



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

FELIPE DA COSTA MACHADO

**SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DO CULTIVO DE
CANNABIS**

Prof^ª. Dr^ª. Cláudia Moster
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ
DEZEMBRO – 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

FELIPE DA COSTA MACHADO

**SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DO CULTIVO DE
CANNABIS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof^ª. Dr^ª. Cláudia Moster
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ
DEZEMBRO – 2024



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE
JANEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**



HOMOLOGAÇÃO Nº 40 / 2024 - DeptCAmb (12.28.01.00.00.00.29)

Nº do Protocolo: 23083.071728/2024-24

Seropédica-RJ, 20 de dezembro de 2024.

**SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DO CULTIVO
DE CANNABIS**

FELIPE DA COSTA MACHADO

APROVADA EM: 11 de dezembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Cláudia Moster ? UFRRJ
Orientador

Me. Diogo Fonseca Mantovanelli
Membro

Eng.^a Carolina Gomes Moreira
Membro

(Assinado digitalmente em 20/12/2024 12:50)

CAROLINA GOMES MOREIRA

*ASSISTENTE DE LABORATORIO
DeptCAmb (12.28.01.00.00.00.29)
Matricula: ###528#8*

(Assinado digitalmente em 20/12/2024 11:58)

CLAUDIA MOSTER

*PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCAmb (12.28.01.00.00.00.29)
Matricula: ###630#3*

(Assinado digitalmente em 20/12/2024 12:04)

DIOGO FONSECA MANTOVANELLI

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.547-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **40**, ano: **2024**, tipo: **HOMOLOGAÇÃO**, data de emissão: **20/12/2024** e o código de verificação: **5f684c7571**

Ao povo brasileiro.

AGRADECIMENTOS

A Deus;

A meus pais, Elias e Waldelice, baluartes que me guiaram, me guiam e guiarão;
À minha esposa, Eugênia, cujo apoio e conselhos valiosos acerca da vida ruralina foram
fundamentais para que eu chegasse mais longe;
À minha orientadora Prof^a Dr^a Claudia Moster;
Ao alojamento M4- 3º andar, pelo acolhimento;
A esta universidade, pela oportunidade.

RESUMO

A *Cannabis spp.* é reconhecidamente uma planta de uso milenar, a qual possui inúmeros atributos fisiomorfológicos que lhe conferem qualidades medicinais, ecológicas, físico-mecânicas, espirituais e religiosas, entre outros usos. Entretanto, existe uma legislação vigente, atualmente, que limita seu uso em determinados países e de diferentes maneiras. O uso medicinal e industrial alcança notoriedade mundial, após anos de proibição, sendo paulatinamente regulamentado. Diante desse cenário, são crescentes as preocupações acerca dos impactos ambientais do cultivo em larga escala. No Brasil, a autorização para o plantio está restrita às associações destinadas ao uso medicinal, fato que impede que sejam realizadas pesquisas sobre seus impactos ambientais, bem como, realizar experimentos práticos para o aprofundamento na compreensão do provimento de serviços ecossistêmicos desses cultivos. Este trabalho buscou realizar uma revisão bibliográfica sistemática para o levantamento de informações, resultados de pesquisas e discussões a respeito do cultivo de *Cannabis spp.*, abrangendo grande parte de suas finalidades. Os serviços ecossistêmicos relacionados ao tema da pesquisa foram listados e classificados como de provisão, regulação, suporte ou cultural. Foram considerados os cultivos de cannabis como fonte de alimento, de substâncias com atributos medicinais, a capacidade de sequestrar carbono, qualidades culturais para o ser humano e demais usos citados em literatura. Foram abordados os impactos ambientais negativos e as respectivas sugestões de mitigação, como por exemplo, sua elevada demanda hídrica, alteração de ecossistemas aquáticos e mudança no uso e ocupação do solo. Portanto, os resultados indicaram que há riscos ambientais nos diferentes tipos de cultivo de cannabis, enquanto o provimento dos serviços ecossistêmicos, depende diretamente do sistema de produção adotado e do arranjo social e institucional. Assim, critérios para a regulamentação dos cultivos são necessários, principalmente visando o uso em larga escala, incluindo a necessidade de realização de pesquisas científicas. Considera-se que o cultivo de cannabis no sistema agroecológico apresenta o menor risco de impacto ambiental negativo e o maior provimento de serviços ecossistêmicos, sendo recomendado como diretriz para regulamentação no Brasil, visando o desenvolvimento do agronegócio sustentável.

Palavras-chave: maconha, regulamentação, sustentabilidade, mitigação.

ABSTRACT

Cannabis spp. is a plant that has been used for thousands of years and has numerous physio-morphological attributes that give it medicinal, ecological, physical-mechanical, spiritual, and religious qualities, among other uses. However, there is currently legislation in force that limits its use in certain countries and in different ways. Medicinal and industrial use has gained worldwide notoriety after years of prohibition, and is gradually being regulated. Given this scenario, concerns about the environmental impacts of large-scale cultivation are growing. In Brazil, authorization for planting is restricted to associations dedicated to medicinal use, which prevents research on its environmental impacts, as well as practical experiments to deepen the understanding of the provision of ecosystem services by these crops. This study was a systematic bibliographic review to gather information, research results and discussions about the cultivation of *Cannabis* spp., covering most of its purposes. Ecosystem services related to the research topic were listed and classified as provision, regulation, support or cultural. Cannabis crops were considered as a source of food, substances with medicinal attributes, the ability to sequester carbon, cultural qualities for humans and other uses cited in the literature. Negative environmental impacts and respective mitigation suggestions were addressed, such as its high-water demand, alteration of aquatic ecosystems and change in land use and occupation. Therefore, the results indicated that there are environmental risks in the different types of cannabis cultivation, while the provision of ecosystem services depends directly on the production system adopted, social and institutional arrangement. Thus, criteria for regulating crops are necessary, especially for large-scale use, including the need for scientific research. It is considered that the cultivation of cannabis in the agroecological system presents the lowest risk of negative environmental impact and the greatest provision of ecosystem services, being recommended as a guideline for regulation in Brazil, aiming at the development of sustainable agribusiness.

Keywords: hemp, regulation, sustainability, mitigation

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5. CONCLUSÃO.....	11
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	12

1. INTRODUÇÃO

A regulamentação da *Cannabis* (*Cannabis sativa* L.), no Brasil, segue indiferente ao número crescente de associações destinadas ao acesso à terapia com canabinoides e à produção de derivados medicinais. Introduzida no país 389 anos antes de sua primeira proibição legal em 1930 (Carlini, 2006), o cultivo e o uso da maconha ou cânhamo permanecem proibidos. A temática interdisciplinar envolve diversas perspectivas sociais (saúde, direito, trabalho, fixação do homem no campo, direito à saúde, uso recreacional, encarceramento, preconceito, racismo), econômicas (regulação de mercado, matéria-prima sustentável, regulação de impostos, legislação, diferenças normativas entre produtos fitoterápicos e farmacêuticos) e ambientais (consumo de água, energia e nutrientes, potencial remediador de solos contaminados, mercado de carbono). Embora o uso mais conhecido seja para fins recreativos ou terapêuticos, em que a cannabis é predominantemente administrada por inalação ou sublingual, existem muitas possibilidades de produtos a partir do cultivo da maconha, dependendo das características genéticas da variedade da planta.

No cenário do cultivo ilegal no Brasil, plantios do chamado “Polígono da Maconha” contribuem com cerca de 40% da produção, em municípios do estado de Pernambuco (Salgueiro, Mirandiba, Serra Talhada e Imbimirim, na região do Sertão e Belém do São Francisco, Cabrobó, Carnaubeira da Penha, Floresta, Lagoa Grande, Orocó e Santa Maria da Boa Vista, na região do São Francisco (Oliveira et al., 2009; Fraga e Martins, 2020). Também há produção para o mercado de consumo ilegal com origem no Mato Grosso do Sul e Paraguai (Moreira, 2007; Castro e Alves, 2024). Apesar do cultivo ilegal no Brasil, grande parte da maconha consumida no país é importada ilegalmente do Paraguai, principal fornecedor para o mercado brasileiro. Estima-se que, cerca de 80% da maconha consumida no Brasil venha do Paraguai, onde há grandes plantações ilegais.

