

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

TÚLIO VIEIRA MACHADO

**POTENCIAL PRODUTIVO DE CULTIVARES DE LÚPULO
NO CERRADO MINEIRO**

UBERLÂNDIA
2025

TÚLIO VIEIRA MACHADO

**POTENCIAL PRODUTIVO DE CULTIVARES DE LÚPULO
NO CERRADO MINEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Agronomia.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Lísias Coelho

UBERLÂNDIA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M149p Machado, Túlio Vieira, 1991-
2025 Potencial produtivo de cultivares de lúpulo no cerrado mineiro
[recurso eletrônico] / Túlio Vieira Machado. - 2025.

Orientador: Lírias Coelho.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de
Pós-graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2025.5056>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Coelho, Lírias, 1959-, (Orient.). II. Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Agronomia. III.
Título.

CDU: 631

André Carlos Francisco
Bibliotecário-Documentalista - CRB-6/3408

TÚLIO VIEIRA MACHADO

**POTENCIAL PRODUTIVO DE CULTIVARES DE LÚPULO
NO CERRADO MINEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, para obtenção do título de Doutor.

Área de concentração: Produção Vegetal

Uberlândia, 18/07/2025

Banca Examinadora:

Nome – Titulação (sigla da instituição)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em

Agronomia

Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppgagro.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese 003/2025, PPGAGRO				
Data:	Dezoito de julho de dois mil e vinte e cinco	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	18:00
Matrícula do Discente:	12113AGR006				
Nome do Discente:	Túlio Vieira Machado				
Título do Trabalho:	POTENCIAL PRODUTIVO DE CULTIVARES DE LÚPULO NO CERRADO MINEIRO				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se na sala 1BCG 124 - Campus Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Beno Wendling - UFU; Eduardo Santos Almeida - IFTM; Fausto Antônio Domingos Júnior - IFTM; Lírias Coelho - UFU orientador do candidato e Dr. Ernane Miranda Lemes - Pesquisador.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Lírias Coelho - UFU, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado.

Essa tese possui mérito para ser indicada como destaque do Programa? () SIM
() NÃO

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Lisias Coelho, Professor(a) do Magistério Superior**, em 23/07/2025, às 14:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fausto Antônio Domingos Júnior, Usuário Externo**, em 29/07/2025, às 13:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ernane Miranda Lemes, Usuário Externo**, em 29/07/2025, às 13:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Santos Almeida, Usuário Externo**, em 29/07/2025, às 13:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Beno Wendling, Professor(a) do Magistério Superior**, em 31/07/2025, às 13:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6533957** e o código CRC **BBE6A450**.

Referência: Processo nº 23117.050486/2025-81

SEI nº 6533957

Dedico este trabalho à minha esposa Bruna,
por ter me acompanhado nessa caminhada.

Aos meus pais, irmão e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me permitir ter saúde, disposição e ânimo para levantar todos os dias.

À minha esposa Bruna de Souza Silveira Machado, e à nossa filha Ana Lúcia, que ainda está em seu ventre, mas que me fez ter ainda mais garra para concluir este trabalho.

Agradeço ao professor e amigo Lísias Coelho por acreditar na ideia e mergulhar junto nessa jornada, com muito incentivo, motivação e orientação.

Ao meu grande amigo Ernane Miranda Lemes, que entrou conosco nessa jornada logo no início e caminhou conosco até o fim, sempre me ajudando em tudo que precisei!

Agradeço aos meus pais, Evaldo Pedro Andrade Machado, Maria Angélica Coelho, meu irmão Thiago Vieira Machado pelo grande incentivo e por me manterem motivados.

Agradeço ao IFTM, e ao diretor Firmiano Alexandre Reis Silva, por me liberar para condução da pesquisa e montagem do experimento a campo, sem a qual não seria possível ter concluído.

Agradeço ao pessoal da empresa Van de Bergen, na pessoa do senhor Herman Wigman, que colaborou conosco fornecendo parte das mudas para plantio.

“No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo, ou você faz bem feito ou não faz.”
(Ayrton Senna).

RESUMO

O cultivo de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) tem se difundido pelo mundo e está em plena expansão no Brasil, com forte expectativa em se tornar um dos maiores produtores mundiais. O presente estudo fez pesquisas agronômicas e químicas de seis cultivares de lúpulo em duas safras no Triângulo Mineiro, visando caracterizar seu desempenho no Cerrado brasileiro. Em ambas as colheitas, mensuraram-se altura, diâmetro de caule, massa fresca e seca de cones, conteúdo de cinzas, clorofitas, carotenoides e quantificaram-se os teores de α e β -ácidos. As variáveis biométricas foram submetidas à ANAVA e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott; as correlações entre características vegetativas e produtivas foram estimadas pelo coeficiente de Pearson. Resultados mostraram que, na primeira safra, Saaz e Triple Pearl exibiram 30,7% maior altura e até 375% mais massa de cones que as demais cultivares ($p \leq 0,05$), enquanto na segunda safra não houve diferenças significativas entre genótipos ($p > 0,05$). A altura e o diâmetro de caule correlacionaram-se fortemente ($p \leq 0,01$) em ambas as safras, e massa fresca e seca de cones apresentaram correlação muito forte ($r \geq 0,8$). Chinook e Triumph revelaram maior teor de cinzas ($\approx 6,6\%$) em contraste com Saaz (2,48%); e Chinook e Comet destacaram-se com 53,5% mais carotenoides. Os teores de α -ácidos variaram entre safras, com acréscimos de até 1,67% em Chinook, e de β -ácidos de até 1,48% em Triple Pearl, refletindo forte interação genótipo \times safra e influência da data de colheita. Conclui-se que a escolha de cultivares deve equilibrar vigor vegetativo, rendimento de cones e perfil químico, conforme o objetivo de produção (aroma refinado ou amargor intenso), reforçando o potencial da lupulicultura no Cerrado mineiro.

Palavras-chave: *Humulus lupulus*; morfometria de planta; clorofitas; carotenóide; ácidos α e β .

