Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de
15/06/2027

At the author's request, the full text of this thesis will not be available online until
Jun. 15, 2027

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

VIVIANY VIRIATO DE FREITAS

IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE LÚPULO NO BRASIL E REVISÃO DA FERRAMENTA AMBITEC-AGRO SOB A PERSPECTIVA DOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Botucatu

2026

VIVIANY VIRIATO DE FREITAS

IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE LÚPULO NO BRASIL E REVISÃO DA FERRAMENTA AMBITEC-AGRO SOB A PERSPECTIVA DOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Horticultura

Orientador: Filipe Pereira Giardini Bonfim

Coorientador: Geraldo Stachetti Rodrigues

Botucatu

2026

F866i

Freitas, Viviany Viriato de

Impacto socioambiental da produção de lúpulo no Brasil e revisão da ferramenta Ambitec-Agro sob a perspectiva dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável / Viviany Viriato de Freitas. -- Botucatu, 2026

193 p. : il., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu

Orientador: Filipe Pereira Giardini Bonfim

Coorientador: Geraldo Stachetti Rodrigues

1. Lúpulo. 2. Tropicalização. 3. Ambitec-Agro. 4. ODS. 5. Análise SWOT. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE LÚPULO NO BRASIL E REVISÃO DA FERRAMENTA AMBITEC-AGRO SOB A PERSPECTIVA DOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

AUTORA: VIVIANY VIRIATO DE FREITAS

ORIENTADOR: FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM

COORIENTADOR: GERALDO STACHETTI RODRIGUES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Horticultura), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM (Participaçao Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

Dr. CAIO SCARDINI NEVES (Participaçao Presencial)
Camará Lúpulos

Prof.ª Dr.ª AMANDA FERNANDES XAVIER (Participaçao Virtual)

Professora Doutora SILVIA ANGÉLICA DOMINGUES DE CARVALHO (Participaçao Presencial)
Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

Professora Doutora VALERIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN (Participaçao Presencial)
Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

Botucatu, 15 de junho de 2026.

AGRADECIMENTOS

Ao meu companheiro de vida, Caio, pelo amor e companheirismo. Aos meus queridos pais, Airton e Marina e à minha irmã, Cristina, pelo apoio incondicional. Ao Prof. Dr. Filipe Pereira Giardini Bonfim, por sua orientação cuidadosa, ensinamentos valiosos e amizade construída ao longo desses anos. Ao Pesquisador Dr. Geraldo Stachetti Rodrigues, pela coorientação atenciosa, pela generosidade com seu tempo e pelas contribuições fundamentais em todas as etapas da pesquisa. Ao Prof. Dr. Marcio Renato Nunes, pela recepção, acolhimento e orientação durante o período de doutorado sanduíche. Ao grupo de pesquisa HorgBio, pela parceria, amizade e pelas trocas enriquecedoras de conhecimentos. Aos professores e funcionários do Departamento de Produção Vegetal, Seção de Horticultura da Unesp, Campus Botucatu. Aos professores e funcionários do Departament of Soil, Water, and Ecosystem Sciences da University of Florida. Aos produtores de lúpulo que gentilmente participaram da pesquisa, pela confiança, colaboração e disponibilidade. Aos amigos de vida, pela parceria e presença constante. À república Manga Rosa, pelo companheirismo e pela amizade que permanece até hoje.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

RESUMO

Apesar dos avanços nas práticas agrícolas, ainda são limitadas as pesquisas sobre a sustentabilidade da tropicalização da produção de lúpulo. Sendo assim, este estudo avaliou os impactos sociais e ambientais dessa produção em dez propriedades nos estados de Alagoas, Goiás e São Paulo, utilizando a ferramenta Ambitec-Agro. Os resultados mostraram impactos positivos, especialmente em geração de renda, empregos e valorização de gênero e gerações. Foram observados impactos negativos temporários relacionados ao consumo de energia, água, insumos e saúde ocupacional, os quais vêm sendo mitigados por meio de práticas como uso de painéis solares, fertirrigação, adubação verde e equipamentos de proteção individual. A produção de lúpulo contribui para o desenvolvimento econômico e para a oferta de um produto de alto valor agregado à agroindústria nacional. A ferramenta Ambitec-Agro, desenvolvida em 2003 com base nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), foi atualizada para alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Neste estudo, seus indicadores foram revisados e ajustados a partir de abordagem qualitativa, descritiva e exploratória, com base em análise documental, consulta a especialistas e revisão de literatura, resultando na modificação de 66 indicadores. Adicionalmente, foi realizada análise SWOT com base nos dados obtidos, evidenciando desempenho agronômico e de manejo satisfatório, frente a limitações relacionadas à demanda energética, dependência de insumos e pressões ambientais. As forças e oportunidades estão associadas à consolidação da cadeia produtiva e diversificação de mercado, enquanto as fraquezas e ameaças envolvem custos de produção, exposição ocupacional e instabilidade de renda. De modo geral, a produção de lúpulo no Brasil apresenta potencial para o desenvolvimento sustentável, embora ainda existam desafios ambientais, sociais e econômicos. Este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre a tropicalização do lúpulo e oferece subsídios técnicos para pesquisas futuras, políticas públicas e tomada de decisão voltadas à sustentabilidade dos sistemas tropicais de produção.

Palavras-chave: lúpulo; tropicalização; Ambitec-Agro; ODS; análise SWOT.

ABSTRACT

Despite advances in agricultural practices, research on the sustainability of hop production tropicalization remains limited. Therefore, this study evaluated the social and environmental impacts of hop production in ten farms located in the states of Alagoas, Goiás, and São Paulo, Brazil, using the Ambitec-Agro tool. The results showed predominantly positive impacts, especially in income generation, employment, and the appreciation of gender and generational diversity. Temporary negative impacts were observed related to the consumption of energy, water, inputs, and occupational health issues, which are being mitigated through practices such as the use of solar panels, fertigation, green manure, and the proper use of personal protective equipment. Overall, hop production contributes to economic development and to the supply of a high-value-added product for the national agroindustry. The Ambitec-Agro tool, developed in 2003 based on the Millennium Development Goals (MDGs), has been updated to align with the Sustainable Development Goals (SDGs). In this study, its indicators were reviewed and adjusted through a qualitative, descriptive, and exploratory approach, based on documentary analysis, expert consultation, and literature review, resulting in the modification of 66 indicators. Additionally, a SWOT analysis was conducted based on the collected data, revealing satisfactory agronomic and management performance, alongside limitations related to energy demand, input dependence, and environmental pressures. Strengths and opportunities are associated with supply chain consolidation and market diversification, while weaknesses and threats involve production costs, occupational exposure, and income instability. Overall, hop production in Brazil shows potential for sustainable development, although environmental, social, and economic challenges remain. This study contributes to the advancement of knowledge on hop tropicalization and provides technical inputs for future research, public policies, and decision-making aimed at strengthening the sustainability of tropical production systems.