Independente da regulamentação do mercado, não há registro do manejo aplicado aos cultivos, mesmo quando autorizados para associações, farmacêuticas ou consumidores finais. É reconhecido que os tratos culturais dos cultivos podem esconder práticas nocivas ao meio ambiente e à saúde humana, aqui classificados como impactos ambientais negativos, como em qualquer cultura do agronegócio (Textile Exchange, 2023). Além disso, o fato de sua cadeia produtiva e da comercialização estarem intrinsecamente ligados ao narcotráfico, faz incidir um pesado estigma social sobre a planta, o que dificulta sobremaneira o debate acerca de sua legalização. A ciência testifica sua capacidade de prover compostos capazes de tratar

problemas neurológicos, comportamentais e diversos outros. Isto, porém, não é suficientemente robusto para justificar a descriminalização e a regulamentação do cultivo e do uso desta planta. Existem paradigmas morais e jurídicos a serem vencidos para que o debate seja acolhido de maneira pragmática pelo poder legislativo nacional.

Regulamentada em mais de 40 países, a proibição da cannabis segue gerando uma população carcerária de maneira exponencial e empregando grande esforço da força policial em sua repressão. No panorama social, Massuela e Piatti (2019) realizaram um estudo considerando quilombolas na região do Vale do São Francisco, considerando o cultivo de cannabis. Os autores afirmaram que há elevado potencial de contribuição para melhoria social por meio da regulamentação dos cultivos, já que são comunidades de baixa renda e com tradição em cultivos agrícolas.

O uso medicinal foi fortalecido com as resoluções RDC n. 327/2019 e RDC n. 660/2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que permitem a produção e o acesso via importação dos medicamentos de terapia canabinoide para pessoa física ou jurídica (Brasil, 2019; Brasil, 2022). Dados recentes afirmam que é possível a importação de sementes de cânhamo para fins medicinais, por pessoas jurídicas, excluindo as associações, após decisão do Superior Tribunal de Justiça (Brasil, 2024). Embora a decisão judicial não contemple todo o potencial produtivo e medicinal da planta, tal fato representa um avanço no debate social acerca de políticas públicas e regulamentações que abarquem uma gama maior de beneficiários da Cannabis. Contudo, não existe na Lei de Drogas, dispositivo legal que proíbe substâncias causadoras de dependência química e psicológica. Ou ainda, um texto que faça menção à diferenciação entre cânhamo e maconha quanto aos seus respectivos níveis de THC, sendo considerada a referência na concentração menor que 0,3% para o uso industrial e maior que 0,3% para uso medicinal ou recreativo (Adesina et al., 2020). Tal discriminação é de grande relevância e surtiria efeitos positivos, fornecendo ferramentas jurídicas para se pleitear uma regulamentação definitiva da Cannabis.

Entretanto, as associações têm sido uma estratégia legal para garantir o acesso aos benefícios da cannabis por famílias cujos integrantes se beneficiam dos tratamentos canabinoides. Com metodologias de cultivo, beneficiamento e extração próprios, as associações contam com um *Habeas corpus* que lhes respalda o funcionamento. É necessário, portanto, compreender como os cultivos em pequena, média e larga escala poderão impactar a sustentabilidade no uso dos recursos naturais no Brasil como uma oportunidade no agronegócio.

Em relação aos padrões de qualidade exigidos em outros países, quando o produto final é para uso medicinal, deve apresentar condições controladas (cultivo protegido) e análises laboratoriais para garantir a concentração dos compostos canabinoides desejados e a ausência de contaminantes. Quando se trata da produção de cânhamo industrial, a principal regulação é a concentração de tetrahidrocanabinol (THC) na planta, com União Européia adotando 0,2%, e nos EUA e Canadá até 0,3% como concentração máxima. Os principais usos desses cultivos são: fibras (têxteis, papel), sementes (alimentos, cosméticos) ou outros produtos industriais (bioplásticos, construção civil). Alguns países oferecem subsídios ou incentivos fiscais para fomentar o cultivo de cânhamo como uma cultura sustentável.

Estudos destacam elevada demanda de água, alta capacidade de se adaptar, de aprimorar a sanidade, a fertilidade do solo e contribuir para o sequestro de carbono, com resultados diferentes entre os sistemas de cultivo protegido e aberto. O cultivo no sistema aberto (outdoor) pode apresentar de 6 a 10 vezes menor emissão de carbono, reduzindo o impacto ambiental em 90%, além dos custos (Brousseau et al., 2024). Pesquisas são recomendadas para as condições edafoclimáticas do Brasil, com experimentos em diferentes arranjos, a fim de avaliar adequadamente os possíveis impactos ambientais.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar essas questões ambientais acerca do cultivo de *Cannabis* spp., considerando as diversas experiências referenciadas cientificamente, visando contribuir para o aprofundamento da discussão sobre os critérios para a regulamentação dos cultivos no Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A regulamentação dos plantios industriais de cannabis varia entre os países em que é permitido o cultivo, dependendo do produto final a que se destina: uso medicinal, recreativo ou industrial. Em alguns países, os produtores precisam obter licenças específicas emitidas por autoridades governamentais ou agências reguladoras, cumprir requisitos rigorosos quanto ao controle de qualidade e segurança, apresentar rastreamento da semente ao produto final, auditorias regulares e relatórios.

No Brasil, as principais leis aplicadas à maconha referem-se à criminalização e, mais recentemente, a descriminalização e o acesso à saúde. No Período Proibicionista (século XX), o Código Penal de 1940 foi a primeira lei a criminalizar o uso de entorpecentes, incluindo a maconha. Em 1961, a Lei de Tóxicos intensificou a repressão ao tráfico e ao uso de drogas, colocando o Brasil alinhado às convenções internacionais sobre o tema. O início da mudança de paradigma foi em 2006, com a Nova Lei de Drogas (Lei Federal n. 11.343/2006), com um enfoque de prevenção ao uso indevido de drogas e a preocupação com usuários e dependentes, além da descriminalização do porte de cannabis para consumo pessoal, com a diferenciação entre usuário e traficante (BRASIL, 2006). O marco normativo criou o Sistema Nacional de Políticas Públicas sobre Drogas (Sisnad) que visa coordenar as ações do governo federal, estadual e municipal no combate às drogas. Em 2021, seguindo o movimento para legalização ocorrendo em outros países, o Supremo Tribunal Federal (STF) definiu critérios mais claros para descriminalização e para caracterizar o usuário, considerando o limite de 25 gramas ou seis plantas, e indicando a aplicação de medidas educativas (Carlini, 2006; Cintra, 2019; Fraga e Martins, 2020; Martins e Posso, 2023; Ferreira, 2023).

Em relação ao acesso à saúde, a Anvisa aprovou a produção e comercialização de produtos à base de cannabis para fins medicinais que atendam aos requisitos estabelecidos pela RDC 327/2019. Essa resolução é considerada um marco, pois prevê a fabricação e a importação de produtos de cannabis para fins medicinais com requisitos para a comercialização, prescrição, dispensação, monitoramento e fiscalização desses produtos. Assim, passaram a ser permitidos os produtos à base de cannabis nas formas farmacêuticas tradicionais, como cápsulas, óleos e extratos, sendo o principal componente aprovado o canabidiol (CBD), e o tetrahydrocannabinol (THC) em casos específicos, nos cuidados paliativos para pacientes com doenças graves ou em casos terminais. A importação da planta ou partes da planta de Cannabis spp. não é permitida, o que fortalece a necessidade de regulamentar o cultivo no país (Brasil, 2019).

A referência sobre práticas de produção relacionadas à maconha, até o momento, são as Boas Práticas de Fabricação de medicamentos da ANVISA, além do disposto na RDC 327/2019. Para a ANVISA, as boas práticas asseguram a qualidade dos insumos farmacêuticos (derivado vegetal, fitofármaco, a granel ou produto industrializado); a rastreabilidade e qualidade dos insumos ao longo de toda a cadeia produtiva; um sistema rigoroso de controle de qualidade, incluindo testes para verificar a identidade, pureza e potência dos produtos; análises físico-químicas e microbiológicas para garantir a conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos; validação dos métodos analíticos utilizados e dos processos de extração, purificação, formulação e enchimento (Brasil, 2019). Devido à ilegalidade e a ausência de regulamentação, não há normas que disponham sobre os métodos de cultivo ou que contemplem a perspectiva ambiental da produção de maconha no Brasil.