ABSTRACT

The present study conducted agronomic and chemical evaluations of six hop cultivars (*Humulus lupulus*, *L.*) over two growing seasons in the Triângulo Mineiro region, to characterize their suitability for Brazil's Cerrado biome. In the first season, plant height, stem diameter, and fresh and dry cone mass were measured, along with ash content, chlorophylls, and carotenoids; in the second season, biometric traits were reassessed and α - and β -acid levels were quantified on composite samples. Biometric variables underwent ANOVA and the averages were compared by the Scott-Knott test; Pearson's correlation coefficients were calculated to evaluate relationships between vegetative and reproductive traits. Results showed that, in the first season, Saaz and Triple Pearl exhibited 30.7% greater height and up to 375% greater cone mass compared to the other cultivars ($p \leq 0.05$), whereas no significant differences among genotypes were detected in the second season ($p > 0.05$). Height and stem diameter were strongly correlated in both seasons ($p \leq 0.01$), and fresh and dry cone mass displayed a very strong correlation ($r \geq 0.8$). Chinook and Triumph had the highest ash content ($\approx 6.6\%$) in contrast with Saaz (2.48%); Chinook and Comet had 53.5% greater carotenoid levels than the other cultivars. α -Acid concentrations varied between seasons, with increases up to 1.67% in Chinook, and β -acid levels rose by as much as 1.48% in Triple Pearl, reflecting a strong genotype \times season interaction and harvest timing effects. In conclusion, cultivar selection should balance vegetative vigor, cone yield, and chemical profile according to production goals (refined aroma versus intense bitterness), underscoring the potential of hop cultivation in the Cerrado of Minas Gerais state.

Keywords: *Humulus lupulus*; plant morphometry; chlorophylls; carotenoid; α - and β -acids.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS	163
2.1	Objetivo geral.....	173
2.2	Objetivos específicos	193
3	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	14
3.1	O lúpulo	14
3.2	Iluminação artificial	16
3.3	Nutrição de cultivo.....	16
3.4	Doenças e nematoides no lúpulo	18
3.5	Abelha arapuá.....	21
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	Localização do experimento.....	24
4.2	Instalação das estruturas de condução	24
5	FERTILIZAÇÕES	25
6	IRRIGAÇÃO.....	26
7	CLIMOGRAMA DA REGIÃO.....	26
8	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO.....	28
9	VARIEDADES DE LÚPULO NO EXPERIMENTO.....	28
10	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	28
11	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO VEGETATIVO.....	29
12	COLHEITA DO CONES DE LÚPULO.....	30
13	SECAGEM DAS AMOSTRAS.....	31
14	METODOLOGIA UTILIZADA PARA EXTRAÇÃO DE α- e β-ácidos.....	31
15	METODOLOGIA PARA OBTENÇÃO DE TEORES DE CLOROFILA E CAROTENOIDES.....	31
16	METODOLOGIA UTILIZADA PARA DETERMINAÇÃO DE TEORES DE CINZAS.....	32
17	ANALISES ESTATÍSTICAS.....	32
18	RESULTADOS.....	35
19	DISCUSSÃO.....	41
19.1	Biometria.....	41
19.2	Correlação de Pearson.....	42

19.3	Cinzas.....	43
19.4	Carotenoides.....	43
19.5	Alfa e beta ácidos.....	44
19.6	Ácidos e massa seca de cones.....	45
19.7	Clorofilas.....	46
19.8	Pragas.....	47
20	CONCLUSÕES.....	48
	REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO

O cultivo do lúpulo (*Humulus lupulus L.*) tem se expandido de forma expressiva ao redor do mundo, ocupando tanto áreas tradicionais de cultivo, como Alemanha, República Tcheca, Polônia e Estados Unidos, quanto em novas regiões produtoras, incluindo o Brasil. Esse crescimento é diretamente associado ao aumento da demanda por lúpulo de qualidade, impulsionado sobretudo pela valorização da cerveja artesanal e da diferenciação sensorial proporcionada pelos compostos bioativos presentes nos cones florais de lúpulo.

Ingrediente muito utilizado para atender o mercado cervejeiro, o lúpulo é essencial para a preparação dos mais diversos tipos de cerveja existentes no mercado, variando entre aroma e sabor. Devido a essa demanda, o cultivo de lúpulo vem crescendo exponencialmente no Brasil, principalmente relacionado a essa carência do produto, mas também apresenta diversas outras aplicabilidades medicinais tendo importância para produção de fitoterápicos e cosméticos (Almeida *et al.*, 2024). Com 15,4 bilhões de litros de cerveja produzidos anualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo (MAPA, 2024).

Apesar de haver produção significativamente importante em vários países, como República Tcheca, Polônia, Eslovênia e Reino Unido, a maior produção de lúpulo do mundo é oriunda dos Estados Unidos e da Alemanha (International Hop Growers' Convention, 2019).

No Brasil, a maior parte da produção de lúpulo se concentra na região sul do país, por ter um clima similar ao de seu local de origem, entretanto, isso limita a área de cultivo da cultura no país, fazendo com que a maior parte do lúpulo usado no Brasil seja importado. Dentre os países da América do Sul, o Brasil é o maior importador de lúpulo (Pinheiro, 2023). Atendendo a essa demanda crescente pelo produto e os bons preços do mercado, estão surgindo pesquisadores e produtores interessados na lupulicultura, levando seu cultivo para a região central do país, principalmente para o bioma Cerrado. Apesar de ainda haver poucas pesquisas sobre o tema, pode-se constatar que nessas regiões de clima mais quente e seco, a cultura se desenvolve bem.

Contudo, informações detalhadas sobre o desempenho agronômico e químico de cultivares específicas de lúpulo, sob as condições edafoclimáticas e de manejo do Triângulo Mineiro são escassas/inexistentes, impedindo a otimização da produção local.

Por se tratar de uma espécie de alto valor agregado, novas áreas de cultivo vêm ganhando espaço no cenário atual, mesmo não havendo ainda muitos estudos sobre sua adaptabilidade nas diferentes regiões do Brasil. A região do Triângulo Mineiro tem grande potencial para cultivo, visto que é bem localizada, o que facilita sua distribuição nos demais

estados, além de sua temperatura elevada favorecer maior acúmulo de matéria seca, refletindo em uma maior produção dessa planta, isto acontece porque em temperaturas mais elevadas há maior acúmulo de carbono que participará da composição de todas estruturas orgânicas presentes na planta (Morison; Lawlor, 1999; Habermann *et al.*, 2022; Dias, 2024).

Com a expansão do mercado de cervejas artesanais no Brasil, o país passou a ser considerado uma alternativa viável para o cultivo local de lúpulo, impulsionado pelos altos custos de importação e pelas flutuações do mercado internacional. Historicamente, o lúpulo destinado ao Brasil era, em sua maioria, proveniente de excedentes da safra anterior, chegando ao país com até um ano de armazenamento, o que comprometia a qualidade do produto final. Atualmente, a produção nacional está concentrada em regiões específicas, como o Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com destaque para os estados de Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais e São Paulo (Almeida; Conto, 2024). Apesar do crescimento significativo, a produção brasileira de lúpulo não supera 1% da demanda interna, mantendo o país como um dos maiores importadores do insumo na América do Sul (Pavan, 2024).