Keywords: hops; tropicalization; Ambitec-Agro; SDGs; SWOT analysis.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL	**23**
	O que é lúpulo?	**23**
	Características do lúpulo	**24**
	Lúpulo no Brasil: Uma realidade	**25**
	Avaliação de Impactos Ambientais na Agricultura	**26**
	Ambitec-Agro	**27**
	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030	**30**
	SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças)	**32**
	Objetivos da presente pesquisa	**33**
	Capítulo 1	**33**
	Capítulo 2	**33**
	Capítulo 3	**33**
	CAPÍTULO 1 - ON-FARM OBSERVATIONS OF SOCIOENVIRONMENTAL IMPACTS OF *Humulus lupulus* L. CULTIVATION IN BRAZIL	**34**
	Abstract	**35**
1.1	**INTRODUCTION**	**36**
1.1.1	***Humulus lupulus* L.**	**36**
1.1.2	***Humulus lupulus* L. cultivation in Brazil**	**37**
1.2	**MATERIALS AND METHODS**	**38**
1.2.1	**Selection of farms**	**38**
1.2.2	**Development**	**39**
1.2.3	**Ambitec-Agro**	**40**
1.2.4	**Statistical analysis**	**44**
1.3	**RESULTS**	**44**

1.4	DISCUSSION.....	59
1.5	CONCLUSION.....	62
1.6	REFERENCES.....	64
	CAPÍTULO 2 – A SUSTAINABLE DEVELOPMENT-DRIVEN FRAMEWORK: ALIGNING AGRICULTURAL ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT WITH THE 2030 AGENDA.....	71
	Abstract.....	71
2.1	Introduction.....	72
2.1.1	General aspects of Ambitec-Agro.....	74
2.2	Methodology for SDGs alignment.....	77
2.3	Results.....	79
2.4	Discussion.....	83
2.5	Conclusions.....	86
2.6	References.....	87
	APÊNDICE A - A SUSTAINABLE DEVELOPMENT-DRIVEN FRAMEWORK: ALIGNING AGRICULTURAL ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT WITH THE 2030 AGENDA.....	92
	CAPÍTULO 3 - SWOT ANALYSIS OF HOP CULTIVATION IN BRAZIL: INSIGHTS FROM SOCIOENVIRONMENTAL IMPACTS ASSESSMENT AND STRATEGIC RECOMMENDATIONS.....	138
	Abstract.....	140
3.1	Introduction.....	140
3.2	Literature review.....	141
3.2.1	*Humulus lupulus* L.....	141
3.2.2	Environmental Impact Assessment.....	142
3.2.3	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT).....	144
3.3	Methodology.....	146
3.3.1	Data collection.....	146
3.3.2	Ambitec-Agro.....	147

3.3.3 SWOT categorization and analysis..... 148
3.4 Results..... 149
3.4.1 Internal and external division of indicators..... 149
3.4.1.1 Technology Efficiency aspect..... 150
3.4.1.2 Environmental Quality aspect..... 151
3.4.1.3 Health and Customer Respect aspects..... 152
3.4.1.4 Employment and Income aspects..... 153
3.4.1.5 Management and Administration aspect..... 154
3.4.1.6 External indicators..... 155
3.4.2 Integrated analysis..... 156
3.5 Discussion..... 158
3.5.1 Strengths vs. Weaknesses..... 159
3.5.2 Strengths vs. Opportunities..... 159
3.5.3 Strengths vs. Threats..... 161
3.5.4 Weaknesses vs. Opportunities..... 161
3.5.5 Weaknesses vs. Threats..... 162
3.5.6 Opportunities vs. Threats..... 163
3.5.7 Economic perspective..... 163
3.5.7.1 Cost for unit area per hectare..... 163
3.5.7.2 Commercialization..... 165
3.5.8 Policy implications..... 165
3.5.9 Strategic Recommendations Based on the SWOT Analysis..... 169
3.5.10 Limitations of the study and future research..... 170
3.6 Conclusion..... 170
3.7 References..... 171

APÊNDICE B - SWOT ANALYSIS OF HOP CULTIVATION IN BRAZIL: INSIGHTS FROM SOCIOENVIRONMENTAL IMPACTS ASSESSMENT AND STRATEGIC RECOMMENDATIONS..... 179

CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 189

REFERÊNCIAS..... 191

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS E ECONÔMICOS EM VARIEDADES DO CULTIVO DE Humulus lupulus L.

Pesquisador: VIVIANY VIRIATO DE FREITAS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 77526824.4.0000.5411

Instituição Proponente: Departamento de Horticultura

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.712.722

Apresentação do Projeto:

As informações descritas nos campos ¿Apresentação do Projeto¿, ¿Objetivo da Pesquisa¿ e ¿Avaliação dos Riscos e Benefícios¿ foram retiradas dos documentos e arquivo - Informações Básicas da Pesquisa com data de 06/03/2024.

Introdução (breve):

O lúpulo, um dos principais ingredientes da cerveja, é cultivado em países de clima temperado, sendo os Estados Unidos e a Alemanha os maiores produtores mundiais da planta. Por razões edafoclimáticas, o cultivo de lúpulo ainda é pouco explorado e desenvolvido no Brasil, tornando-o um importador deste insumo praticamente em sua totalidade. Todavia, o país possui grande potencial para ampliar a produção de lúpulo em solos brasileiros devido a área de cultivo disponível, às múltiplas florações da planta, à demanda do mercado cervejeiro e aos estudos que vêm sendo realizados para o desenvolvimento de cultivares nacionais com características adaptadas ao clima nacional, o que pode, além de suprir a demanda interna, impulsionar o cultivo no país e desenvolver a indústria nacional. Estes fatores incentivam o cultivo de lúpulo no país, considerando que, o mercado cervejeiro é o que mais consome lúpulo e se encontra em expansão, abrindo espaço para a inclusão de produto nacional de baixo custo, impulsionando diversos setores da economia. Contudo, mudanças na produção agrícola e no ambiente socioeconômico vêm ocorrendo com a expansão da agricultura, o que, além de

gerar custos diretos, causam impactos severos no meio ambiente e dificultam a sustentabilidade agrícola. Além disso, quando uma nova tecnologia é introduzida geram-se incertezas em relação aos impactos de sua inovação, sendo estes, ambientais, sociais e econômicos. Para um planejamento adequado frente às mudanças na produção agrícola, um dos principais instrumentos para identificação, coleção e organização de dados sobre impactos ambientais gerados é a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), a qual é definida como: ¿qualquer alteração nas características físicas, químicas ou biológicas do ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia derivada das atividades humanas, e que possa direta ou indiretamente afetar: a saúde, segurança e o bem-estar da população; as atividades econômicas e sociais; a biota; as condições estéticas e sanitárias; e a qualidade dos recursos naturais¿ (São Paulo, 1992). Algumas ferramentas derivadas do sistema de AIA são elaboradas para atender a fins específicos, como, por exemplo, o sistema Ambitec-Agro (Avaliação de Impactos Ambientais de Inovações Tecnológicas Agropecuárias), o qual foi desenvolvido para avaliar impactos socioambientais gerados a partir uma inovação tecnológica no âmbito rural. Com isso, é possível indicar aos agricultores as alterações resultantes da adoção tecnológica e apontar recomendações de gestão ambiental segundo os impactos obtidos.

Hipótese:
Espera-se que o cultivo de lúpulo no Brasil esteja promovendo uma maior sustentabilidade em relação ao contexto anterior dos locais avaliados, tendo em vista que a cultura demanda por manejos orgânicos, contribuindo para a dimensão ambiental, gera emprego e renda, contribuindo para a dimensão social e confere alto valor agregado ao produto, contribuindo para a dimensão econômica.

