal tolerance and accumulation of Cd, Cr and Ni by *Cannabis sativa* L. **Plant and Soil**, [S. l.], v. 256, n. 2, p. 243-252, out. 2003.

CLARKE, R. C.; MERLIN, M. D. **Cannabis: evolution and ethnobotany**. Berkeley: University of California Press, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1525/9780520954571>. Acesso em: 27 out. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Custos Operacionais da Produção Agrícola Brasileira**. Brasília: Conab, 2024. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/custos-de-producao.html>. Acesso em: 17 set. 2025.

CRINI, G. et al. Sustainable impact of hemp: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, [S. l.], v. 40, art. 2, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0610-1>. Acesso em: 14 dez. 2025.

CROCQ, M. History of cannabis and the endocannabinoid system. **Dialogues in Clinical Neuroscience**, Paris, v. 22, p. 223-228, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.31887/DCNS.2020.22.3/mcrocq>. Acesso em: 05 set. 2025.

DE MEIJER, E. P. M. et al. The inheritance of chemical phenotype in *Cannabis sativa* L. **Genetics**, [S. l.], v. 163, n. 1, p. 335-346, jan. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/genetics/163.1.335>. Acesso em: 14 out. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Brasil possui 28 milhões de hectares de pastagens degradadas com alto potencial para agricultura**. Brasília: Embrapa, 8 abr. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/87076753/brasil-possui-28-milhoes->

de-hectares-de-pastagens-degradadas-com-potencial-para-expansao-agricola. Acesso em: 17 out. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA); INSTITUTO FICUS. **Cadeia produtiva do cânhamo industrial**: projeções econômicas e estratégias para o Brasil 2030. Nota técnica. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2025.

FONSECA, G. A maconha, a cocaína e o ópio em outros tempos. **Arquivos da Polícia Civil**, [S. l.], v. 34, p. 133-145, 1980.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Recuperação de pastagens degradadas custaria R\$ 383 bilhões, revela Observatório de Bioeconomia**. Rio de Janeiro: FGV Notícias, 2024. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/recuperacao-pastagens-degradadas-custaria-r-383-bilhoes-revela-observatorio-bioeconomia>. Acesso em: 20 out. 2025.

GREENLAB; FLORA GROWTH. **Cost per gram of dry flower in Colombia**. [S. l.]: Investing.com, 2019. Disponível em: <https://ca.investing.com/news/stock-market-news/time-to-invest-in-this-colombia-cannabis-cultivator-1913802>. Acesso em: 26 out. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário e preços médios rurais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9827-censo-agropecuaria.html>. Acesso em: 17 set. 2025.

INSTITUTO ESCOLHAS. **O que o Brasil ganha com o cultivo do cânhamo?** Relatório técnico. São Paulo: Instituto Escolhas, 2025.

INSTITUTO ESCOLHAS; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Relatório técnico**: caminhos regulatórios para o cânhamo no Brasil. Brasília: CDESS/Mapa, 2025. Disponível em: https://escolhas.org/wp-content/uploads/2025/06/RelatorioTecnico_Canhamo.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.

INSTITUTO FICUS. **Cânhamo: a commodity do futuro: recomendações para a regulamentação do cânhamo no Brasil.** São Paulo: Instituto Ficus, 2024. E-book. Disponível em: <https://institutoficus.org>. Acesso em: 09 out. 2025.

INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS. **Recuperação de pastagens degradadas é estratégia central para desenvolvimento sustentável e segurança alimentar.** São Leopoldo: IHU Online, 2023. Disponível em: <https://www.ihu.unisinos.br>. Acesso em: 11 out. 2025.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA (IMEA). **Relatório Técnico de Custos Agrícolas no Centro-Oeste.** Cuiabá: IMEA, 2025. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/>. Acesso em: 17 set. 2025.

KAYA MIND. **Custo da produção de sementes de cânhamo no Brasil.** [S. l.]: Kaya Mind, 2022. Disponível em: <https://revistaterraecia.com.br/conteudo/custo-da-producao-de-sementes-de-canhamo-no-brasil-seria-de-6820-reais-por-hectare-se-fosse-legalizado.html>. Acesso em: 28 out. 2025.

LINGER, P. et al. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) growing on heavy metal contaminated soil: fibre quality and phytoremediation potential. **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 16, p. 33–42, 2002. Disponível em: www.researchgate.net/publication/223553316_Industrial_Hemp_Cannabis_sativa_L_Growing_on_Heavy_Metal_Contaminated_Soil_Fibre_Quality_and_Phytoremediation_Potential. Acesso em: 14 set. 2025.