Apesar de algumas tentativas mal sucedidas no passado, a história de cultivo de lúpulo no Brasil remonta a meados do século XX, quando as primeiras plantações começaram a surgir no país. No entanto, o clima tropical e subtropical brasileiro não se mostrava favorável para o cultivo de lúpulo, uma planta que exigia temperaturas mais amenas, típicas de regiões temperadas. Assim, o Brasil passou a depender da importação de lúpulo, especialmente para abastecer a crescente indústria cervejeira, que já estava em expansão (Marcusso, 2022; Santos *et al.*, 2022).

Nos anos 2000, o cenário começou a mudar, com o surgimento da cerveja artesanal no Brasil, movimento que se intensificou ao longo da década seguinte. O aumento exponencial do número de cervejarias artesanais e a busca por insumos de qualidade, incluindo o lúpulo, fez com que produtores brasileiros voltassem a se interessar pelo cultivo local. Em 2005, iniciativas pioneiras começaram a ser desenvolvidas em algumas regiões do sul do país, onde as condições climáticas eram mais favoráveis ao cultivo da planta. A região Sul, especialmente o estado de Santa Catarina, foi uma das primeiras a apresentar experimentos em cultivo devido ao fato de apresentar algumas características similares às regiões de origem da planta (Fagherazzi *et al.*, 2023).

Na região do cerrado, como no Distrito Federal, o cultivo tem se mostrado viável, com aumento na produção de biomassa seca devido às condições de temperaturas elevadas e alta incidência de luz, características do clima da região. Em experimentos realizados em uma propriedade no Núcleo Rural Ponte Alta, no Gama, a planta apresentou maior assimilação de

carbono em temperaturas mais altas, contribuindo para o acúmulo de matéria seca em flores e estruturas orgânicas, com produtividade de até 600 kg por hectare em uma safra (Dias, 2024). No entanto, a produção nacional ainda é muito pequena quando comparada a países como os Estados Unidos, Alemanha e República Tcheca, que dominam a indústria global de lúpulo (BRASIL, 2022).

O cultivo de lúpulo no Brasil ainda enfrenta desafios agronômicos consideráveis. A planta exige um controle rigoroso do fotoperíodo e temperatura, o que pode ser difícil de alcançar em regiões tropicais e subtropicais. Além disso, os custos de produção ainda são elevados em parte devido à necessidade de insumos importados e ao desenvolvimento de tecnologias específicas para o cultivo nacional. Apesar disso, a adaptação de variedades de lúpulo a climas tropicais e subtropicais tem sido um dos principais focos de pesquisa e desenvolvimento no Brasil. Adicionalmente, a formação de associações e cooperativas de produtores de lúpulo tem sido um passo importante para melhorar a produção e a qualidade do lúpulo brasileiro. Essas cooperativas têm permitido a troca de conhecimento entre os produtores, o acesso a tecnologias mais avançadas e uma maior negociação com as cervejarias, facilitando o abastecimento da indústria local (APROLÚPULO, 2023).

As perspectivas para a produção de lúpulo no Brasil são promissoras, mas dependem de uma série de fatores, incluindo o avanço na adaptação das técnicas de cultivo, a melhoria da infraestrutura e o desenvolvimento de variedades de lúpulo mais adaptadas às condições brasileiras (Almeida; Conto, 2024). A crescente demanda por lúpulo de qualidade, impulsionada pelo crescimento do mercado de cervejas artesanais, cria uma oportunidade única para o Brasil expandir sua produção e até se tornar um produtor competitivo no mercado global. Há uma enorme área em expansão no país, além da possibilidade de realização de mais de uma safra por ano, o que é inviável de acontecer nas regiões tradicionalmente produtoras.

A pesquisa e o desenvolvimento têm sido fundamentais para a adaptação do lúpulo às condições climáticas brasileiras. Diversas iniciativas de pesquisa em universidades e centros de pesquisa agrícola estão focadas no aprimoramento das cultivares de lúpulo que possam crescer em climas mais quentes e com menor exigência térmica (Santos *et al.*, 2022). Além disso, o uso de tecnologias como a irrigação de precisão, fornecendo água às plantas em quantidade e no momento exato, o manejo nutricional adequado, adaptado às condições de solos em climas tropicais, e a melhoria do manejo fitossanitário têm mostrado resultados promissores.

Segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (2025), a demanda por lúpulo nacional tende a crescer, acompanhando o aumento da produção de cerveja no Brasil. Com a crescente profissionalização da indústria cervejeira, muitas cervejarias estão optando por utilizar lúpulo

nacional em suas produções, o que estimula o mercado de lúpulo brasileiro. Isso se reflete na maior disposição das cervejarias em pagar preços mais altos por lúpulo de qualidade, o que cria um ambiente propício para o aumento da produção nacional.

Estudos têm demonstrado que a composição química do lúpulo é altamente influenciada por fatores abióticos, como condições climáticas (temperatura, radiação solar, regime hídrico) e manejo do solo (disponibilidade de nutrientes, pH, matéria orgânica) (Almaguer *et al.*, 2014). A flutuação na temperatura média e na precipitação durante fases críticas de desenvolvimento da planta, por exemplo, pode alterar a biossíntese de metabólitos secundários responsáveis pelo amargor e aroma (Krofta *et al.*, 2008). Além disso, a variabilidade edáfica dentro de uma mesma propriedade pode resultar em diferentes perfis nutricionais e hídricos, impactando diretamente a expressão fenotípica das características agronômicas e químicas.

O Brasil possui condições edafoclimáticas e capacidade técnica para atender à sua crescente demanda interna e para se tornar um exportador de lúpulo. A diversificação de cultivares de lúpulo também pode abrir novas possibilidades para o mercado brasileiro, permitindo o cultivo de lúpulos com características aromáticas e amargas específicas, que atendem a nichos de mercado. Pode ser também que haja o desenvolvimento de novas variedades de lúpulo, por meio de programas de melhoramento genético, de forma a viabilizar ainda mais a produção nacional, pois estas estarão mais adaptadas às condições de solo e clima tropical (Gonsaga *et al.*, 2023; Roberto *et al.*, 2024).

O fortalecimento da produção nacional de lúpulo no Brasil tem sido impulsionado por diversas políticas públicas e iniciativas de capacitação técnica. A inclusão do lúpulo no Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais (Moderagro) permite que produtores acessem linhas de crédito de até R\$ 880 mil, e cooperativas até R\$ 2,64 milhões, facilitando investimentos em infraestrutura e tecnologia. Além disso, o Projeto de Lei 4275/24 propõe a criação da Política Nacional de Incentivo à Produção de Lúpulo de Qualidade, visando oferecer crédito rural, assistência técnica e promover inovações tecnológicas na cadeia produtiva. Paralelamente, programas de capacitação, como o curso gratuito oferecido pela Embrapa sobre o cultivo de lúpulo, são essenciais para disseminar conhecimento técnico entre os produtores, contribuindo com a sustentabilidade e competitividade da produção nacional (APROLÚPULO, 2023; EMBRAPA, 2024; Câmara dos deputados, 2025).