Metodologia:
Primeiramente será feito um levantamento de todos os produtores nacionais de lúpulo cadastrados ou não na Aprolúpulo (Associação Brasileira de Produtores de lúpulo), os quais serão contatados e incentivados a participar da pesquisa, no intuito de fornecerem informações sobre seus cultivos para que possam ser gerados índices de impacto socioambientais, de acordo com os parâmetros da ferramenta Ambitec-Agro. Os índices obtidos serão registrados em formato de relatório, o qual será compartilhado com cada produtor para que possam buscar alternativas que favoreçam a diminuição dos impactos ambientais e sociais negativos, contribuindo para a melhoria da sustentabilidade local. O levantamento de informações com

cada produtor será realizado conforme observação em campo e/ou entrevista e diálogo junto ao produtor, de acordo com sua disponibilidade. Os diálogos acontecerão remotamente, através de uma vídeochamada, ou de forma presencial. Durante o diálogo, os produtores responderão quais alterações, positivas, negativas ou inalteradas, têm sido observadas a partir da implementação do cultivo de lúpulo, de acordo com os indicadores inseridos em aspectos relacionados aos impactos ecológicos e aos impactos socioambientais da ferramenta Ambitec-Agro. A partir do levantamento de informações sobre as alterações, serão preenchidas as matrizes de ponderação da ferramenta a partir dos coeficientes de alteração, sendo estes, -3 (grande decréscimo do indicador) a +3 (grande aumento do indicador). Com as matrizes preenchidas e as observações registradas para possíveis justificativa dos valores obtidos, serão gerados os resultados graficamente, obtendo-se então, os índices de impacto da nova tecnologia adotada, sendo esta, o cultivo de lúpulo.

Critério de Inclusão:
Produtores brasileiros de lúpulo, maiores de 18 anos.

Critério de Exclusão:
Não produtores de lúpulo. Produtores de lúpulo de outros países

País de origem do estudo: Brasil
Número de participantes do estudo: 152
Não haverá retenção de amostra em Biorrepositório/Biobanco.

Objetivo da Pesquisa:
Objetivo primário:
Dentro desse contexto, busca-se avaliar os impactos socioambientais gerados por produtores nacionais de lúpulo através da ferramenta AmbitecAgro, sendo uma alternativa promissora, uma vez que, com os índices socioambientais obtidos, é possível buscar opções para minimizar a utilização de insumos, reduzir os custos de produção, diminuir os impactos ambientais, garantir o bem estar social dos trabalhadores envolvidos e contribuir para a sustentabilidade local. Além disso, alternativas mais sustentáveis para o cultivo de lúpulo no país podem ser adotadas, potencializando seu cultivo no Brasil, especialmente para atender as demandas do mercado nacional e possivelmente, internacional.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Vazamento de dados da pesquisa, o que poderia causar exposição de dados e informações dos produtores.

Benefícios:

A pesquisa indicará nas dimensões de impactos ecológicos e impactos socioambientais quais indicadores aumentaram o desempenho a partir do cultivo de lúpulo, diminuíram ou não se alteraram nos estabelecimentos avaliados. De forma geral, a pesquisa indicará se a cultura está promovendo a sustentabilidade nos estabelecimentos comparando-se com o contexto anterior de cada local. Os relatórios serão entregues aos produtores e visam apontar recomendações de gestão ambiental segundo os impactos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto busca avaliar os impactos socioambientais gerados por produtores nacionais de H. lupulus L., conhecido comumente por lúpulo, através da ferramenta Ambitec-Agro, sendo uma alternativa promissora, uma vez que, com os índices socioambientais obtidos, é possível buscar opções para minimizar a utilização de insumos, reduzir os custos de produção, diminuir os impactos ambientais, garantir o bem estar social dos trabalhadores envolvidos e contribuir para a sustentabilidade local. Além disso, alternativas mais sustentáveis para o cultivo de lúpulo no país podem ser adotadas, potencializando seu cultivo no Brasil, especialmente para atender as demandas do mercado nacional e possivelmente, internacional.

Local do estudo: Faculdade de Ciências Agronômicas.

O custo será de R$10,00, com financiamento próprio.

Cronograma de execução na PB: 01/04/2024 a 30/06/2025 (coleta de dados deverá ser iniciada após aprovação do CEP).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos obrigatórios foram apresentados:

Informações Básicas do Projeto

Projeto Completo

Folha de Rosto

TCLE

Carta Resposta

Recomendações:

não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após análise em REUNIÃO EXTRAORDINÁRIA, o Colegiado deliberou APROVAÇÃO do PROJETO de Pesquisa apresentado.

Pendências Anteriores:

1. Quanto às Informações Básicas, intitulado PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2278168.pdf¿:

1.1 Solicita-se inserir no projeto detalhado os critérios de inclusão e exclusão dos participantes da pesquisa, devendo ser apresentados de acordo com as exigências da metodologia a ser utilizada (Norma Operacional CNS nº 001 de 2013, item 3.4.1.11).

Resposta: Foram incluídas as informações referentes ao critério de inclusão (Produtores brasileiros de lúpulo, maiores de 18 anos) e ao critério de exclusão (Não produtores de lúpulo. Produtores de lúpulo de outros países).

Análise: Pendência Atendida

1.2 De acordo com a Norma Operacional CNS nº 001 de 2013, item 3.4.1.9, todos os protocolos de pesquisa devem conter, obrigatoriamente: [...] Cronograma: informando a duração total do estudo no Brasil e, eventualmente, no mundo e as diferentes etapas da pesquisa, em número de meses. No projeto, o cronograma de execução deve apontar o início do estudo em data compatível com a tramitação do protocolo no Sistema CEP/Conep. Deve-se apresentar compromisso explícito de iniciar o estudo somente após a aprovação final do Sistema CEP/Conep. Solicita-se adequação.

Resposta: No cronograma do projeto (projeto de pesquisa encaminhado juntamente com os demais arquivos na plataforma) foram especificadas todas as atividades desde o início do projeto, incluindo as que já foram feitas no ano de 2023. Porém, a coleta de dados (entrevista com os produtores) é a única etapa que está em avaliação pelo CEP, a qual está prevista para acontecer entre abril de 2024 a junho de 2025, caso haja aprovação pelo CEP até o início previsto. Caso existam novas pendências, o cronograma deverá ser alterado até que haja a aprovação pelo CEP. O cronograma também foi alterado na plataforma, sendo, abril de 2024 a junho de 2025.

Análise: Pendência Atendida

1.3 O cronograma do estudo não está adequado, pois informa que ele já teria iniciado. Sendo assim, solicitam-se esclarecimentos e, caso necessário, a adequação do cronograma com relação à data de início do estudo, dado que este ainda se encontra em análise no Sistema CEP/Conep até a presente data. Ressalta-se ainda a necessidade de adequação do cronograma de forma a descrever a duração das diferentes etapas da pesquisa, com o compromisso explícito do pesquisador de que o estudo será iniciado somente a partir da aprovação pelo Sistema CEP/Conep (Norma Operacional CNS nº 001 de 2013, item 3.3.f).
Resposta: No cronograma do projeto (projeto de pesquisa encaminhado juntamente com os demais arquivos na plataforma) foram especificadas todas as atividades desde o início do projeto, incluindo as que já foram feitas no ano de 2023. Porém, a coleta de dados (entrevista com os produtores) é a única etapa que está em avaliação pelo CEP, a qual está prevista para acontecer entre abril de 2024 a junho de 2025, caso haja aprovação pelo CEP até o início previsto. Caso existam novas pendências, o cronograma deverá ser alterado até que haja a aprovação pelo CEP. O cronograma também foi alterado na plataforma, sendo, abril de 2024 a junho de 2025.
Análise: Pendência Atendida

1.4 O campo "Risco" na Plataforma Brasil é destinado a informar qualquer possibilidade de danos à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual do ser humano, em qualquer pesquisa e dela decorrente, isto é, qualquer dano direto/indireto, bem como tardio/imediato, AO PARTICIPANTE DE PESQUISA e não à execução do estudo. Diante do exposto, solicita-se adequar a informação referente ao risco ao participante do estudo, no campo "Risco", na Aba 4 - Detalhamento do Estudo, na Plataforma Brasil (Resolução CNS nº 466 de 2012, item II.22).
Resposta: A informação foi adequada referente ao risco ao participante do estudo (Vazamento de dados da pesquisa, o que poderia causar exposição de dados e informações dos produtores).
Análise: Pendência Atendida