Nos Estados Unidos da América (EUA), a indústria da cannabis cresceu consideravelmente desde o Ato de Avanço ou Melhoria da Agricultura (Agriculture Improvement Act) em 2018. Conhecido como Farm Bill 2018, legalizou os cultivos e regulamentou a produção da planta e seus derivados, principalmente para uso medicinal, impulsionado pelas pesquisas com o canabidiol (CBD). A lei permitiu o cultivo de cânhamo industrial com regulamentações que promovem práticas agrícolas sustentáveis. A abordagem de cada país ou estado varia de acordo com fatores como clima, cultura agrícola e prioridade política, mas a tendência global é promover práticas agrícolas que equilibrem produtividade e respeito ao meio ambiente. Em 2024, ocorreu sua atualização por meio da criação de emendas, o que foi decisivo para a permissão do transporte desses produtos entre estados e na classificação baseada na concentração máxima do componente tetrahydrocannabinol (THC). Também instituiu a obrigatoriedade de testes rigorosos de contaminantes e rotulagem dos produtos derivados da cannabis, incrementando os fundos destinados à pesquisa e desenvolvimento tecnológico para a indústria. No entanto, os estados permanecem com autonomia para suas próprias regras, com uso medicinal legalizado em 39 estados e em 19 para uso recreacional. Atualmente, três estados mantêm a proibição: Idaho, Nebraska e Dakota do Sul; que representam 2% da população total do país. Na Califórnia, além do registro de todos os envolvidos na produção de CBD (plantio, processamento, vendedores) e testes para identificar contaminantes, há ainda a proibição da venda para menores de 21 anos. Nova York acrescentou à lei federal, a necessidade de boas práticas na produção (Good Manufacturing Practices – GMP), a rastreabilidade dos produtos, a padronização do marketing e a solicitação de permissão para venda no varejo. No Colorado, considerado o

líder na regulação da maconha, há um programa de certificação voluntária para atestar e promover as boas práticas, recursos para desenvolvimento de pesquisa e tecnologia, e flexibilização no licenciamento. A atualização do ato regulatório, reconhecido como um marco na cadeia produtiva, demonstra que a indústria da cannabis permanece em crescimento e desenvolvimento, como um componente de valor do agronegócio e do consumo de bens e serviços (Ferreira, 2023; Stoa, 2023; Friesen, 2024).

O Uruguai foi o primeiro país a legalizar a produção e a comercialização da maconha para uso recreativo adulto, com registro prévio no Instituto de Regulação e Controle da Cannabis (IRCCA). Além dos cultivos para uso pessoal, o país permite o cultivo por meio da autorização de clubes e associações, com número limitado de membros. Cerca de 1200 ha são cultivados para fins medicinais e mais de 40 empresas licenciadas. Outros países latinos possuem legislação sobre a cannabis medicinal, como Argentina e Peru, e disposição legal para uso do cânhamo industrial, como Chile, Mexico, Paraguai, Colômbia e Jamaica (Kaya Mind, 2021).

Raihan e Bijoy (2023) realizaram uma revisão para avaliar o potencial da indústria, considerando os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) para os EUA. Os autores conseguiram abordar múltiplos impactos positivos e negativos, além de correlacionar o potencial da cultura para atingir os ODS. No entanto, consideraram que os aspectos sociais precisam ser melhor compreendidos e aprofundar os conhecimentos sobre as melhores práticas agrícolas para o aumento da produtividade e sustentabilidade. Stoa (2023) destacou a temática da desigualdade de oportunidades, no aspecto social, quando se trata da cadeia produtiva industrial.

Viskovi'c et al. (2023) concluíram que o desenvolvimento tecnológico deu o embasamento para o uso industrial do cânhamo para diferentes produtos finais, inclusive como uma matéria-prima substituta de petroquímicos. Os autores destacaram a importância da evolução das leis e regulamentos, a criação de incentivos financeiros, bem como de tecnologia, como é realizado para outras culturas agrícolas. Com essa perspectiva, o Textile Exchange produziu uma referência completa sobre a cadeia produtiva do cânhamo para indústria têxtil, esclarecendo que os impactos ambientais negativos podem ocorrer, dependendo do manejo, assim como em qualquer cultura agrícola de larga escala (Textile Exchange, 2023).

Os autores Vieira, Marques e Sousa (2020) encontraram 10 trabalhos científicos desenvolvidos no Brasil para o uso medicinal da cannabis. Foram identificadas duas vertentes de discussão: uma motivada pela relação entre o potencial terapêutico e as concepções

históricas, sociais, culturais e criminais associadas ao uso da planta; enquanto um grupo crescente de pesquisadores aborda o contexto das intervenções práticas dos compostos canabinoides como alternativa terapêutica factível, com aplicações e resultados promissores para diversas doenças, condições e características de pacientes. Sobre o cultivo, tramita na Câmara dos Deputados um projeto de lei (PL 399/2015) que propõe ao produtor requerer as autorizações de acordo com os sistemas produtivos, para uso medicinal ou industrial. Para uso medicinal, o produtor deverá declarar o número de plantas e realizar cultivo protegido (indoor), com cerca elétrica na área fechada, acesso restrito e controlado, câmeras de vídeo para vigilância (Aquino, 2020).

No Canadá, o cultivo medicinal e recreativo exige cumprimento de padrões rígidos, incluindo cultivo em ambientes controlados com monitoramento constante e atendimento à normas de eficiência energética e gestão de água. Os resíduos vegetais e químicos do cultivo devem ser tratados de forma ambientalmente responsável e os produtores podem buscar certificações orgânicas, que proíbem pesticidas e fertilizantes sintéticos (Brousseau et al., 2024).

Na União Européia, as sementes devem ser certificadas por órgãos reguladores, com uma lista das aprovadas para cultivo. O cultivo de cânhamo para uso industrial é regulamentado de acordo com normas agrícolas gerais, mas com limitações sobre o nível de THC e métodos de plantio. A Política Agrícola Comum (PAC), que contempla o cultivo, incentiva práticas de baixo impacto ambiental. Além disso, subsídios agrícolas são fornecidos para produtores que adotam métodos sustentáveis, como rotação de culturas e redução de pesticidas. Somente variedades aprovadas (com baixo teor de THC) podem ser cultivadas, garantindo menor impacto ambiental, devido ao maior controle do cultivo.

Diante do exposto sobre a regulação dos cultivos de cannabis, é evidente que a supervisão federal precisa facilitar a pesquisa e o acesso ao material vegetal por parte dos pesquisadores. Considera-se uma abordagem estratégica para o desenvolvimento sustentável, incluindo o desenvolvimento de cultivos no aberto. Estudos quantitativos em campo baseados no uso de água, produtos químicos, sistemas de cultivo e rendimentos, são necessários para subsidiar a construção de uma política agrícola eficaz (Butsic e Brenner, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa baseou-se em revisão bibliográfica do tipo sistemática, empregando-se como palavras-chave “cannabis ecosystem services” para a busca de trabalhos científicos que abordassem os serviços ecossistêmicos da Cannabis sativa e “cannabis environmental impacts” para aqueles que trabalhassem a temática dos impactos ambientais da planta (Figura 1).



Figura 1: Procedimento adotado para a busca bibliográfica no mecanismo de pesquisa.

Os trabalhos apresentados nesta revisão de literatura foram obtidos através de busca eletrônica no portal de pesquisas Google Acadêmico e no Journal of Cannabis Research (jornal internacional, aberto ao público, revisado por pares o qual aceita submissões de qualquer assunto concernente a pesquisas sobre Cannabis). Empregou-se os termos “cannabis e o direito à saúde”, “cannabis ecosystem services”, “cannabis cultivation”, “cannabis water requirements” e “cannabis environmental impacts”. Foram considerados para este trabalho um total de 10 artigos, em que observou-se uma ênfase em demanda hídrica, pegada de carbono, impactos ambientais em geral, questões socioambientais, direito à saúde e serviços ecossistêmicos dos sistemas de cultivo de Cannabis.

Os resultados foram organizados e analisados de forma qualitativa, a fim de verificar os impactos ambientais negativos descritos em referências científicas e que pudessem contribuir para critérios de regulamentação do cultivo de cannabis no Brasil.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o primeiro grupo de palavras-chave foram exibidos 12.100 resultados. Contudo, a relevância limitou-se até a décima página de resultados, tendo sido selecionados 7 artigos quanto à pertinência ao tema. Para o segundo grupo de palavras-chave, “cannabis environmental impacts”, foram encontrados 93.700 resultados, dos quais 8 trabalhos foram selecionados ainda na primeira lista de resultados. Não foram encontrados trabalhos que abordassem os serviços ecossistêmicos culturais, ainda que sejam considerados de importância milenar (Zheng, Fiddes e Yang, 2021).

A determinação da modalidade de manejo do cultivo da Cannabis é diretamente relacionada ao produto final a que se destina, para produção de fibras, CBD, THC, fitorremediação, etc. No Quadro 1, pode-se observar os serviços ecossistêmicos (SE) relacionados aos cultivos de maconha, considerando a classificação das categorias propostas por The Economics of Ecosystem and Biodiversity (TEEB) para provisionamento, regulação, culturais e de habitat (TEEB, 2010).