Diante do exposto, o presente trabalho se justifica por fornecer informações críticas sobre o desenvolvimento da lupulicultura na região.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo é contribuir para o pleno estabelecimento da cultura, seguindo as recomendações de adubação necessárias para garantia de um bom desenvolvimento, a fim de que ela expresse seu máximo potencial produtivo. Nesse contexto, este estudo avaliou as características agronômicas e compostos químicos funcionais de sete cultivares de lúpulo para a região do Cerrado Mineiro.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a produção de sete cultivares de lúpulo na região do Cerrado do Triângulo Mineiro.

Investigar a sobrevivência e o desempenho das plantas de lúpulo em condições de clima tropical.

Determinar os teores de compostos químicos funcionais nos cones de lúpulo - ácidos α e ácidos β .

Quantificar os teores de pigmentos fotossintéticos nos cones de lúpulo - clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides.

Analizar o teor de cinzas nos cones de lúpulo como indicador da composição mineral.

Agrupar as variedades de lúpulo em subgrupos com base em sua produção, utilizando estatística apropriada.

Esses objetivos visam fornecer informações críticas sobre o desenvolvimento da lupulicultura na região, contribuindo para seu pleno estabelecimento e sustentabilidade.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O lúpulo

O lúpulo é uma planta trepadeira perene e dioica de importância estratégica para a indústria cervejeira, pois seus cones florais femininos oferecem compostos responsáveis pelo aroma, pelo amargor, além da ação antioxidante e conservante, atribuídos às resinas (principais α -ácidos) e aos óleos essenciais presentes nas brácteas dos cones (Stevens; Page, 2004; Carbone; Gervasi, 2022). Originário de climas temperados do hemisfério norte, o ciclo fenológico do lúpulo é fortemente influenciado pelo fotoperíodo: dias longos promovem o alongamento vegetativo, ao passo que dias curtos desencadeiam a floração (Neve, 1991). Em latitudes tropicais e subtropicais, onde o fotoperíodo natural é insuficiente, faz-se necessário o emprego de iluminação suplementar para simular dias longos e garantir elevado rendimento de cones (Leles *et al.*, 2023).

No Brasil, das 48 variedades de lúpulo registradas, as mais cultivadas incluem: Cascade, Columbus, Chinook, Nugget, Saaz, Centennial, Comet, Hallertau Mittelfrueh e Magnum (IICA, 2021).

A cultivar Cascade, desenvolvida nos Estados Unidos por polinização aberta entre Fuggle e Serebrianka foi a primeira variedade comercial lançada em 1972 pelo programa de melhoramento do USDA-ARS, iniciado em 1956. Representa cerca de 10% da produção total de lúpulo nos EUA, sendo amplamente utilizada em cervejas artesanais americanas por seu perfil aromático floral, com notas cítricas. Possui produtividade de 2.017 a 2.465 kg ha⁻¹ e resistência ao míldio. Seus cones contêm 4,5 a 7% de α -ácidos, 33 a 40% de cohumulona, 4,5 a 7% de β -ácidos e 0,8 a 1,5 mL de óleos essenciais por 100 g (Spósito *et al.*, 2019).

A cultivar Chinook, originária dos Estados Unidos foi desenvolvida a partir do cruzamento entre Petham Golding e uma planta masculina do USDA com elevado teor de α -ácidos, sendo lançada em 1985. Com produtividade de 2.000 a 2.400 kg ha⁻¹, apresenta resistência moderada ao míldio. Seus cones contêm 12 a 14% de α -ácidos, 29 a 34% de cohumulona, 3 a 4% de β -ácidos e 1,5 a 2,5 mL de óleos essenciais por 100 g. Apesar do alto teor de α -ácidos, a Chinook é valorizada pelo equilíbrio aromático, sendo amplamente utilizada em *dry hopping*, conferindo aromas defumados (Spósito *et al.*, 2019).

A cultivar Comet foi desenvolvida em 1961 na Universidade do Oregon, Estados Unidos, por meio do cruzamento entre a variedade Sunshine e um lúpulo selvagem americano,

com lançamento oficial em 1974. Apresenta concentração de α -ácidos variando de 6 a 12%, β -ácidos de 3,0 a 6,1% e teor de óleos essenciais de 1,4 a 3,3 mL por 100 g (Woodske, 2012).

Com sua origem nos Estados Unidos, a cultivar Triple Pearl, é uma variedade triploide resultante da polinização aberta da cultivar perle com uma linhagem masculina desconhecida. Foi lançada em 2013 pelo programa de melhoramento genético da USDA-ARS, em Corvallis, Oregon. Caracteriza-se como uma cultivar de duplo propósito, com ênfase em aroma, apresentando notas de laranja, melão, lima, resina, pimenta e especiarias, com um leve toque terroso. Possui teor de α -ácidos de 9,0 a 13,5%, β -ácidos de 3,3 a 6,0%, cohumulona de 20 a 25% e óleos essenciais de 1,1 a 1,8 mL por 100 g. Sua produtividade varia de 1.600 a 1.650 kg ha⁻¹, com resistência moderada a doenças (Spósito *et al.*, 2019; Woodske, 2012; Beer Maverick, 2020).

A cultivar Triumph, desenvolvida nos Estados Unidos, foi selecionada pelo programa público de melhoramento de lúpulos da USDA em Corvallis, Oregon, e lançada oficialmente em 2018. Resulta do cruzamento entre a cultivar Nugget e a linhagem masculina USDA 21110M, com parentesco que inclui Nugget e Hallertau Mittelfrüh. Foi nomeada em homenagem à marca de motocicletas Triumph. Caracteriza-se como uma cultivar de aroma com elevado teor de α -ácidos (9 a 12%), 3 a 5% de β -ácidos, 22 a 26% de cohumulona e 0,8 a 1,8 mL de óleos essenciais por 100 g. Apresenta produtividade de 2.000 a 2.300 kg ha⁻¹, resistência moderada ao míldio (Spósito *et al.*, 2019; Woodske, 2012; Rahrbsg, 2019).

A cultivar Saaz, originária de Zatec, Boêmia (atual República Tcheca), foi registrada oficialmente em 1952, embora seu uso na produção cervejeira remonte a mais de 700 anos. Reconhecida como uma das quatro variedades nobres de lúpulo, destaca-se pelo aroma clássico e é amplamente utilizada em cervejas como Stella Artois e diversas Lager e Pilsner da Boêmia. Possui produtividade de 800 a 1.200 kg ha⁻¹ e é suscetível a míldio e oídio. Seus cones apresentam 2,5 a 4,5% de α -ácidos, 23 a 28% de cohumulona, 4 a 6% de β -ácidos e 0,4 a 0,8 mL de óleos essenciais por 100 g (Spósito *et al.*, 2019).