2. Quanto às Informações Básicas, intitulado ¿TCLE.docx¿:

2.1 Caso o/a pesquisador/a opte pelo Registro do Consentimento Livre e Esclarecido e/ou do Assentimento Livre e Esclarecido por escrito, os campos de assinaturas e rubricas devem ser identificados de acordo com a terminologia prevista na Resolução CNS nº 510 de 2016, Artigo 2º, Incisos XIII e XVII, ou seja, empregando-se os termos "pesquisador responsável" e "participante de pesquisa/responsável legal". Os campos de assinaturas não devem estar separados do restante do documento (exceto quando, por questões de configuração da página, isto não for possível) e não devem conter campos adicionais, além de nome e data. Solicita-se a adequação.
Resposta: Campo de assinatura foi alterado no documento referente ao TCLE.
Análise: Pendência Atendida

2.2 De forma a garantir sua integridade, o documento deve apresentar a numeração das páginas, recomendando-se ainda que essa seja inserida de forma a indicar, também, o número total de páginas, por exemplo: 1 de 2, 2 de 2, por exemplo. Solicita-se adequação.
Resposta: O número de páginas foi alterado no documento referente ao TCLE.
Análise: Pendência Atendida

Considerações Finais a critério do CEP:
Conforme deliberação do Colegiado, em REUNIÃO EXTRAORDINÁRIA do Comitê de Ética em Pesquisa FMB/UNESP, o PROJETO de Pesquisa apresentado encontra-se APROVADO.
O projeto de pesquisa deverá ter início somente após aprovação deste CEP.
Ao final da execução da pesquisa, o Pesquisador deverá enviar o Relatório Final de Atividades, na forma de Notificação, via Plataforma Brasil.

Atenciosamente,

Comitê de Ética em Pesquisa FMB/UNESP

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2278168.pdf	06/03/2024 11:36:04		Aceito

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Viviany.docx	06/03/2024 11:35:41	VIVIANY VIRIATO DE FREITAS	Aceito
Outros	Carta_resposta_Viviany.pdf	06/03/2024 11:34:47	VIVIANY VIRIATO DE FREITAS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Viviany_Viriato.docx	16/02/2024 10:11:09	VIVIANY VIRIATO DE FREITAS	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_Viviany.pdf	15/02/2024 15:51:05	VIVIANY VIRIATO DE FREITAS	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

BOTUCATU, 20 de Março de 2024

Assinado por:
SILVANA ANDREA MOLINA LIMA
(Coordenador(a))

INTRODUÇÃO GERAL

O que é lúpulo?

Humulus lupulus L., amplamente conhecido como lúpulo, é uma planta herbácea lianescente, perene, pertencente à família Cannabaceae. Além de *H. lupulus*, o gênero *Humulus* inclui outras duas espécies, *Humulus japonicus* Siebold & Zucc e *Humulus yunnanensis* Hu, ambas encontradas na China, país considerado o provável centro de origem do gênero (Murakami *et al*., 2006; Zanolli; Zavatti, 2008).

As inflorescências femininas de *H. lupulus*, conhecidas como cones, são amplamente utilizadas na produção de cerveja, o que confere à espécie grande relevância econômica e social. Embora seja utilizado em quantidades muito menores do que o malte durante o processo de fabricação, o lúpulo desempenha um papel essencial na definição da qualidade da cerveja, sendo que aproximadamente 97% da produção mundial é destinada a este fim (Almaguer *et al*., 2014). Os cones contêm glândulas produtoras de lupulina, uma substância rica em resinas, compostos aromáticos e óleos essenciais. As resinas, por sua vez, abrigam os alfa e beta ácidos, principais responsáveis por conferir o sabor amargo e o aroma característico da bebida (Gutiérrez *et al*., 2024).

A produção global de lúpulo em 2025 foi de aproximadamente 108.319 toneladas. A Alemanha lidera a produção mundial, com 43.141 toneladas, seguida pelos Estados Unidos, com 37.098 toneladas. Somadas, essas duas nações responderam por cerca de 74% da produção global no período (IHGC, 2025). Embora seja evidenciada a concentração geográfica da cultura do lúpulo, seu cultivo está disseminado em diversas regiões do mundo, uma vez que a expansão e as transformações do mercado cervejeiro influenciam diretamente a demanda e os padrões de produção do lúpulo (Bocquet *et al*., 2018).

Medições meteorológicas e projeções de modelos para avaliar a sensibilidade climática do rendimento, do teor de alfa ácido e do desenvolvimento dos cones do lúpulo europeu entre 1970 e 2050 foram avaliadas, período em que a temperatura aumenta 1,4 °C e a precipitação diminui 24 mm. Considerando quase 90% de todas as regiões produtoras de lúpulo, resultados da Alemanha, República Tcheca e Eslovênia mostram que a maturação do lúpulo começou aproximadamente 20 dias antes, a produção caiu quase 0,2 tonelada por hectare por ano, e o teor de alfa diminuiu cerca de 0,6%. A previsão indica um declínio no rendimento e no teor de alfa

ácido do lúpulo, o que demanda medidas imediatas de adaptação para estabilizar um setor global em constante crescimento (Mozny *et al*., 2023).

Características do lúpulo

H. lupulus é uma espécie dióica, o que significa que flores masculinas e femininas se desenvolvem em plantas separadas, embora exemplares monoicos, com ambos os sexos na mesma planta, possam ocorrer ocasionalmente. Suas flores são de pequeno porte e a reprodução ocorre por polinização anemófila (mediada pelo vento). Nas plantas femininas, formam-se estruturas em forma de cone chamadas estróbilos, que possuem entre 2,5 e 5 cm de comprimento e surgem pouco tempo após a polinização. Quando maduros, esses estróbilos acumulam compostos químicos variados em glândulas de lupulina situadas na base das brácteas, os quais podem ter aplicações em diversos setores industriais (Korpelainen; Pietiläinen, 2021).

As plantas masculinas do lúpulo, por sua vez, são constituídas por flores pequenas organizadas em cachos (Bocquet *et al*., 2018), e a sua presença nos arredores dos campos de cultivo é indesejável devido ao pólen, que pode fertilizar os cones e gerar flores com sementes, as quais são consideradas indesejáveis pelos cervejeiros, pois acredita-se que possam afetar o sabor da cerveja. Além disso, foi comprovado que lúpulos sem sementes geralmente possuem maior concentração de óleos essenciais e resinas do que lúpulos com sementes, resultando em maior valor para a produção cervejeira. Por isso, as plantas masculinas são utilizadas exclusivamente para fins de melhoramento genético (Almaguer *et al*., 2014).

O lúpulo é uma planta de dia curto, podendo ser cultivado em uma ampla variedade de climas, incluindo regiões semiáridas, marítimas, continentais úmidas e subtropicais, sendo que diferentes cultivares apresentam maior adaptação a condições específicas. Os solos ideais para seu cultivo podem variar, mas, de modo geral, devem ser profundos e bem drenados, a fim de favorecer o desenvolvimento do sistema radicular extenso da planta. O sistema radicular perene de uma planta de lúpulo adulta pode atingir profundidade superior a 4 metros e se estender lateralmente até 5 metros. Essa rede radicular robusta é essencial para a absorção e o armazenamento de água e nutrientes, o que viabiliza o crescimento acelerado durante as estações da primavera e do verão (Turner *et al*., 2011).