Quadro 1: Compilação dos serviços ecossistêmicos (SE) da Cannabis, segundo as categorias definidas por TEEB (2010), obtidos a partir da análise dos indicadores apresentados em referências bibliográficas e considerando a escala do provimento do serviço. Escala do SE: O (micro: in situ); L (Local: 100 a 10km); R (Regional: 10 a 1.000km); G (Global: acima de 1.000km).

SE	Descrição	Indicador	Beneficiário	Escala	Referência
Provisão					
Alimentação	Recursos polínicos para abelhas <i>Apis mellifera</i> e abelhas nativas	Nº de espécies observadas utilizando o SE; Maior produtividade apícola/ Meliponícola	Público	O	Flicker, Poveda e Grab (2020); O'Brien e Arathi (2019); Adesina et al. (2020)
	Sementes para alimentação humana e animal	Teor de ácidos graxos, ácidos poliinsaturados, de proteína, além de vitaminas e minerais	Público/ Privado	G	Callaway apud Adesina et al. (2020); Adesina et al. (2020); Campiglia et al., (2020)
Fibras	Fibra natural resistente e durável	toneladas/hectare	Privado	G	Adesina et al. (2020)
Medicinal	Os ácidos graxos ômega 3 e 6 presentes nas sementes contribuem para a saúde cardiovascular humana.				Adesina et al., (2020); Leyva e Pierce <i>apud</i> Campiglia et al. (2020)
	CBD: Canabinoide não-psicoativo capaz de tratar diversos problemas de saúde humana e animal.	Teor/planta variável conforme tratos culturais e variedade.	Privado	G	Adesina et al. (2020)
	THC: Canabinoide psicoativo	Teor/planta variável conforme tratos culturais e variedade.	Privado	G	
Biomassa para energia	Fabricação de briquetes a partir da biomassa	Rendimento energético da biomassa (GJ/ha)	Privado	G	Kolodziej et al. <i>apud</i> Adesina et al. (2020)
Biocombustíveis	Etanol de segunda geração a partir do alto teor celulósico do caule; biodiesel a partir das sementes.; Biogás	Rendimento energético do etanol (KJ/Kg)	Privado	G	Salentijn et al. <i>apud</i> Adesina et al. (2020); Kolodziej et al. <i>apud</i> Adesina et al. (2020)
		Rendimento energético da biomassa (GJ/ha)			

Agroquímicos	Herbicidas e inseticidas a partir de óleos essenciais para uso em sistemas orgânicos de cultivo.	Capacidade de controle de pragas por componente do óleo essencial Rendimento de óleo essencial / kg de inflorescência	Privado	G	Benelli et al. <i>apud</i> Adesina et al. (2020); Salentijn et al. <i>apud</i> Adesina et al. (2020)
Regulação					
Sequestro de carbono	Estoca carbono através do rápido crescimento e desenvolvimento	Ton CO2/ha	Público	G	Adesina et al. (2020); Peter (2020)
Fitorremediação	Fixa metais pesados devido ao profundo sistema radicular	mg/kg de folha	Públic/ Privado	O	Adesina et al. (2020); Peter (2020)
Biocarvão	Sequestra carbono atmosférico e aprimora a fertilidade do solo	Ton/ha	Público/ Privado	O,G	Gunther <i>apud</i> Adesina et al (2020); Lehmann, Gaunt e Rondon <i>apud</i> Adesina et al (2020)
Suporte					
Saúde do solo	Seu extenso sistema radicular gera biomassa subterrânea e aprimora a aeração do solo; reduz a ocorrência de fungos e nematoides		Privado	O	Struik et al. <i>apud</i> Adesina et al. (2020); Amaduci et al. <i>apud</i> Adesina et al (2020); Kok, Koenen e de Heij <i>apud</i> Adesina et al (2020)
Produção primária	Produção de biomassa a ser incorporada no solo	Proporção entre planta colhida/ incorporada ao solo.			Kraenzel et al. <i>apud</i> Adesina et al., (2020)
Cultural					
Uso recreacional	Cultivo milenar por civilizações ancestrais para uso medicinal e recreativo.		Público/ Privado	O, G	Zheng, Fiddes e Yang (2021)

Segundo a mesma classificação para SE (TEEB, 2010), a Figura 1 apresenta um resumo do resultado das referências bibliográficas da revisão sistemática.

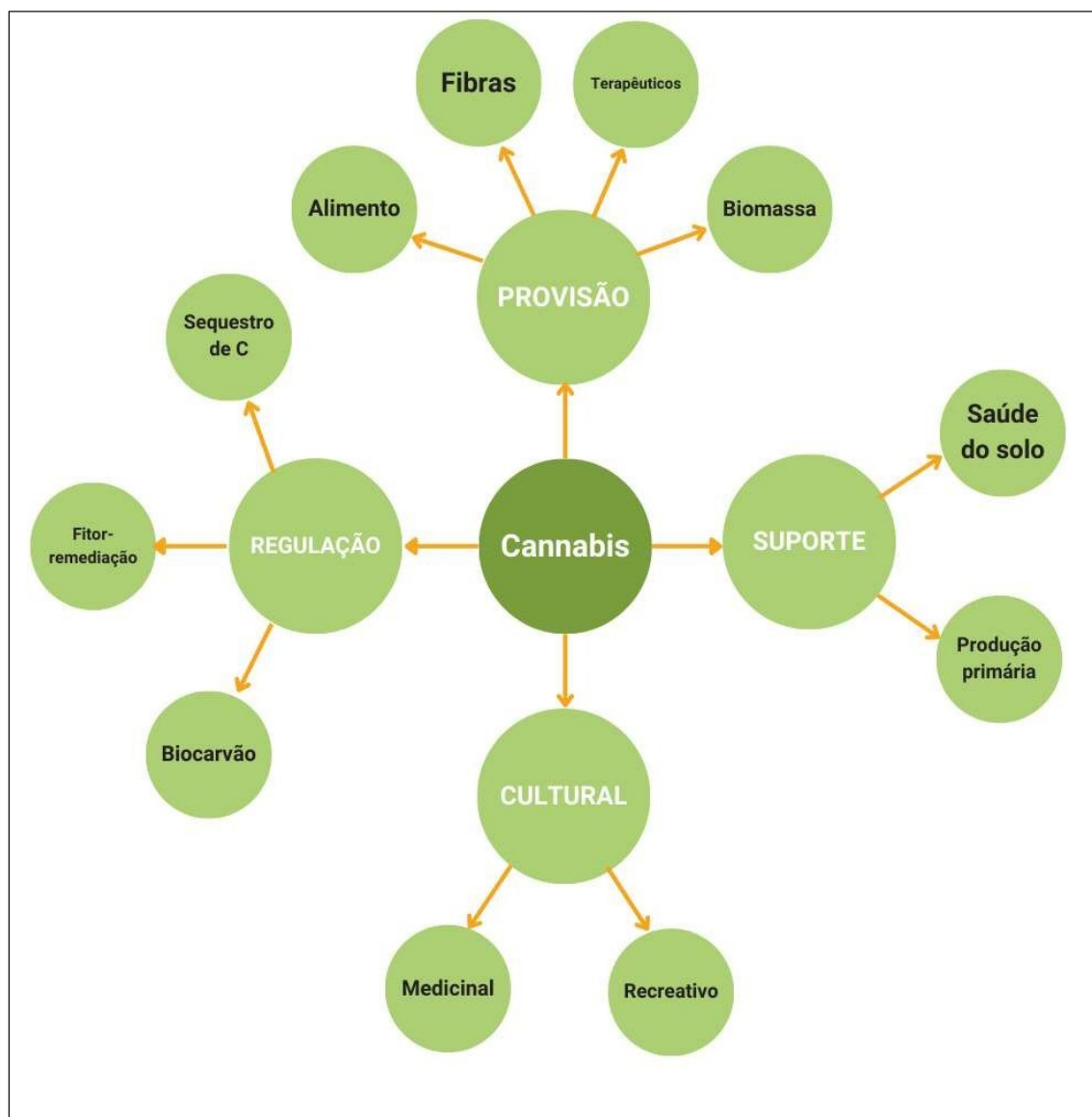


Figura 1. Serviços ecossistêmicos dos cultivos de Cannabis spp. Fonte: Autor (2024).