A cultivar de lúpulo Zeus, desenvolvida nos Estados Unidos, é uma variedade híbrida de alto rendimento, cuja linhagem exata não é completamente documentada, mas presume-se que derive da cultivar Brewers Gold e outras variedades americanas não especificadas. Desenvolvida como uma cultivar de amargor, Zeus apresenta elevado teor de α -ácidos (14,5 a 16,5%), com 28 a 32% de cohumulona, 4,0 a 5,0% de β -ácidos e 2,0 a 3,0 mL de óleos essenciais por 100 g. Sua produtividade varia de 2.800 a 3.249 kg ha⁻¹, com resistência moderada ao míldio pulverulento e características aromáticas que incluem notas pungentes, de pimenta preta, alcaçuz e curry (Woodske, 2012; Beer Maverick, 2020).

3.2 Iluminação artificial

A iluminação artificial na cultura do lúpulo no Brasil é uma estratégia essencial para atender às exigências de fotoperíodo da planta, que demanda por dias longos para brotação e crescimento vegetativo. Em regiões tropicais, como o Brasil, onde o fotoperíodo natural pode ser insuficiente, a suplementação com luz artificial, como LED, permite controlar o fotoperíodo e promover o crescimento vegetativo adequado, aumentando a altura das plantas, o número de ramos laterais e a massa fresca (Balbinotti de França *et al.*, 2023; Roberto *et al.*, 2024).

Além do crescimento vegetativo, a iluminação artificial impacta diretamente na produtividade e qualidade dos cones. Estudos indicam que a suplementação luminosa durante a fase vegetativa resulta em maior número de cones por planta, maior massa fresca e potencial incremento no teor de ácidos α e β , elementos essenciais para o amargor e aroma da cerveja (Balbinotti de França *et al.*, 2023; Roberto *et al.*, 2024).

Para implementação no Brasil, é fundamental considerar as condições locais de luminosidade, temperatura e umidade, além de utilizar tecnologias de iluminação eficientes, como LED, que possibilitam controle preciso da intensidade, duração e qualidade espectral da luz. O uso de sistemas de iluminação artificial permite adaptar cultivares desenvolvidos para regiões temperadas às condições tropicais, garantindo uniformidade na maturação e viabilizando a produção de lúpulo de alta qualidade (Gonsaga *et al.*, 2023; Agro-led, 2023).

Programas de melhoramento genético, aliados à iluminação artificial, podem resultar em variedades com maior tolerância e maior eficiência na produção de compostos bioativos (Roberto *et al.*, 2024). Assim, a iluminação artificial é uma ferramenta estratégica para viabilizar a expansão da lupulicultura no Brasil, atendendo à crescente demanda do mercado cervejeiro.

3.3 Nutrição de cultivo

Para todas as cultivares, o manejo do solo deve priorizar alta permeabilidade e teor de matéria orgânica superior a 3%, saturação de base de 70%, com pH ideal entre 6 e 7,5, para otimizar a disponibilidade de nutrientes e a atividade microbiana (Neve. C., 1991; Oliveira, 2016; Seifert *et al.*, 2021). A elevada transpiração observada nas plantas de lúpulo imposta pelo intenso metabolismo vegetativo exige sistemas de irrigação por gotejamento ou aspersão de alta uniformidade, especialmente em períodos secos (Fandiño *et al.*, 2015). Devido ao vigor

trepador, estruturas de suporte robustas, como treliças de cabo de aço ou arames em altura entre 4 e 7 m, são imprescindíveis para sustentar as hastes que podem atingir até 8 m em uma estação (Gingrich *et al.*, 2000; Dobis *et al.*, 2019).

A adubação balanceada deve enfatizar nitrogênio para o desenvolvimento foliar, fósforo para o enchimento de cones e potássio para a síntese de α -ácidos, além de fornecer micronutrientes críticos como magnésio, que atua na fotossíntese, e boro, essencial na formação de parede celular dos cones (Afonso *et al.*, 2020; Gingrich *et al.*, 2024; Menezes *et al.*, 2022; Nava, 2023). O programa nutricional deve ser ajustado por meio de análises foliares e de solo, adotando recomendações específicas para cada estádio de desenvolvimento (Fortuna *et al.*, 2023).

O fornecimento equilibrado de nutrientes afeta diretamente o crescimento vegetativo, a formação de cones e a composição química que define o valor de mercado dessa matéria-prima tão valorizada (Epstein; Bloom, 2005; Bryson; Mills, 2014; Abbas *et al.*, 2021; Rossini *et al.*, 2021). Para que essa expansão seja acompanhada por níveis adequados de produtividade e qualidade, é imprescindível o estabelecimento de um manejo nutricional eficiente, capaz de suprir as exigências da cultura em diferentes estágios fenológicos e em distintos ambientes de produção.

O crescimento do cultivo de lúpulo no Brasil, particularmente estimulado pelo mercado cervejeiro artesanal, torna o tema da nutrição mineral ainda mais relevante, principalmente diante das condições tropicais desafiadoras. Solos com baixa disponibilidade natural de fósforo, alta suscetibilidade à lixiviação de nitrogênio e acentuada fixação de potássio impõem a necessidade de estratégias nutricionais específicas para garantir o pleno desenvolvimento das plantas e a obtenção de cones com perfil químico adequado à demanda da indústria cervejeira (Barker; Pilbeam, 2015; Afonso *et al.*, 2020).

Os macronutrientes primários - nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) - são fundamentais para o ciclo de vida do lúpulo, promovendo respectivamente o crescimento vegetativo e a síntese proteica (N), a divisão celular e o desenvolvimento radicular (P), e a regulação osmótica, o transporte de açúcares e a síntese de metabólitos secundários (K) (Epstein; Bloom, 2005; Bryson; Mills, 2014).

No entanto, para garantir altos rendimentos e qualidade nos cones, é igualmente essencial o manejo dos macronutrientes secundários - cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) - que desempenham papéis estruturais, fotossintéticos e enzimáticos cruciais (Barker; Pilbeam, 2015; Havlin *et al.*, 2013). Além disso, os micronutrientes como boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), cloro (Cl) e níquel (Ni), embora requeridos

em pequenas quantidades, são indispensáveis para a ativação de enzimas, regulação hormonal, defesa contra estresses e produção de compostos de valor comercial como os ácidos amargos e óleos essenciais (Marschner, 2012; Gent *et al.*, 2015; Lilay *et al.*, 2024). Embora amplamente estudada em regiões tradicionais, a nutrição do lúpulo ainda carece de pesquisas detalhadas em áreas emergentes como o Brasil.