Por ser uma planta de dia curto, a transição do lúpulo do estágio vegetativo para o reprodutivo ocorre quando a duração do dia se reduz abaixo do limiar crítico

de 15 a 16 horas. O momento da floração influencia diretamente a produtividade dos cones, sendo essencial que a planta alcance um desenvolvimento vegetativo completo, com cerca de 5 a 6 metros de altura, antes da diferenciação floral, a fim de garantir altos rendimentos (Rossini *et al*., 2021). A duração do dia é determinada pela latitude e, no caso do lúpulo, a faixa latitudinal geralmente considerada ideal para uma boa produção comercial situa-se entre 35° e 55° ao norte ou ao sul do equador (Brasil, 2022).

Lúpulo no Brasil: Uma realidade

Anteriormente, acreditava-se que a vernalização e/ou a dormência eram condições indispensáveis para que o meristema do lúpulo passasse do estado vegetativo para o reprodutivo. No entanto, estudos recentes demonstraram que essas características são dispensáveis, não influenciando significativamente o rendimento nem a qualidade das flores. Esses achados sugerem que a produção global de lúpulo pode ser expandida para regiões sem invernos rigorosos, além de viabilizar a produção em ambientes controlados com múltiplos ciclos por ano, em contraste com o ciclo único observado em condições de campo (Bauerle, 2019).

Apesar de o Brasil estar situado fora da faixa latitudinal tradicionalmente considerada ideal para o desenvolvimento do lúpulo, atualmente há cultivos estabelecidos em diversas regiões do país, do Norte ao Sul, abrangendo latitudes fora dos limites tidos como adequados. No entanto, mesmo com o curto histórico de cultivo da espécie em território nacional, já têm sido observados resultados positivos quanto à composição química dos cones, o que indica um potencial produtivo promissor (Brasil, 2022).

Três variedades de lúpulo (Chinook, Millenium e Northern Brewer) foram cultivadas no estado de Minas Gerais, Brasil, sob clima subtropical. Os resultados demonstraram que o manejo do cultivo de lúpulo em regiões tropicais e subtropicais deve diferir dos métodos tradicionais aplicados em regiões temperadas, além de indicarem que a floração do lúpulo pode ocorrer em qualquer época do ano. Essa característica também foi corroborada pelos resultados moleculares, os quais evidenciaram um padrão regulatório amplamente conhecido por estar envolvido na transição floral e conservado entre diferentes espécies (Gutiérrez *et al*., 2024).

Em outras regiões de clima subtropical, como o estado da Flórida, nos Estados Unidos, verificou-se a viabilidade de dois ciclos anuais de produção de lúpulo

(primavera e outono) com suplementação artificial de luz, resultando em um aumento de 92% na produção do primeiro para o segundo ano. Apesar disso, observa-se menor produtividade no ciclo de outono em comparação ao da primavera. A possibilidade de duas safras anuais de lúpulo em regiões subtropicais pode gerar maior renda para os produtores e otimizar o uso da terra. Para as cervejarias artesanais, isso representa acesso mais frequente a lúpulo fresco, valorizado por seus sabores sazonais distintos. Além disso, a produção local reduz os custos com transporte e favorece a valorização do lúpulo regional, especialmente quando são identificadas características únicas associadas ao 'terroir', ampliando seu apelo comercial e científico (Acosta-Rangel *et al*., 2024).

O Brasil, terceiro maior produtor de cerveja do mundo (Barth-Haas, 2024), ultrapassou a marca de 15,3 bilhões de litros produzidos em 2023. Desse total, 14,7 bilhões de litros foram elaborados exclusivamente com lúpulo importado. Apenas 41,4 milhões de litros utilizaram lúpulo de produção nacional, enquanto 553,6 milhões de litros empregaram uma combinação de lúpulo nacional e importado (Brasil, 2024). Esses dados evidenciam a relevância estratégica do cultivo de lúpulo no país, não apenas para a redução da dependência de importações, mas também pelo alto valor agregado da cultura, pela geração de renda ao produtor e pelo potencial de fortalecimento da cadeia produtiva nacional (Brasil, 2022).

Avaliação de Impactos Ambientais na Agricultura

Para um planejamento adequado frente às mudanças na produção agrícola, um dos principais instrumentos para identificação, coleção e organização de dados sobre impactos ambientais gerados é a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), a qual é definida como: "qualquer alteração nas características físicas, químicas ou biológicas do ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia derivada das atividades humanas, e que possa direta ou indiretamente afetar: a saúde, segurança e o bem-estar da população; as atividades econômicas e sociais; a biota; as condições estéticas e sanitárias; e a qualidade dos recursos naturais" (São Paulo, 1992).

O impacto ambiental de atividades agrícolas pode ser analisado em diversas escalas espaciais, desde o nível nacional até parcelas individuais, sendo a unidade produtiva rural considerada o principal ponto de gestão dentro do sistema agrícola. A

diversidade de métodos de avaliação ambiental propostos nesse nível evidencia a relevância de realizar análises nessa escala. Diferentes métodos foram desenvolvidos tanto para integrar os resultados obtidos em áreas específicas quanto para aplicar uma visão mais abrangente na avaliação da sustentabilidade da propriedade como um todo, como por exemplo, o mapeamento de risco ambiental, a análise do ciclo de vida, a avaliação de impacto ambiental, os sistemas multiagentes, a programação linear e os indicadores agroambientais (Payraudeau; Van Der Werf, 2005).

Algumas ferramentas derivadas do sistema de AIA são elaboradas para atender a fins específicos, como, por exemplo, o sistema Ambitec-Agro (Avaliação de Impactos Ambientais de Inovações Tecnológicas Agropecuárias), o qual foi desenvolvido para avaliar impactos socioambientais gerados a partir da adoção de uma inovação tecnológica no âmbito rural. Com isso, é possível indicar aos agricultores as alterações resultantes da adoção tecnológica e apontar recomendações de gestão ambiental segundo os impactos obtidos (Rodrigues *et al*., 2003).

Ambitec-Agro

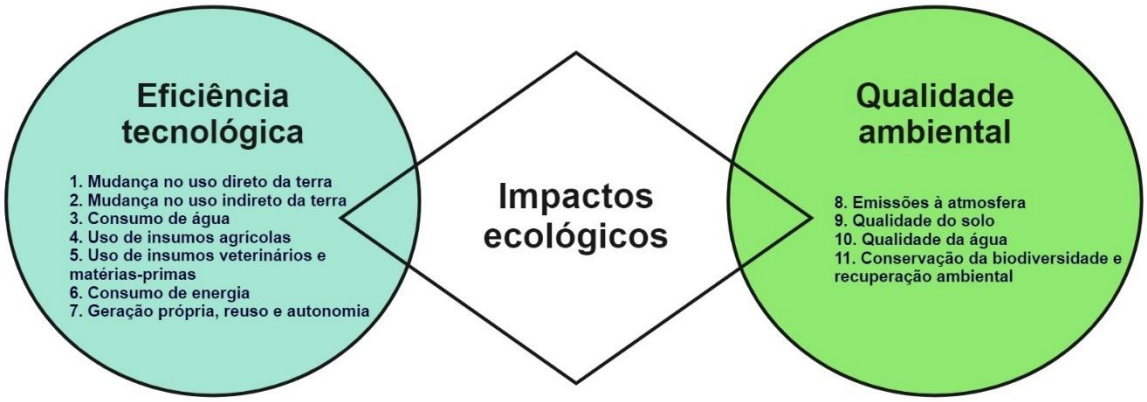
O sistema Ambitec-Agro corresponde a uma ferramenta informatizada desenvolvida por pesquisadores da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), baseada nos métodos de AIA (Avaliação de Impacto Ambiental) (São Paulo, 1992), com o objetivo de avaliar as alterações de desempenho socioambiental de propriedades rurais em consequência da adoção de inovações tecnológicas, tais como novas formas de manejo, práticas de gestão, equipamentos ou máquinas utilizadas no setor agrícola, novas cultivares ou linhagens, novos sistemas de produção, entre outros (Rodrigues *et al*., 2003),

A formulação da ferramenta baseia-se na seleção de indicadores de acordo com seu objetivo de desenvolvimento: promoção de inovações tecnológicas que minimizem os impactos negativos sobre a qualidade ambiental e contribuam para sua recuperação, em conformidade com a legislação vigente. Esses indicadores são mensurados com base na adesão a norma assim enunciada: melhoria no desempenho da atividade à qual a tecnologia é aplicada, referenciada em relação à situação anterior à sua adoção, por meio de julgamentos sistemáticos de valor que embasam o processo de avaliação.