Em todos os estudos compilados neste trabalho, foi evidente a necessidade de uma nova abordagem para o cultivo de cannabis como matéria prima, quando considerado os danos provenientes da agricultura convencional. Assim, uma modalidade de cultivo baseada em conhecimentos tradicionais, porém suprimidos, como as premissas da agricultura ecológica que preconiza “...agricultores, comunidade e ecologias...” (Polson et al., 2023).

Zheng, Fiddes e Yang (2021) afirmaram que o cultivo da cannabis exerce influência no meio ambiente em diversas escalas, contudo podem ser mitigados, se manejados

corretamente (Adesina et al. 2020). Myers (2023) afirmou que, diante dos potenciais impactos ambientais do cultivo de Cannabis, é necessário um arranjo na paisagem, que favoreça os serviços ecossistêmicos, mitigue e até mesmo evite tais impactos, baseado no que ela denomina Ecologia Radical da Cannabis. Tal qual afirmam Butsic e Brenner (2016), “... é a distribuição espacial do cultivo de cannabis que determina danos ambientais... políticas futuras da cannabis deverão levar em consideração o potencial de mitigar impactos ambientais por meio de uso do solo planejado”. Depreende-se disso que a composição da paisagem é fundamental para uma melhor expressão dos serviços ecossistêmicos, inclusive em cultivos de maconha, na provisão de recursos polínicos para abelhas, por exemplo (Flicker, Poveda e Grab, 2020).

Adicionalmente, Polson et al. (2023), salientam a importância da legalização da cannabis. No estado norte-americano da Califórnia, cuja legislação é uma das mais rígidas acerca do cultivo de cannabis, é conhecido que os impactos ambientais negativos são significativos em sua modalidade ilegal, enquanto no cultivo lícito, existem diversas regulamentações subsidiando a proteção do meio ambiente contra práticas predatórias.

De fato, a cannabis é uma cultura de elevada demanda hídrica e seu cultivo, principalmente o ilícito, leva a impactos em corpos hídricos e microbacias inteiras (Zheng, Fiddes e Yang, 2021). Isso torna a regulamentação essencial para a mitigação dos impactos ambientais provenientes de seu cultivo, como por exemplo, a outorga do uso da água para cultivos com demanda hídrica significativa. Entretanto, esta demanda pode ser bem menor se o cultivo for protegido (indoor), modalidade “extremamente eficiente e de baixa demanda hídrica”, visto que a luminosidade reduzida diminui a necessidade de transpiração da planta, reduzindo a irrigação em até 80% (Steinfeld, 2019).

A quantidade de água empregada para a irrigação de cannabis em estufas é relatada em torno de 9,45 a 10,6 litros/dia (Zheng, Fiddes e Yang, 2021). A respeito disto, Brosseau, Goldstein e Lefrud (2024) sugerem que o emprego de variedades genotípicas de regiões mais quentes pode aumentar a produtividade e reduzir a pegada de Carbono. A melhor ambientação da planta, que leva a uma redução na necessidade hídrica, reduz demanda de energia e irrigação (Brosseau et al., 2024).

Trabalhos conduzidos em cultivos para uso medicinal, no noroeste californiano, demonstraram que a cannabis apresenta elevada demanda hídrica, principalmente nos meses de agosto e setembro, nos quais são registradas temperaturas médias elevadas. Butsic e Brenner (2016), atestam que em cultivos no condado de Humboldt, a cultura consome 22,7

litros de água/planta/dia durante o crescimento vegetativo nesse período, valor semelhante ao encontrado por Wilson et al. (2019), de 21 litros/planta/dia.

Os resultados de Zheng, Fiddes e Yang (2021), afirmam que tanto os cultivos protegidos quanto os abertos, são de uso intensivo de água, bem como apresentam alto consumo de nutrientes. No mesmo trabalho, é demonstrado que sua demanda hídrica durante o crescimento vegetativo, excede a necessidade de diversas commodities, como por exemplo, soja, milho e trigo (Tabela 1). De acordo com os trabalhos de Butsic et al. (2018) e Bauer et al. (2015), conforme as fronteiras agrícolas sejam ampliadas, a demanda hídrica crescerá proporcionalmente, levando à maior pressão sobre os recursos hídricos locais e afetando, significativamente, os ecossistemas aquáticos.

Tabela 1: Comparação do consumo de água para Cannabis sp x Commodities agrícolas.

Cultivo	Consumo diário/planta/dia (L/m²)
Cannabis spp. em cultivo aberto (outdoor), 150 dias do crescimento vegetativo	9,7
Cannabis spp. em cultivo aberto (outdoor), nos meses de agosto (Califórnia, EUA)	8,96
Cannabis spp. em cultivo aberto (outdoor), nos meses de setembro (Califórnia, EUA)	6,92
Cannabis spp. em cultivo protegido (indoor) nos meses de agosto (Califórnia, EUA)	7,33
Cannabis spp. em cultivo protegido (indoor) nos meses de setembro (Califórnia, EUA)	8,96
Algodão (195 dias)	6,11
Milho industrial (150 dias)	5,29
Milho alimentício	8,96
Soja (150 dias)	5,29
Trigo	7,74
Arroz	7,33

Fonte: Adaptado de Zheng, Fiddes e Yang (2021).

Diante desses resultados, Zheng, Fiddes e Yang (2021) concluíram que, “identificar e aplicar melhores práticas de manejo, como irrigação de precisão e controle climático aprimorado, serão críticos para minimizar os impactos ambientais no consumo da água”.

A abertura de novas fronteiras agrícolas para o cultivo de Cannabis pode levar ao desmatamento e à fragmentação de florestas (Wang et al., 2017). Butsic e Brenner (2016) e Bauer et al. (2015), afirmaram que na transformação para sistemas agrícolas há exposição do

solo, tanto em cultivos abertos quanto nos protegidos em estufas, pois aumentam o risco de erosão, fenômeno que promove o aumento da deposição de sedimentos finos em corpos hídricos, deteriorando o habitat de espécies aquáticas (Carah et al., 2015; Bauer et al., 2015).

Brosseau et al. (2024), investigaram a contribuição do cultivo de Cannabis para a acidificação do planeta, eutrofização de corpos hídricos, e o esgotamento de recursos minerais empregados na fabricação de substratos.

Zheng, Fiddes e Yang (2021) também observaram que o cultivo protegido apresenta alta demanda de energia elétrica, marca principal desta modalidade, em 6.074 Kwh por kilograma de flores produzido, cuja finalidade é, principalmente, para desumidificação e iluminação. Analisando de maneira semelhante, Brosseau et al. (2024), ao verificarem o indicador de Potencial de aquecimento global da produção de flores de Cannabis, contabilizaram a emissão de até 110,7 Kg de CO₂ equivalente por Kg de flores de Cannabis secas (número que varia conforme o aporte de nutrientes adotado). A pesquisa realizada sobre o consumo de energia e a consequente pegada de carbono utilizou lâmpadas halógenas, sinalizando que os dados podem estar defasados com a realidade atual que emprega lâmpadas LEDs. Dessa maneira, novas pesquisas são necessárias para avaliar a demanda energética dos cultivos atuais.

Além das emissões relativas à nutrição empregada no cultivo, os autores salientam que há uma alta emissão associada ao tipo de substrato empregado. Existe maior impacto quanto ocorre o uso de substrato novo, ainda que o maquinário empregado na reciclagem de substrato para reutilização (trator e vaporizador), contribua com certa cota de emissões (Brosseau et al., 2024).

Campiglia et al. (2020), em um estudo sobre produção de sementes de Cannabis em clima Mediterrâneo, observou que uma maior densidade de plantas resultou em pegada de carbono. Resultado que os autores associaram a um menor aproveitamento do fertilizante, favorecendo uma degradação química que levou à volatilização e consequente emissão de óxido nitroso, potente gás do efeito estufa.

Seltenrich (2019) alerta a respeito do potencial fitorremediador da cannabis, isto é, sua capacidade de fixação em alto nível de metais pesados do solo, e potencialmente depositando-os nas flores. Esse fato é extremamente importante quando se trata da produção para uso medicinal. No cultivo para essa finalidade, fitorremediação do solo, não foram encontradas recomendações quanto aos tratos culturais, diferente dos demais usos, que possuem metodologia de cultivo de acordo com a produção esperada e controle de qualidade.

Em estudo conduzido no Canadá, Gagnon et al. (2023) compararam amostras de flores de cannabis lícita e ilícita e encontrou “alta concentração de pesticidas nas amostras de cannabis ilícita”. É possível associar a modalidade ilícita de cultivo à degradação ambiental, a exemplo de Butsic e Brosseau et al. (2024), os quais concluíram que, um dos principais motivadores para o cultivo em áreas sensíveis é a regulamentação insuficiente aplicada à maconha. Em regiões com déficit hídrico, o cultivo de cannabis poderia agravar significativamente as condições adversas (Butsic et al., 2018; Wartenberg, 2021).