3.4 Doenças e nematoides no lúpulo

O lúpulo é vulnerável a doenças fúngicas, como oídio (*Podosphaera macularis*) e míldio (*Pseudoperonospora humuli*), bem como a artrópodes (*Tetranychus urticae*). A integração de práticas culturais, biológicas e químicas minimiza impactos econômicos: rotação com gramíneas, aplicação de *Bacillus subtilis* ou *Trichoderma harzianum* e uso criterioso de fungicidas sistêmicos e de contato têm demonstrado eficácia (Fontana *et al.*, 2021; Riccioni *et al.*, 2025). Nematoides são também problema sério na cultura do lúpulo causando perdas significativas em condições de manejo inadequado (Brito *et al.*, 2018; Oza *et al.*, 2022; Santos, 2023).

Diversas doenças de origem bacteriana, fúngica e viral já foram relatadas em cultivos de lúpulo, conforme apontado por Mahaffee *et al.* (2009). No entanto, os registros sobre nematoides fitoparasitas associados ao lúpulo, no Brasil, ainda são escassos. Os nematoides parasitas de plantas, em geral, medem entre 0,2 e 3 mm de comprimento e 50-250 µm de diâmetro, possuem corpo pseudocelomado coberto por cutícula quitinosa e incluem cerca de 600 espécies de fitonematoides de um total de 4.000 descritas no filo Nematoda (Decraemer; Hunt, 2006; Ferraz; Brown, 2016).

O surgimento e a gravidade dos danos causados por fitonematoides são dependentes de fatores como a vulnerabilidade da planta hospedeira, condições de estresse, seja por fatores bióticos ou abióticos, a população de fitonematoides, as práticas de manejo adotadas, as condições climáticas e as propriedades físico-químicas e biológicas do solo (Stirling *et al.*, 2014). Nematoides têm causado problemas significativos no cultivo de lúpulo globalmente. Dentre os nematoides causadores de danos radiculares, espécies dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* são os de maior relevância para a agricultura mundial devido à sua ampla gama de hospedeiros assim como para a lupulicultura (Líšková; Renčo, 2007; Renčo *et al.*, 2011; Watson *et al.*, 2020).

Espécies de nematoides de galha (endoparasitos sedentários) têm sido identificadas em lúpulo, por exemplo, *Meloidogyne javanica* causa severas perdas em cultivares de lúpulo na

Flórida (Watson *et al.*, 2020), e *M. incognita* já foi relatado infectando lúpulo no Iran (província de Guilan) e no estado de São Paulo, Brasil (Gonsaga *et al.*, 2021). A espécie *M. morocciensis* também foi identificada em lúpulo no estado do Espírito Santo, Brasil (Oza *et al.*, 2022). Na China, *M. incognita* foi observado em cultivar de lúpulo da variedade Comet, contudo, a multiplicação da população de nematoides foi restrita em uma cultivar local, indicando possível resistência genética ou adaptação (Zhang; Zheng-li, 1989). Outras espécies de nematoides associadas ao lúpulo nos Estados Unidos incluem *M. hapla* e *Xiphinema americanum*, amplamente distribuídas em áreas de cultivo no Condado de Sacramento, Califórnia (Maggenti, 1962).

Relatos e estudos recentes têm identificado a presença de nematoide de galha (*Meloidogyne* spp.) associado ao lúpulo em diferentes regiões do Brasil. Gonsaga *et al.* (2021) foram os primeiros a relatar a ocorrência de *M. incognita* parasitando lúpulo no estado de São Paulo. Este estudo detalha que em levantamento nematológico realizado em Jaboticabal (SP) em 2019, amostras de raízes de lúpulo revelaram a presença do nematoide, com base em caracteres morfológicos de adultos, fenótipos de esterase e análise molecular. A replicação dos postulados de Koch adaptados confirmou que *M. incognita* é, de fato, um parasita do lúpulo, com as plantas inoculadas apresentando sintomas como folhas amareladas, redução do desenvolvimento e a formação de numerosas galhas nas raízes (Gonsaga *et al.*, 2021).

Outro relato no Brasil identificou *M. morocciensis* infectando lúpulo no estado do Espírito Santo (Oza *et al.*, 2022). Observações em uma área de cultivo de lúpulo no município de São Mateus revelaram murcha das folhas e formação de galhas no sistema radicular. Análises laboratoriais de amostras de solo e raízes confirmaram a presença de *M. morocciensis*, com populações estimadas em 864 ovos e juvenis por 100 cm³ de solo e 2.763 por grama de raiz.

A identificação dessas espécies de *Meloidogyne* em plantios de lúpulo no Brasil é de grande relevância, uma vez que os nematoides de galhas são conhecidos por induzir a formação de galhas nas raízes, comprometendo a absorção de água e nutrientes e, consequentemente, o vigor e a produtividade da planta hospedeira (Jones; Fosu-nyarko, 2014). A disseminação de nematoides em lúpulo, uma planta perene e propagada vegetativamente, é facilitada pela movimentação de material de plantio infectado (Gonsaga *et al.*, 2021). O manejo desses fitonematoides exige a implementação de estratégias integradas, incluindo a utilização de mudas sadias, rotação de culturas e a potencial aplicação de extratos vegetais, como o de lúpulo, que já demonstrou capacidade de suprimir *M. javanica* e *M. incognita* em estudos *in vitro* e em outras culturas (Toninato *et al.*, 2024).

Além de conseguirem parasitar uma ampla gama de hospedeiros, os nematoídeos do gênero *Pratylenchus*, como *P. brachyurus*, *P. coffeae*, *P. vulnus* e *P. penetrans* também são amplamente distribuídos no território nacional (Back, 2009). Seu ciclo de vida pode variar de 3 a 9 semanas pois é extremamente dependente das condições ambientais e da espécie hospedeira (Jones; Fosu-nyarko, 2014). Contudo, poucos relatos de sua ocorrência no lúpulo são identificados. Espécies de *Pratylenchus* foram identificadas em Portugal (Abrantes *et al.*, 1987) e *P. neglectus* e *P. thornei* foram detectados com menor frequência em plantações localizadas nos estados de Idaho e Oregon (Hafez *et al.*, 1992).

As lesões causadas por *Pratylenchus* sp. nas raízes das plantas hospedeiras são devido às secreções esofagianas tóxicas liberadas e injetadas pelo nematoíde que levam à formação de áreas com necrose. O fato de ser um nematoíde endoparasita migratório, gera ainda mais danos às plantas, pois, causa danos em toda região da raiz e não apenas no lugar em que penetra no hospedeiro. Fato este que permite nova infecção por outros organismos fitopatogênicos presentes na área, o que acelera o processo de debilitação das plantas hospedeiras (Weischer; Brown, 2001).