A ferramenta é estruturada em planilhas eletrônicas na plataforma Microsoft Office Excel, de forma que os dados coletados e preenchidos sejam automaticamente expressos em gráficos representativos. A estrutura do sistema Ambitec-Agro é dividida em duas grandes áreas abrangentes, sendo estas, impactos ecológicos, a qual está relacionada com os efeitos ambientais resultantes da nova tecnologia empregada; e impactos socioambientais, a qual está relacionada com o impacto social gerado. Cada grande área contém seus aspectos, os quais contém suas respectivas derivações, 27 critérios e 148 indicadores.

A figura 1 corresponde a grande área “impactos ecológicos”, a qual está dividida em dois aspectos: eficiência tecnológica e qualidade ambiental. O aspecto “eficiência tecnológica” refere-se à contribuição da nova tecnologia para a sustentabilidade da atividade agropecuária a montante do processo produtivo, estando subdividido em 7 critérios. O aspecto “qualidade ambiental” refere-se a alterações do ambiente pelos resíduos gerados em relação a nova tecnologia adotada, considerando efeitos nos habitats naturais e na diversidade biológica. Este aspecto é subdividido em 4 critérios (Figura 1).

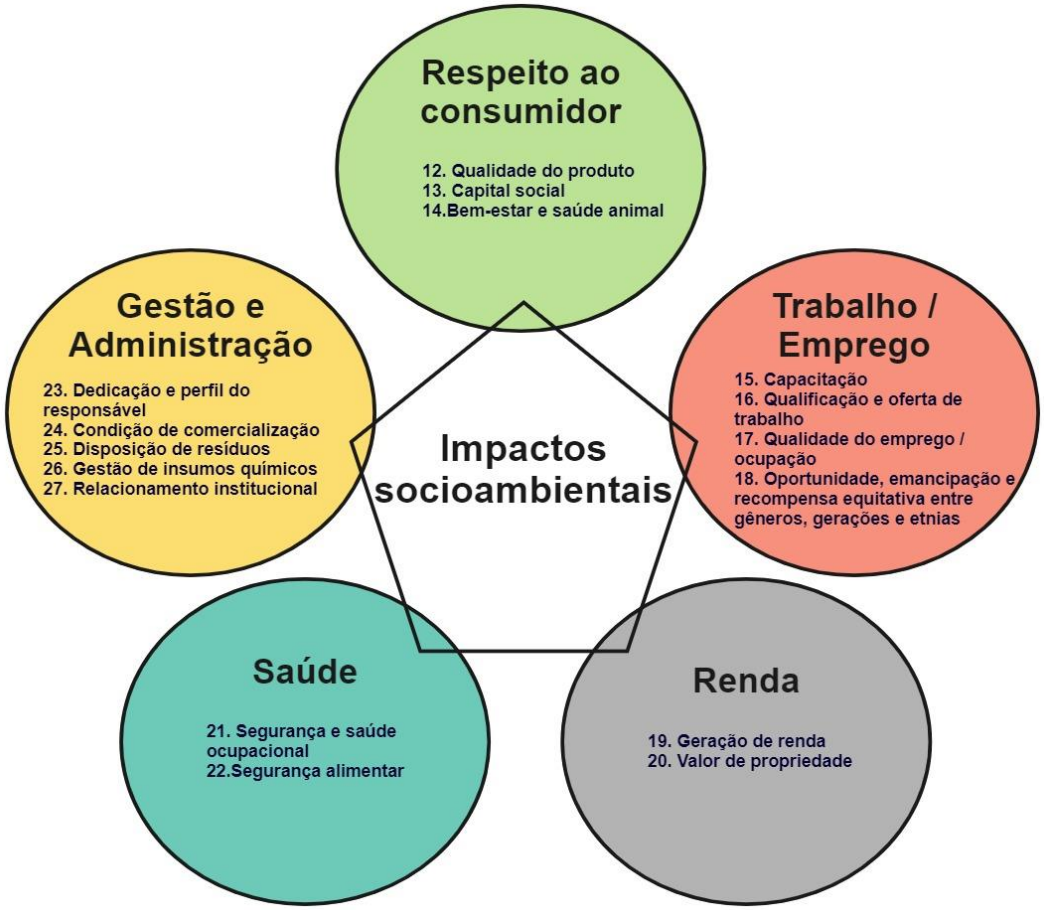
Figura 1 - Diagrama referente a dimensão "Impactos ecológicos" com seus dois aspectos e seus respectivos critérios



A figura 2 corresponde a grande área “impactos socioambientais”, a qual está dividida em 5 aspectos. O aspecto “respeito ao consumidor” refere-se a questão ética entre consumidor e produtor, assim como, trabalho e trabalhador. Também engloba a conduta ética quando há a ocorrência de animais envolvidos nos processos referentes à adoção tecnológica adotada. O aspecto “trabalho/emprego” refere-se às

características dos trabalhadores e oportunidades geradas através da inovação. Também engloba a conduta de equidade para com os envolvidos. O aspecto “renda” refere-se aos atributos da renda gerada a partir da nova tecnologia adotada. O aspecto “saúde” refere-se à exposição a periculosidade e fatores de risco no trabalho demandado pela nova tecnologia adotada. Também engloba variáveis referentes à segurança alimentar. Por fim, o aspecto “gestão e administração” refere-se às características dos responsáveis da propriedade em que a nova tecnologia foi aplicada e da comercialização dos produtos obtidos (Figura 2).

Figura 2 – Diagrama referente a dimensão “Impactos socioambientais” com seus cinco aspectos e seus respectivos critérios



A ferramenta tem como finalidade analisar as alterações no desempenho socioambiental de propriedades rurais decorrentes da adoção de uma tecnologia específica, prática de manejo ou atividade produtiva. O sistema é aplicado em avaliações *ex post*, considerando os impactos realmente verificados em campo, por meio de uma análise objetiva de mudanças nas quantidades de insumos utilizados,

no tempo destinado à execução das práticas, no número e qualificação dos trabalhadores envolvidos, na eficácia da adoção e na aderência às melhores práticas de manejo, entre outros indicadores.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030

A Organização das Nações Unidas (ONU) é uma instituição internacional fundada em 1945, ao final da Segunda Guerra Mundial, com o propósito de promover a paz, a segurança, os direitos humanos e o desenvolvimento sustentável. Composta atualmente por 193 Estados-membros, sua criação foi formalizada pela Carta das Nações Unidas, documento elaborado na Conferência sobre Organização Internacional, realizada em São Francisco, nos Estados Unidos, e ratificado pela maioria dos países signatários, incluindo o Brasil. A ONU constitui o principal espaço de cooperação multilateral global, reunindo nações para discutir desafios comuns e buscar soluções compartilhadas em prol da justiça, da dignidade humana, da solidariedade e da tolerância (ONU BRASIL, s.d.).