Plantios de cannabis destinados à obtenção de fibras, o cânhamo industrial, fixam uma quantidade de biomassa maior que a madeira produzida nos plantios florestais (Fike, 2017). Sua elevada quantidade de celulose confere um potencial considerável para produção de papel, com quatro vezes maior produtividade por área do que um povoamento florestal (Malachowska et al., 2019).

Deeley (2000) afirmou, reiteradamente, que a maconha possui uma fisiologia excepcional, promovendo-a como umas das melhores culturas agrícolas no combate às mudanças climáticas. Essa recomendação se deve ao fato da elevada produção de biomassa e consequente fixação de carbono atmosférico.

A cannabis, quando empregada em sistemas de rotação, eleva a fertilidade do solo aumentando sua porosidade, devido a seu extenso sistema radicular e elimina determinados nematoides do solo, além de suprimir plantas indesejáveis, reduzindo o uso de herbicidas (Van Deer Welf, Geel e Wijnhuizen, 1995).

Na Tabela 2 e nos Quadros 2 e 3, são apresentados os resumos sobre os impactos ambientais e as medidas mitigadoras adequadas para os diferentes sistemas de cultivo da cannabis, conforme as referências bibliográficas.

Tabela 2. Compilação dos impactos ambientais negativos da cannabis bem como suas medidas mitigadoras, com as referências dos estudos que indicam essas informações.

Impacto	Descrição	Indicador	Referência	Mitigação
Redução da vazão em corpos hídricos	Alta demanda hídrica do cultivo	Litros de água/planta/dia	Myers (2023); Zheng, Fiddes e Yang (2021); Ashworth e Vizuite (2017);	Irrigação de precisão e controle climático aprimorado (indoor); Sistemas de captação de água da chuva
Poluição de corpos hídricos	Lixiviação / Escoamento superficial de nutrientes	Quantidade aproveitada / Quantidade perdida por escoamento e lixiviação	Zheng, Fiddes e Yang (2021); Bauer et al apud Ashworth e Vizuite (2017)	Boas práticas de cultivo (Aporte adequado de adubos químicos, densidade de plantas adequada, variedades adaptadas); avaliar a qualidade da água e realizar tratamento dos efluentes.
Alteração de ecossistemas aquáticos	Redução da vazão e aumento da temperatura da água; Contaminação por pesticidas		Zheng, Fiddes e Yang (2021); Bauer et al apud Ashworth e Vizuite (2017); Myers (2023)	Boas práticas no uso da água e irrigação de precisão; Cultivos orgânicos; avaliar a qualidade da água e realizar tratamento dos efluentes.;
Alteração da qualidade do ar externa e interna (indoor)	Emissão de COVBs ¹ e volatilização do N (Protegido ou aberto)		Zheng, Fiddes e Yang (2021); Martyny et al apud Ashworth e Vizuite (2017)	Realização de pesquisas de maneira a compreender os riscos à saúde e ao meio ambiente.
Pegada de C / Emissão de GEE	Demanda energética elevada devido à iluminação, climatização, irrigação, ventilação, Secagem/Cura, Exaustão de gases voláteis, pegada de C da produção industrial de substrato	Kg de CO2 / kg de Cannabis produzida	Myers (2023); Zheng, Fiddes e Yang (2021); Arnold apud Ashworth e Vizuite (2017); Mills apud Ashworth e Vizuite (2017); Mills apud Zheng, Fiddes e Yang (2021);	Realização de pesquisas para avaliar o consumo energético do ciclo de vida da planta bem como da pegada de carbono; considerar a adoção de cultivo outdoor; investir em fontes de energias renováveis; reciclar o substrato.
Perda de solo	Solo exposto na área das estufas e erosão nos plantios e consequente assoreamento de cursos hídricos	Perda de kg de solo / ha	Zheng, Fiddes e Yang (2021)	Boas práticas agrícolas; Terraceamento.
Mudança no uso e ocupação do solo; Desmatamento; Fragmentação florestal.	Conversão de áreas de florestas devido ao menor preço da madeira em relação à Cannabis	Porcentagem de área florestal perdida na paisagem	Wang (2017) apud Myers et al. (2023)	Adoção de um sistema regenerativo por meio de sistemas agroflorestais e trechos vegetados onde for detectada a degradação, a fim de reestabelecer a biodiversidade e incrementar o sistema produtivo da propriedade

¹ Metabólitos secundários emitidos principalmente por plantas (Zheng, Fiddes e Yang, 2021).

² Em uma densidade de 1.312 plantas/ha (espaçamento de 2,8m por 2,8m).

³ Aquecimento, ventilação e ar-condicionado (climatização).

⁴ Potencial de esgotamento de metal é responsável pela demanda do sistema por metais primários (Goedkoop et al. apud Xu et al., 2021).

⁵ Para enriquecimento com dióxido de carbono em estufas (Roy et al., 2014).

Quadro 2. Quadros demonstrativos dos impactos ambientais negativos, de forma detalhada, para cultivo aberto (outdoor) e protegido (indoor), segundo a referência (Zheng, Fiddes e Yang, 2021).

Cultivo aberto		
Impacto ambiental/ Indicador	Descrição	Unidade
Poluição do ar	Emissão de COVBs ¹	744 mg/planta/dia
Poluição do ar	Emissões de CO ₂	4600 Kg/Kg produzido
Redução da vazão em corpos hídricos	Demanda hídrica	22,7 litros/planta/dia ²
Cultivo protegido		
Redução da vazão em corpos hídricos	Demanda hídrica	20,8 litros/planta/dia ²
Demanda energética	Iluminação (33%)	6.074 Kwh/Kg produzido
	AVAC ³ (50%)	

¹ Metabólitos secundários emitidos principalmente por plantas (Zheng, Fiddes e Yang, 2021).

² Em uma densidade de 1.312 plantas/ha (espaçamento de 2,8m por 2,8m).

³ Aquecimento, ventilação e ar-condicionado (climatização).

Quadro 3. Quadros demonstrativos dos impactos ambientais negativos, de forma detalhada, para cultivo aberto (outdoor) e protegido (indoor), segundo a referência (Brosseau et al. 2024).

Cultivo	Aberto (Indoor)			Protegido (Outdoor)		
Indicador	Descrição	Percentual de contribuição	Atividade	Descrição	Percentual de contribuição	Atividade
Escasseamento de combustíveis fósseis (kg oil-Eq)	Aquecimento por queima de gás natural	83,7%	Climatização	Queima de gás natural	91,9%	Propagação, secagem e cura
Potencial de esgotamento de metal ¹ (kg FeEq)	Fabricação de CO ₂ ²	53,3%	Climatização	Queima de gás natural	58,5%	Propagação, secagem e cura
Acidificação terrestre (kg SO ₂ -eq)	Aquecimento por queima de gás natural	45,3%	Climatização	Aquecimento por queima de gás natural	66,1%	Propagação, secagem e cura
Eutrofização marinha (kg N-Eq)	Fabricação de CO ₂	49,4%	Climatização	Fabricação de bio-pesticidas	64,9%	Tratos culturais
Eutrofização marinha (kg P-Eq)	Fabricação de CO ₂	54,4%	Climatização	Fabricação de bio-pesticidas	45,1%	Tratos culturais

¹ Potencial de esgotamento de metal é responsável pela demanda do sistema por metais primários (Goedkoop et al. apud Xu et al., 2021).

² Para enriquecimento com dióxido de carbono em estufas (Roy et al., 2014).

Segundo Brosseau et al (2024), o cultivo aberto pode apresentar uma pegada de carbono 50 vezes menor do que o cultivo protegido. O que pode ser contabilizado no substrato empregado, na escolha entre reciclagem ou reforma deste, nos tratos culturais, entre outros fatores. No Canadá, os autores demonstraram que o cultivo de cannabis em regiões mais frias tendem a apresentar maior pegada de carbono, até 8,6 Kg de CO₂ equivalente/dia para cada grama de flor seca consumida, visto que há necessidade de aquecimento através da queima de gás natural e enriquecimento de carbono por meio de CO₂ pressurizado nas áreas de cultivo indoor. Entretanto, sugerem como medidas mitigadoras a transição para tecnologias de baixo carbono, o que inclusive, poderia beneficiar os produtores com incentivos governamentais. Os autores também sugerem considerar o cultivo aberto devido a sua baixa pegada de carbono e assim, garantindo um selo ecológico, gerando conscientização em seus consumidores.