O nematoíde do cisto do lúpulo (*Heterodera humuli*) é outro nematoíde endoparasito sedentário reconhecido como uma grande ameaça à cultura do lúpulo por ser capaz de reduzir drasticamente os rendimentos (Darling *et al.*, 2020), e é a espécie mais estudada em nível global (Degrisse; Gillard, 1963), tendo sido reportada em áreas produtoras nos Estados Unidos, no Vale de Yakima, estado de Washington, responsável por aproximadamente 75% da produção norte-americana de lúpulo (Darling *et al.*, 2020).

A ocorrência de *H. humuli* também foi relatada na Austrália, Bulgária, Canadá, Croácia, República Tcheca, Grécia, Holanda, Índia, Nova Zelândia, Polônia, Rússia, Turquia, Suécia, Suíça, Eslováquia, Eslovênia, Ucrânia e África do Sul (Katalan-gateva; Konstantinova-milkova, 1975; Stone; Rowe, 1977; Hržić, 1986; Malan *et al.* 1991; Danilova, 1996; Lišková; Renco, 2007; Renco *et al.*, 2011; Akyazi *et al.*, 2019; Jain *et al.*, 2023). Apesar da ampla distribuição de lúpulo na Europa e de múltiplas pesquisas realizadas, *H. humuli* ainda não foi detectado na Itália (Landi *et al.*, 2019). Na Bélgica infestações severas de nematoides foram associadas à presença não só de *H. humuli*, mas também por *Tylenchorhynchus dubius*, *P. penetrans* e representantes do gênero *Helicotylenchus* (Pelerents *et al.*, 1983).

Recentemente, Núñez Rodrígues *et al.* (2025) identificaram além de *H. humuli*, nematoides dos gêneros *Helicotylenchus*, *Telotylenchinae*, *Xiphinema*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Trichodoridae*, *Ditylenchus*, *Gracilaculus* e *Mesocriconema* em lupulais dos estados de Idaho, Oregon e Washington nos EUA. Na Nova Zelândia, *Ditylenchus destructor*

foi isolado de plantas severamente atrofiadas em campos comerciais de lúpulo, indicando seu potencial impacto na sanidade da cultura (Foot; Wood, 1982).

Esses estudos demonstram tanto a disseminação geográfica dos nematoides em novos territórios quanto a suscetibilidade de diferentes cultivares. Além disso, a restrição de nematicidas sintéticos tem estimulado a busca por manejo integrado e sustentável de nematoides fitoparasitas (Maleita *et al.*, 2023). Estratégias alternativas incluem rotação de culturas, uso de agentes biológicos e seleção de variedades resistentes, porém ainda faltam estudos específicos voltados ao lúpulo para validar e implementar tais práticas.

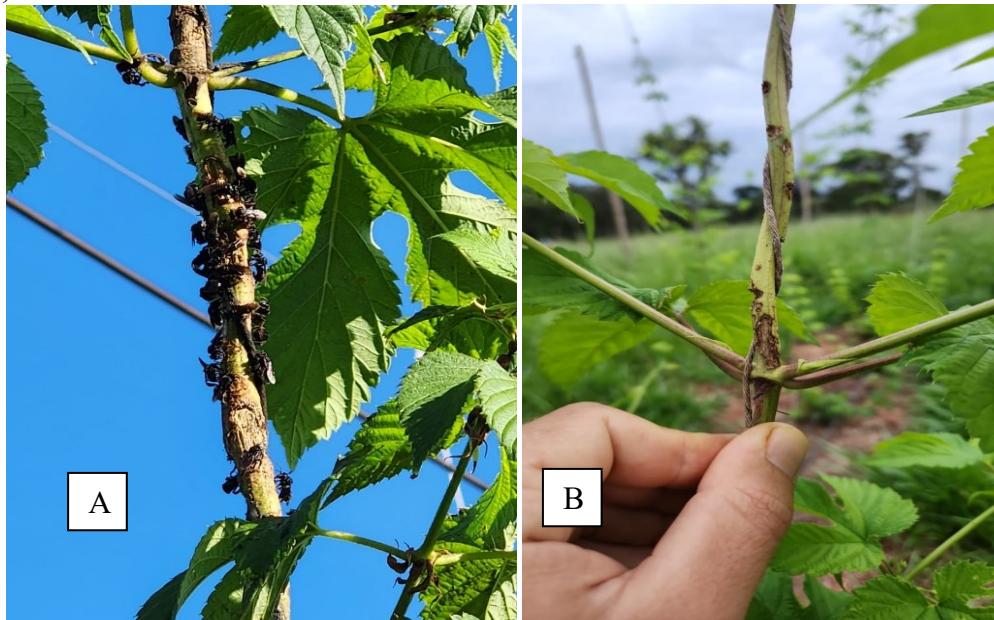
Esses relatos ressaltam a diversidade de nematoides fitoparasitas que podem impactar negativamente o cultivo do lúpulo em diferentes regiões do mundo, inclusive no Brasil, evidenciando a necessidade de monitoramento constante e desenvolvimento de estratégias regionais de manejo integrado. Manejo de fitonematoídes no lúpulo pode inclusive implementar estratégias sustentáveis como a aplicação de extrato aquoso de resíduo de lúpulo para a supressão do nematoide das galhas e aumentar a atividade biológica do solo (Toninato *et al.*, 2024).

3.5 Abelha arapuá

A abelha arapuá (*Trigona spinipes*), uma espécie de abelha sem ferrão amplamente distribuída no Brasil, é frequentemente estudada em sua interação com diversas culturas agrícolas. Sua presença é frequente em sistemas agrícolas devido à sua adaptabilidade e generalismo na coleta de recursos (Santos *et al.*, 2022). Embora muitas vezes reconhecida como polinizadora de várias espécies vegetais, a arapuá também pode exibir comportamentos que resultam em impacto negativo em algumas culturas, conforme mostrado na Figura 1.

Em culturas como a do cafeiro (*Coffea arabica*), a abelha arapuá é uma visitante floral comum. Estudos recentes têm investigado seu papel na polinização e na produção de café. Embora possa contribuir para a polinização em certas condições, sua alta frequência e comportamento de forrageamento, que inclui a perfuração de flores para obter néctar sem necessariamente tocar nos órgãos reprodutivos podem diminuir a eficiência da polinização por outras espécies de abelhas e até mesmo causar danos estruturais às flores (Araújo *et al.*, 2021). Essa característica também foi observada em plantios de citrus (laranja, limão), onde a arapuá acessa o néctar por aberturas laterais, o que pode não resultar em polinização efetiva e, em altas densidades populacionais, pode competir por recursos com polinizadores mais eficientes

Figura 1 - A- Ataque de abelhas arapuá B- Danos causados por abelha arapuá – Comendador Gomes, MG



Fonte: Machado (2023).