Ao longo das décadas, a organização se adaptou às transformações do mundo contemporâneo, mantendo-se como um fórum único onde os Estados podem deliberar e atuar coletivamente em defesa dos valores consagrados em sua Carta fundadora. Para sua operacionalização, a ONU conta com alguns órgãos principais e diversas agências, programas e fundos especializados, que atuam de forma coordenada nos países conforme diretrizes estabelecidas em marcos de cooperação específicos, sendo a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável um dos marcos contemporâneos mais relevantes no enfrentamento dos desafios globais (ONU BRASIL, s.d.).

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, aprovada por todos os Estados-Membros das Nações Unidas, estabelece 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas que integram dimensões ambientais, sociais e econômicas. Trata-se de um plano de ação voltado à promoção do bem-estar humano, da proteção ambiental e da prosperidade global, fundamentado nos princípios dos direitos humanos, da igualdade de gênero e do empoderamento de mulheres e meninas. A erradicação da pobreza, inclusive a extrema, é reconhecida como o maior desafio global e condição indispensável para o desenvolvimento sustentável. A Agenda também prevê a proteção do planeta contra a degradação,

mediante padrões sustentáveis de produção e consumo, gestão responsável dos recursos naturais e ações urgentes frente às mudanças climáticas, assegurando a capacidade de atender às necessidades das gerações atuais e futuras (United Nations, 2015).

Figura 3 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030



Fonte: https://www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/

Os ODS são universais e aplicáveis a todos os países, mas exigem ações adaptadas a contextos locais. Eles refletem a necessidade de um novo paradigma de desenvolvimento que integre de forma equilibrada as dimensões ambiental, social e econômica. O meio ambiente está presente em todos os 17 ODS, sendo que aproximadamente 50% das 169 metas têm relação direta com a sustentabilidade ambiental. Isso demonstra que nenhuma meta está isenta de aspectos ambientais, reforçando a importância de os governos e instituições internacionais priorizarem a as questões ambientais, dedicando recursos humanos e materiais significativos para alcançar as metas ambientais (Omisore, 2018).

SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças)

A expansão dos sistemas agrícolas para novas regiões climáticas tem gerado relevantes desafios socioambientais e econômicos, evidenciando a necessidade de avaliações integradas de sustentabilidade. Nesse cenário, tornam-se essenciais ferramentas de apoio à tomada de decisão capazes de contemplar, de forma simultânea, as dimensões ambiental, social e econômica (Binder *et al*., 2010; Ness *et al*., 2007). Entre as abordagens disponíveis, os modelos baseados em indicadores vêm sendo amplamente empregados na avaliação da sustentabilidade agrícola, especialmente em sistemas tropicais, por possibilitarem a conversão de processos complexos em parâmetros mensuráveis que subsidiam decisões de manejo e a formulação de políticas públicas (Bockstaller *et al*., 2009).

Nesse contexto, ferramentas analíticas estratégicas, como a análise SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças), têm sido empregadas para apoiar a análise e o planejamento de sistemas ambientais e agrícolas, conforme demonstrado em diversos estudos (Sieverding *et al*., 2016; Nazari *et al*., 2018). A análise SWOT consiste em uma ferramenta de planejamento e gestão estratégica utilizada para orientar o desenvolvimento de estratégias organizacionais e competitivas. Sob a perspectiva da abordagem sistêmica, os sistemas produtivos podem ser compreendidos como estruturas integradas formadas por diferentes subsistemas que interagem continuamente entre si e com o ambiente ao redor. Dessa forma, o funcionamento desses sistemas é influenciado tanto por fatores internos quanto externos, tornando a avaliação conjunta desses componentes fundamental para uma gestão estratégica eficiente (Gürel; Tat, 2017).

Na análise SWOT aplicada aos sistemas agrícolas e ambientais, “forças” e “fraquezas” correspondem a aspectos internos relacionados ao desempenho e às capacidades do sistema avaliado, enquanto “oportunidades” e “ameaças” referem-se a fatores externos que podem favorecer ou comprometer sua sustentabilidade. Os fatores internos são considerados endógenos e podem ser parcialmente controlados ou manejados pelos produtores, ao passo que os fatores externos possuem caráter exógeno e normalmente não dependem diretamente das ações de um único agente (Suh, 2014). Dessa forma, a ferramenta auxilia gestores e pesquisadores na interpretação de cenários e na definição de estratégias voltadas ao desenvolvimento sustentável (Phadermrod *et al*., 2019).

Objetivos da presente pesquisa

Capítulo 1

Considerando o crescimento do cultivo de lúpulo no Brasil, este capítulo tem como objetivo avaliar os impactos socioambientais associados à produção nacional de *H. lupulus* L. por meio da aplicação da ferramenta Ambitec-Agro em propriedades de referência localizadas em diferentes regiões do país. Busca-se identificar impactos positivos e negativos decorrentes da tropicalização da cultura, analisando os benefícios e desafios relacionados à adaptação do lúpulo às condições tropicais. Além disso, o estudo visa discutir as implicações dessa produção para o desenvolvimento sustentável e para a consolidação da cadeia produtiva do lúpulo no contexto brasileiro.

Capítulo 2

Este capítulo tem como objetivo revisar e atualizar os indicadores integrados da ferramenta Ambitec-Agro, considerando os desafios contemporâneos da sustentabilidade agrícola e sua compatibilidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, preservando os princípios estruturais da versão original. Busca-se promover um avanço metodológico na avaliação de impactos socioambientais, oferecendo uma abordagem prática, acessível e reprodutível para a mensuração da sustentabilidade em sistemas agrícolas e ampliando o potencial de aplicação da ferramenta em diferentes contextos produtivos.

Capítulo 3

Este capítulo tem como objetivo associar a análise SWOT aos indicadores socioambientais gerados pelo sistema Ambitec-Agro em propriedades produtoras de lúpulo no Brasil, com o propósito de analisar fatores estratégicos relacionados à sustentabilidade da produção tropical de lúpulo. O estudo busca identificar padrões, relações e pontos críticos dentro do sistema produtivo, ampliando o conhecimento científico acerca da tropicalização do lúpulo e fornecendo informações técnicas e estratégicas que possam subsidiar futuras pesquisas, políticas públicas e ações voltadas ao fortalecimento da sustentabilidade e da resiliência da cadeia produtiva do lúpulo em regiões tropicais.

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de
15/06/2027

At the author's request, the full text of this thesis will not be available online until
Jun. 15, 2027

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da ferramenta Ambitec-Agro em dez propriedades produtoras de lúpulo no Brasil permitiu a obtenção de índices de impacto socioambiental que evidenciam benefícios nas dimensões social, econômica e ambiental, em comparação aos usos anteriores das áreas, como pastagens e outras culturas agrícolas. Os maiores impactos positivos foram observados na dimensão econômica, seguidos pelos avanços sociais e, em menor magnitude, pelos ambientais. Esses resultados demonstram que a adaptação do cultivo de *Humulus lupulus* L. às condições tropicais brasileiras apresenta potencial consistente para promover o desenvolvimento sustentável nos seus três pilares fundamentais.