No Brasil, ainda existe o risco de expansão do cultivo em áreas de preservação ambiental, como a Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, o que levaria a um aumento do desmatamento e perda de biodiversidade, ocasionados pela inclusão de uma nova cultura no agronegócio. Por isso, exigir práticas de cultivo sustentável, como uso eficiente de água, proibição e fiscalização da conversão de florestas, monitoramento dos impactos ambientais, são necessários para a multifuncionalidade dos plantios.

Embora a legalização do cultivo de cannabis no Brasil traga oportunidades significativas, é essencial considerar e mitigar seus impactos potenciais. O sucesso dependerá de uma regulamentação bem estruturada, fiscalização eficaz e políticas públicas que conciliem o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade ambiental e social voltados a esses novos empreendimentos, visando uma transição para o agronegócio sustentável.

Um estudo da New Frontier Data (2020) estimou que a legalização da cannabis no Brasil poderia gerar mais de R\$ 5 bilhões em receitas fiscais anuais e criar milhares de empregos no setor agrícola e industrial.

A Constituição Federal Brasileira, garante em seu artigo 196, o direito fundamental à saúde (Brasil, 1998). Como dito anteriormente, a Cannabis sativa, cujo uso é expressamente proibido pela Lei Federal n. 11.343/2006, produz substâncias comprovadamente eficazes no tratamento de diversas doenças. Porém, a falta de regulamentação sobre seu uso medicinal

difículta e monetiza o acesso a este benefício. De fato, “o caráter abstrato da proibição do uso de drogas pela legislação brasileira tem afetado o acesso de pacientes com doenças degenerativas a medicamentos compostos por substâncias químicas oriundas da maconha” (França e Oliveira, 2020).

Diante do exposto, tende-se a considerar que a cannabis pode e deve ser cultivada sob preceitos da agroecologia, que abrange somente uma metodologia agrícola ambientalmente sustentável, mas sim um posicionamento amplamente contrário ao modelo agrícola que se iniciou no Mercantilismo do século XV. Durante as colonizações, esse modelo convencional ganhou força na Revolução industrial, culminando na famigerada Revolução Verde implementada no último século. Logo, dentre suas muitas definições, a agroecologia busca superar estes paradigmas “a partir de critérios ecológicos, sociais e culturais, não redutíveis a uma pretensa “eficiência” econômica nem à lógica produtivista” (Dias et al., 2021). Esta abordagem se correlaciona com os agrossistemas canábicos, quando se tem como princípio o direito constitucional à saúde. Somado ao direito fundamental do indivíduo de cultivar seu próprio remédio, ou de adquiri-lo com a consciência de que ao exercer seus direitos não fere os de outrem, os potenciais conflitos pelo uso da água, pegada de carbono, uso de agrotóxicos e, finalmente, sobre a motivação do plantio (se o cultivador visa o lucrativo mercado da cannabis ou o acesso aos seus benefícios medicinais por pessoas e animais).

Observa-se, portanto, que a demanda hídrica da cannabis pode gerar conflitos pelo uso da água tanto por sua influência na quantidade quanto na qualidade. Sua produção ilegal reflete no uso indiscriminado de agrotóxicos, de água e fertilizantes, demanda de energia elétrica, ou seja, nos métodos de cultivo e suas consequências ambientais.

As metodologias empregadas pelas associações que detêm autorização judicial para o plantio no Brasil são, até o momento, o caminho norteador para o desenvolvimento de boas práticas no cultivo da cannabis para seu uso terapêutico e medicinal, principalmente em cultivos protegidos ou “de quintal” e por agricultores familiares.

Face a seus possíveis impactos, a regulamentação do cultivo se torna o melhor caminho socioambiental para que os serviços ecossistêmicos da Cannabis possam ser acessados por todos. No tocante ao uso otimizado e democrático da água, no aumento da fertilidade ao invés da erosão do solo, na captura de carbono equilibrada com a emissão, no desenvolvimento de manejo integrado a fim de reduzir e, até mesmo, ao evitar o uso de agrotóxicos e usufruir dos benefícios medicinais e terapêuticos, bem como, os ganhos socioeconômicos de sua destinação comercial.

Finalmente, Butsic e Brenner afirmaram:

“Assim como a falta de regulamentação ambiental na produção de Cannabis, a falta de pesquisas em práticas agrícolas em cannabis está fortemente atada ao status de federalmente ilegal da cannabis...fato que impede que todos, exceto alguns pesquisadores, conduzam estudos de campo e de laboratório (Butsic e Brenner, 2016).

De acordo com o raciocínio destes autores, pode-se traçar um paralelo à realidade brasileira, na qual o status ilegal da cannabis impede que estudos científicos sejam realizados, limitando o acesso a um valioso conhecimento acerca de metodologias de cultivo de Cannabis apropriadas às condições edafoclimáticas brasileiras.

5. CONCLUSÃO

O manejo correto do cultivo pode disponibilizar diversos serviços ecossistêmicos, ao mesmo tempo que mitiga seus potenciais impactos ambientais conferindo-lhe sustentabilidade e o status de uma cultura ambientalmente correta. São necessários estudos complementares para a caracterização dos SE culturais nessas condições, além do uso recreacional e espiritual.

O manejo correto do cultivo pode disponibilizar diversos serviços ecossistêmicos, ao mesmo tempo que mitiga seus potenciais impactos ambientais conferindo-lhe sustentabilidade e o status de uma cultura ambientalmente correta. São necessários estudos complementares para a caracterização dos SE culturais nessas condições, além do uso recreacional e espiritual.

Devido ao potencial de geração de impactos negativos, acredita-se que a regulamentação deve ser baseada numa perspectiva de produção sustentável. Dessa forma, será possível garantir a qualidade da matéria-prima e contribuir para resiliência dos sistemas agrícolas frente às mudanças climáticas, incluindo as diferentes questões sociais relacionadas à maconha, saúde e sustentabilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adesina, I.; Bhowmik, A.; Sharma, H.; Shahbazi, A. A Review on the Current State of Knowledge of Growing Conditions, Agronomic Soil Health Practices and Utilities of Hemp in the United States. **Agriculture**, 2020, 10, 129. <https://doi.org/10.3390/agriculture10040129>
- ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada nº 327/2019**, Brasília – DF, 2019
- ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada nº 660/2022**, Brasília – DF, 2019
- Aquino, Camila. **Brazil's Initial Hemp Report**. USDA. 2020.
- Ashworth, K.; Vizuite, W. High Time to Assess the Environmental Impacts of Cannabis Cultivation. **Environmental Science & Technology**, v. 51, p.2531–2533. doi: 10.1021/acs.est.6b06343
- Bauer, S.; Olson, J.; Cockrill, A.; Hattem, M.; Miller, L.; Tauzer, M.; Leppig, G. Impacts of Surface Water Diversions for Marijuana Cultivation on Aquatic Habitat in Four Northwestern California Watersheds. **Plos One**, 10, 2015. [doi:10.1371/journal.pone.0120016](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120016)
- BRASIL. **Lei Federal n. 11.343/2006**. Institui o Sistema Nacional de Políticas Públicas sobre Drogas - Sisnad; prescreve medidas para prevenção do uso indevido, atenção e reinserção social de usuários e dependentes de drogas; estabelece normas para repressão à produção não autorizada e ao tráfico ilícito de drogas; define crimes e dá outras providências. Brasília – DF, 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111343.htm. Acesso em: 08/12/2024
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República.
- Brosseau, V.; Goldstein, B.; Sedlock, C.; Lesfrud, M. Environmental Impact of Outdoor Cannabis Production. **ACS Agricultural Science & Technology**, 2024, v. 4, p. 690 – 699. <https://doi.org/10.1021/acsagscitech.4c00054>
- Brousseau, Vincent Desaulniers; Goldstein, Benjamin P.; Lachapelle, Mathieu; Tazi, Ilies; Lefsrud, Mark. Greener green: The environmental impacts of the Canadian cannabis industry. **Resources, Conservation & Recycling**, 208, 2024, 107737.
- Butsic, V.; Brenner, J. Cannabis (*Cannabis sativa* or *C. indica*) agriculture and the environment: a systematic, spatially-explicit survey and potential impacts. **Environmental Research Letters**, 11, 2016.
- Butsic, V.; Carah, J.; Baumann, M.; Stephens, C.; Brenner, J. The emergence of cannabis agriculture frontiers as environmental threats. **Environmental Research Letters**, 13, 2018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaeade>
- Campiglia, E.; Gobbi, L.; Marucci, A.; Rapa, M.; Ruggieri, R.; Vinci, G. Hemp Seed Production: Environmental Impacts of *Cannabis sativa* L. Agronomic Practices by Life Cycle Assessment (LCA) and Carbon Footprint Methodologies. **Sustainability**, 12, 2020. [doi:10.3390/su12166570](https://doi.org/10.3390/su12166570)

Carah, J.; Howard, J.; Thompson, S.; Gianotti, A.; Bauer, S.; Carlson, S.; Dralle, D.; Gabriel, M.; Hulette, L.; Johnson, B.; Knight, C.; Kupferberg, S.; Martin, S.; Naylor, R.; Power, M. High Time for Conservation: Adding the Environment to the Debate on Marijuana Liberalization. **BioScience**, v.65, p. 822–829, 2015. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv083>

Carlini, EA. **A história da maconha no Brasil**. CEBRID, São Paulo, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0047-20852006000400008>

Castro Neto, A. G., Alves J. A. Impactos sociais e econômicos do polígono da maconha. **Periódico de Ciências Biológicas da UNIVASF**, v. 3, n. 1, p. 25-47, 2024.