MACHADO, Felipe da Costa. **Serviços ecossistêmicos e impactos ambientais do cultivo de Cannabis.** 2024. 66 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, Seropédica, 2024.

MAGAGNINI, G.; GRASSI, G.; KOTIRANTA, S. The Effect of Light Spectrum on the Morphology and Cannabinoid Content of *Cannabis sativa* L. **Medical Cannabis and Cannabinoids**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 19–27, jun. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1159/000489030>. Acesso em: 08 out. 2025.

MALÍK, M. et al. Soilless Growing Media for Cannabis Cultivation. **Agriculture**, [S. l.], v. 15, n. 18, p. 1955, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/15/18/1955>. Acesso em: 14 out. 2025.

MARTIN, N. B. et al. Sistema integrado de custos agropecuários – CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 7-28, jan. 1998. Disponível em: <https://iea.agricultura.sp.gov.br/ftpiea/ie/1998/tec1-0198.pdf>. Acesso em: 10 set. 2025.

MILLS, E. The carbon footprint of indoor Cannabis production. **Energy Policy**, [S. l.], v. 46, p. 58-67, jul. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.023>. Acesso em: 11 out. 2025.

MILLS, E.; ZERAMBY, S. Energy use by the indoor cannabis industry. In: THE ROUTLEDGE handbook of post-prohibition cannabis research. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: www.researchgate.net/publication/342364745_Energy_Use_by_the_Indoor_Cannabis_Industry_Inconvenient_Truths_for_Producers_Consumers_and_Policymakers. Acesso em: 06 ago. 2025.

OLIVEIRA, M. I. M.; CESAR, T. Q. Z. A Influência dos Fatores Abióticos no Cultivo de *Cannabis sativa* L.: uma revisão. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP, 33., 2025, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: UNICAMP, 2025.

PEREIRA, T. O. **A indústria de cannabis medicinal (*Cannabis sativa* L.): uma revisão**. 2022. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Industrial) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25043>. Acesso em: 16 set. 2025.

POTTER, D. J. Potency of cannabis varieties and cultivation practices. **Journal of Forensic Sciences**, [S. l.], v. 59, n. 6, p. 1485–1492, 2014. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(ny23rubfvg45z345vbrepjrl\)\)/reference/referencespapers?referenceid=2953699](https://www.scirp.org/(S(ny23rubfvg45z345vbrepjrl))/reference/referencespapers?referenceid=2953699). Acesso em: 27 out. 2025.

RODRIGUEZ-MORRISON, V.; LLEWELLYN, D.; ZHENG, Y. Cannabis Yield, Potency, and Leaf Photosynthesis Respond Differently to Increasing Light Levels in an Indoor Environment. **Frontiers in Plant Science**, [S. l.], v. 12, art. 646020, 2021.

RUSSO, E. B.; MARCU, J. Cannabis pharmacology: the usual suspects and a few promising leads. **Advances in Pharmacology**, [S. l.], v. 80, p. 67–134, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/bs.apha.2017.03.004>. Acesso em: 27 out. 2025.

SALONER, A.; BERNSTEIN, N. Nitrogen supply to *Cannabis sativa* impacts plant biomass, morphology and cannabinoid production. **Industrial Crops and Products**, [S. l.], v. 129, p. 338–346, 2019. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669021002806#:~:text=The%20results%20revealed%20that%20N,to%20the%20desired%20production%20scheme. Acesso em: 14 out. 2025.

SARAGOÇA, A. et al. Current context of *Cannabis sativa* cultivation and parameters influencing its development. **Agriculture**, [S. l.], v. 15, n. 15, p. 1635, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/15/15/1635>. Acesso em: 20 out. 2025.

SICIGNANO, Mariarosaria et al. Effect of combining organic and inorganic fertilizers on the growth of hemp (*Cannabis sativa* L.) plants and the accumulation of phytochemicals in their inflorescence. **Plants**, Basel, v. 14, n. 10, art. 1519, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14101519>.

SMALL, E.; MARCUS, D. Hemp: a new crop with new uses for North America. **Economic Botany**, [S. l.], v. 56, n. 3, p. 295–318, 2002. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20033159722>. Acesso em: 10 set. 2025.

TRANCOSO, I. et al. *Cannabis sativa* L.: Crop Management and Abiotic Factors that Affect Phytocannabinoid. **Agronomy**, [S. l.], v. 12, n. 7, p. 1492, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/7/1492>. Acesso em: 20 out. 2025.

YANG, X. et al. Effect of Nitrogen Supply on Growth and Nitrogen Utilization in Hemp (*Cannabis sativa* L.). **Agronomy**, [S. l.], v. 11, n. 11, p. 2310, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/11/2310>. Acesso em: 14 out. 2025.