A avaliação socioambiental possibilitou identificar aspectos estratégicos para o aprimoramento da cadeia produtiva do lúpulo no país, incluindo oportunidades para redução do uso de insumos, diminuição dos custos produtivos, mitigação de impactos ambientais e melhoria das condições de trabalho. Além disso, os resultados indicam que a adoção de práticas mais sustentáveis pode contribuir para a expansão da produção nacional e para o fortalecimento da competitividade do setor, ampliando as perspectivas de atendimento ao mercado interno e, futuramente, ao mercado internacional. Nesse contexto, o sistema Ambitec-Agro demonstrou elevada aplicabilidade como ferramenta de avaliação de impactos socioambientais em sistemas agrícolas tropicais.

A atualização dos indicadores integrados do Ambitec-Agro, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, representa um avanço metodológico relevante frente às demandas contemporâneas da sustentabilidade agrícola, preservando simultaneamente os princípios estruturais da versão original da ferramenta. Essa atualização amplia o potencial de aplicação do método em diferentes contextos produtivos e territoriais, oferecendo uma abordagem prática, acessível e reprodutível para a mensuração de impactos socioambientais na agricultura.

A integração da análise SWOT com os índices socioambientais obtidos pelo Ambitec-Agro, associada à análise de correlação de Pearson, permitiu compreender de forma mais abrangente as interações estratégicas que caracterizam o sistema produtivo do lúpulo no Brasil. Os resultados evidenciaram forte desempenho agronômico e de manejo, contrastando com limitações estruturais relacionadas à demanda energética, à dependência de insumos e às pressões ambientais. As

oportunidades identificadas estão associadas principalmente à consolidação da cadeia produtiva, à diversificação de mercado e ao fortalecimento da participação da mão de obra familiar, enquanto as principais fraquezas e ameaças se concentram nos custos de produção, na exposição ocupacional dos trabalhadores e na instabilidade de renda.

De modo geral, os resultados obtidos demonstram que a produção de lúpulo no Brasil apresenta potencial promissor para o desenvolvimento sustentável, embora ainda existam desafios ambientais, sociais e econômicos que demandam atenção. Dessa forma, esta pesquisa contribui para o avanço do conhecimento científico sobre a tropicalização do lúpulo, além de fornecer subsídios técnicos e estratégicos para futuras pesquisas, formulação de políticas públicas e tomada de decisão voltadas ao fortalecimento da sustentabilidade e da resiliência dos sistemas tropicais de produção de lúpulo.

REFERÊNCIAS

ABRAM, V. *et al*. A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones. **Industrial Crops and Products**, v. 64, p. 124–134, fev. 2015.

ALONSO-ESTEBAN, J. I. *et al*. Phenolic composition and antioxidant, antimicrobial and cytotoxic properties of hop (*Humulus lupulus* L.) Seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 134, p. 154–159, ago. 2019.

ALMAGUER, C. *et al*. *Humulus lupulus*- a story that begs to be told. A review. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 120, n. 4, p. n/a-n/a, set. 2014.

BARTH-HAAS. **BarthHaas Report 2023/2024**. Disponível em: https://www.barthhaas.com/resources/barthhaas-report#!download

BAUERLE, W. L. Disentangling photoperiod from hop vernalization and dormancy for global production and speed breeding. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 5 nov. 2019.

BINDER, C. R.; FEOLA, G.; STEINBERGER, J. K. Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 30, n. 2, p. 71–81, fev. 2010.

BOCKSTALLER, C. *et al*. Comparison of methods to assess the sustainability of agricultural systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 29, n. 1, p. 223–235, mar. 2009.

BOCQUET, L. *et al*. *Humulus lupulus* L., a very popular beer ingredient and medicinal plant: overview of its phytochemistry, its bioactivity, and its biotechnology. **Phytochemistry Reviews**, v. 17, n. 5, p. 1047–1090, 31 jul. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Anuário da Cerveja 2024: ano referência 2023** / Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/SDA, 2024. ISBN 978-85-7991-235-1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lúpulo no Brasil: perspectivas e realidades** / Alexander Creuz, Stéfano Gomes Kretzer (orgs.). Brasília: MAPA/SAF, 2022. ISBN 978-65-86803-89-1.

GUREL, E.; TAT, M. SWOT Analysis: a Theoretical Review. **Journal of International Social Research**, v. 10, n. 51, p. 994–1006, ago. 2017.

GUTIÉRREZ, R. M. *et al*. Unveiling the phenology and associated floral regulatory pathways of *Humulus lupulus* L. in subtropical conditions. **Planta**, v. 259, n. 6, 10 maio 2024.

INTERNATIONAL HOP GROWERS' CONVENTION ECONOMIC COMMISSION - SUMMARY REPORTS NUREMBERG, GERMANY. [s.l: s.n.]. Disponível em: < https://www.ihgc.org/wp-content/uploads/2025_11_IHGC_CountryReports_Summary.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2026.

KARABÍN, M. *et al*. Biologically Active Compounds from Hops and Prospects for Their Use. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, n. 3, p. 542–567, 1 mar. 2016.

KORPELAINEN, H.; PIETILÄINEN, M. Hop (*Humulus lupulus* L.): Traditional and Present Use, and Future Potential. **Economic Botany**, v. 75, n. 3-4, p. 302–322, 24 set. 2021.

MOZNY, M. et al. Climate-induced decline in the quality and quantity of European hops calls for immediate adaptation measures. **Nature Communications**, v. 14, n. 1, p. 6028, 10 out. 2023.

MURAKAMI, A. *et al*. Molecular phylogeny of wild Hops, *Humulus lupulus* L. **Heredity**, v. 97, n. 1, p. 66–74, 1 jul. 2006.

NAZARI, B. *et al*. Irrigation water management in Iran: Implications for water use efficiency improvement. **Agricultural Water Management**, v. 208, p. 7–18, set. 2018.

NESS, B. *et al*. Categorising tools for sustainability assessment. **Ecological Economics**, v. 60, n. 3, p. 498–508, jan. 2007.

ONU BRASIL. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br. Acesso em: 8 jul. 2025.

PAYRAUDEAU, S.; VAN DER WERF, H. M. G. Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 107, n. 1, p. 1–19, maio 2005.

PHADERMROD, B.; CROWDER, R. M.; WILLS, G. B. Importance-performance analysis based SWOT analysis. **International Journal of Information Management**, v. 44, n. 12, p. 194–203, 2019.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: Ambitec-Agro. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 95 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 34). ISSN 1516-4691.

ROSSINI, F. *et al*. Hops (*Humulus lupulus* L.) as a Novel Multipurpose Crop for the Mediterranean Region of Europe: Challenges and Opportunities of Their Cultivation. **Agriculture**, v. 11, n. 6, p. 484, 24 maio 2021.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente.
Estudo de impacto ambiental - EIA, relatório de impacto ambiental - RIMA: manual de orientação. São Paulo, 1992. 39 p

SIEVERDING, H. L. *et al*. A Sustainable Rural Food-Energy-Water Nexus Framework for the Northern Great Plains. **Agricultural & Environmental Letters**, v. 1, n. 1, p. 160008, 2016.

SUH, J. Theory and reality of integrated rice–duck farming in Asian developing countries: A systematic review and SWOT analysis. **Agricultural Systems**, v. 125, p. 74–81, mar. 2014.

SUN, S. *et al*. Chemical constituents and bioactivities of hops (*Humulus lupulus* L.) and their effects on beer-related microorganisms. **Food and Energy Security**, v. 11, n. 2, 23 fev. 2022.

TURNER, S. F. *et al*. Challenges and Opportunities for Organic Hop Production in the United States. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 6, p. 1645–1654, nov. 2011.

UNITED NATIONS. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: United Nations, 2015. Available at: https://sdgs.un.org/2030agenda. Accessed on: July 8, 2025.

ZANOLI, P.; ZAVATTI, M. Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 116, n. 3, p. 383–396, mar. 2008.