Cintra, Caio Henrique de Moraes. O uso medicinal da cannabis e o conflito entre direitos e normas. **Revista Juris UniToledo**, Araçatuba, SP, v. 04, n. 01, p.127-142, 2019.

Deeley, M. **Cannabis: an environmentally and economically viable method for climate change mitigation**. Tese. Universidade de Strathclyde. Graduate School of Environmental Studies. 90p. 2000.

Dias, A.; Stauffer, A.; Moura, L.; Vargas, M. **Diccionario de Agroecologia e Educação**. Expressão popular. Fiocruz. Rio de Janeiro e São Paulo, 2021.

Ferreira, A. F. P. **The economic and social potential of cannabis sativa for the sustainable development of a country: Brazil as a case study**. Dissertação. Universidade do Porto. Faculdade de Economia. 69p. 2023.

Fike, J. Industrial Hemp: Renewed Opportunities for an Ancient Crop. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.35, p.406–424, 2017. <https://doi.org/10.1080/07352689.2016.1257842>

Flicker, N.; Poveda, K.; Grab, H. **The Bee Community of Cannabis sativa and Corresponding Effects of Landscape Composition**. *Environmental Entomology*, v.49, n.1, p.197-202, 2020.

Fraga, P., Martins, R. Cannabis plantations as an aspect of population survival and as a public policy and security issue in the northeast region of Brazil. **Cultura y Droga**, v.25, n.30, p. 37-60, 2020.

FRANÇA, D.; OLIVEIRA, C. R. A. **Direito à Saúde: o uso medicinal do canabidiol**. 2020 Faculdade Alfredo Nasser 8º Pesquisar. <http://www.unifan.edu.br/unifan/aparecida/wp-content/uploads/sites/2/2020/07/DIREITO-%C3%80-SA%C3%9ADE-o-uso-medicinal-do-canabidiol.pdf>

Friesen, L. Current and Emerging Regulations for Hemp-Derived Cannabinoids: Implications for the Hemp Industry. **Cannabis Science and Technology**, v.7, n.4, p.12-15, 2024.

Gagnon, M.; McRitchie, T.; Montsion, K.; Tully, J.; Blais, M.; Snider, N.; Blais, D. High levels of pesticides found in illicit cannabis inflorescence compared to licensed samples in Canadian study using expanded 327 pesticides multiresidue method. **Journal of Cannabis Research**, 2023. <https://doi.org/10.1186/s42238-023-00200-0>.

Lynda, Peter. **Mixed metal phytoremediation potentials with industrial hemp *Cannabis sativa* L.** Tese. Universidade do Estado do Tennessee. Department of Agricultural and Environmental Sciences. 24p. 2020.

Malachowska, E.; Piotr, P.; Marcin, D.; Marta, K.; Kamila, B. **Comparison of papermaking potential of wood and hemp cellulose pulps.** In: Annals of Warsaw University of Life Sciences. Forestry and Wood Technology, v. 91, p.134-137, 2015.

Martins, D. A.; Posso, I. P. Legislação atual sobre cannabis medicinal: histórico, movimentos, tendências e contratendências no território brasileiro - Current legislation on medical cannabis. **Sociedade Brasileira para o Estudo da Dor**, v. 6, n. 2, 2023. DOI 10.5935/2595-0118.20230026-pt

Massuela, D. C.; Piatti, C. **Hemp as a multifunctional crop to promote Quilombola Communities of the Brazilian São Francisco Valley: A Case Study.** In: Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development, 2019, Goettingen.

Moreira, E. Observações sobre a situação do Polígono da Maconha no Brasil. **Revista da Faculdade de Direito UFPR**; v. 43 n. 0, p. 1-19, 2005.

Myers, Z. M. **Radical Cannabis Ecologies: A Regenerative Approach to Cannabis Farms in The Emerald Triangle.** Tese. Universidade de Washington. 106p. 2023.

New Frontier Data. **13 Million Annual Cannabis Users and a \$9.8B USD Cannabis Market in Latin America.** 2020. Disponível em: <<https://newfrontierdata.com/cannabis-insights/13-million-annual-cannabis-users-and-a-9-8b-usd-cannabis-market-in-latin-america-2/>>. Acesso em: 08/12/2024

O'Brien, C.; Arathi, H.S. Bee diversity and abundance of flowers of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). **Biomass and Bioenergy**, 122, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.01.015>

Oliveira, A.; Zaverucha, J.; Carvalho, E. Polígono da Maconha: contexto sócioeconômico, homicídios e atuação do Ministério Público. **Coleção Segurança com Cidadania**, v.1, p. 175-194, 2009.

Polson, M.; Bodwitch, H.; Biber, E.; Butsic, V.; Grantham, T. **After legalization: Cannabis, environmental compliance, and agricultural futures.** Land Use Policy, 126, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106531>

Raihan, A.; Bijoy, T. R. A review of the industrial use and global sustainability of Cannabis sativa. **Global Sustainability Research**, v.2, n.4, p.1–29, 2023. <https://doi.org/10.56556/gssr.v2i4.597>

Santos, Lara. **Legalização da Cannabis na América Latina: Entenda a regulamentação da planta.** Kaya Mind, 12 de Abril de 2021. Disponível em: <<https://kayamind.com/legalizacao-da-cannabis-na-america-latina/>>. Acesso em: 08/12/2024

Seltenrich, Nate. **Cannabis Contaminants: Regulating Solvents, Microbes, and Metals in Legal Weed.** Environmental Health Perspectives, 127. 2019. <https://doi.org/10.1289/EHP5785>

Steinfeld, Amy. **Cannabis and Water Regulation.** The Water Report, 181. 2019

Stoa, Ryan B. **Emerging Issues in Cannabis Law: Big Business and Equity Challenges.** Clinical Therapeutics 45 (2023) 679–683.

Textile Exchange. **Growing hemp for the future – A global fiber guide.** 2023

Van Deer Welf, H.; Van Geel, W.; Wijnhuizen, M.; **Agronomic research on hemp (Cannabis Sativa L.) in the Netherlands, 1987 – 1993.** Journal of the International Hemp Association, 2, 1995.

Vieira L., Marques A., Sousa V. O uso de *Cannabis sativa* para fins terapêuticos no Brasil: uma revisão de literatura. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 2, n. 2, p. 901-919, 2020 <https://doi.org/10.29327/269504>

Visković, J.; Zheljazkov, V.D.; Sikora, V.; Noller, J.; Latković, D.; Ocamb, C.M.; Koren, A. Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Agronomy and Utilization: A Review. **Agronomy**, v.13, p. 931. 2023. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030931>

Wang, I.; Brenner, J.; Butsic, V. **Cannabis, an emerging agricultural crop, leads to deforestation and fragmentation.** Frontiers in Ecology and the Environment, 15, 2017. <https://doi.org/10.1002/fee.1634>

Wartenberg, A.; Holden, P.; Bodwitch, H.; Parker-Shames, P.; Novotny, T.; Harmon, T.; Hart, S.; Beutel, M.; Gilmore, M.; Hoh, E. **Cannabis and the Environment: What Science Tells Us and What We Still Need to Know.** Environmental Science & Technology Letters. 2021. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00844>.

Wilson, H.; Hekia, B.; Jennifer, C. First known survey of cannabis production practices in California. **California Agriculture**, 73, 2019. doi: 10.3733/ca.2019a0015

Zheng, Z.; Fiddes, K.; Yang, L. A narrative review on environmental impacts of cannabis cultivation. **Journal of Cannabis Research**, 2021. <https://doi.org/10.1186/s42238-021-00090-0>