Em lúpulo, Fernandez (2020) observou agregações da cigarrinha (*Aetalion reticulatum*) e interação com abelhas sem ferrão que foram apenas observadas nas plantas da variedade Cascade. A abelha sem ferrão observada interagindo com as agregações de *A. reticulatum* nas plantas de lúpulo foi identificada como *T. spinipes*. A ocorrência de dano vegetal direto tem sido atribuída à abelha arapuá por produtores e pesquisadores, embora a literatura científica carece de estudos aprofundados que quantifiquem e detalhem tais danos.

Observações oriundas de ambientes de produção, como as veiculadas em plataformas informais e blogs especializados, indicam que *T. spinipes* pode induzir injúrias nas partes vegetativas do lúpulo (LAMAS BREW SHOP, 2020). Este comportamento é comumente associado à busca por resinas e outros exsudatos vegetais, essenciais para a construção de seus ninhos e outras atividades coloniais. A capacidade da *T. spinipes* de causar danos em tecidos vegetais, além das estruturas florais, é consistente com seu comportamento ecologicamente generalista e oportunista, documentado em outras culturas. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA - publicou um comunicado técnico detalhando suspeitas de dano causado por esta espécie em pinheiros-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), onde as abelhas roem e escarificam a casca das plantas para forragear resina (Schuhli *et al.*, 2023).

A interrupção do fluxo de seiva devido à raspagem e escarificação de tecidos vasculares em caules e ramos, conforme inferido pelos relatos de campo em cultivo de lúpulo, representa um potencial impacto fitossanitário significativo. Tal dano pode comprometer a translocação

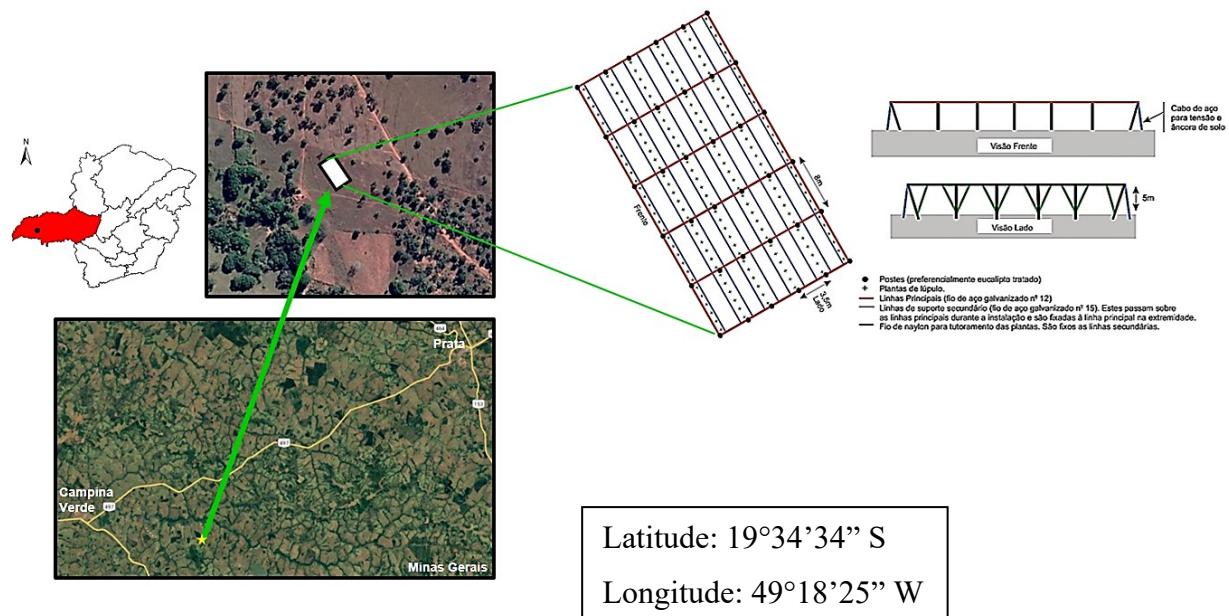
de água e nutrientes, culminando em estresse fisiológico para a planta, redução da produtividade e, em casos mais severos, na morte de ramos principais e secundários (LAMAS BREW SHOP, 2020). A carência de investigações científicas formais sobre esta interação específica em lúpulo ressalta a necessidade de estudos aprofundados para elucidar a extensão e a natureza dos danos, bem como as estratégias de manejo mais adequadas para a convivência com esta espécie em sistemas de produção de lúpulo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do experimento

O experimento foi realizado em uma propriedade rural localizada no município de Comendador Gomes, Minas Gerais. O solo da área experimental é do tipo arenoso e a vegetação predominante é composta por cerrado e braquiária. Abaixo, apresenta-se a área onde foi desenvolvido o experimento de campo, conforme Figura 2.

Figura 2 - Local de desenvolvimento da pesquisa - Comendador Gomes, MG



Fonte: Machado (2023).

4.2 Instalação das estruturas de condução

A área do experimento foi de 1.300 metros quadrados, mas uma área ainda maior, de 3.600 m², a 555 metros acima do nível do mar, foi delimitada para preservar ao máximo a integridade das plantas no interior. Foram feitas 5 linhas de plantio, cada uma constituída por um canteiro com 50 metros de comprimento e 1 metro de largura.

As linhas de plantio foram demarcadas com o auxílio de uma trena de 50 metros. Essas linhas foram gradeadas para eliminação da pastagem de braquiária - *Urochloa* sp. - presente na área e preparo do solo, permitindo maior porosidade. Após alguns dias, essas linhas foram então sulcadas, com sulcador acoplado ao trator, que criou uma valeta de aproximadamente 40 centímetros de profundidade. Dentro desse sulco foi feita a correção do solo de forma a elevar

o pH para 6, adicionando-se calcário dolomítico com PRNT de 80%; também foram adicionadas 4 toneladas de esterco bovino curtido, distribuídos uniformemente dentro do sulco.

Após essa distribuição, o material foi incorporado à linha de plantio e as covas foram marcadas com um metro entre elas. As medidas das covas foram de 40 cm × 40 cm × 40 cm. Antes do plantio, fertilizante fosfatado foi adicionado ao fundo da cova de maneira a fornecer fósforo suficiente às plantas conforme as raízes se aprofundassem no perfil do solo enquanto crescam.

A instalação da estrutura para condução das plantas foi no sistema de treliças. Para isso, foram utilizados 25 postes de madeira, com 7 metros de altura, enterrados 1,5 m, e colocados a distâncias de 11 e 22 metros em cada linha, conforme mostrado na Figura 3, de forma a distribuir o peso por igual em todos eles. Ao final de cada linha, postes auxiliares foram enterrados e amarrados à estrutura principal de forma a garantir melhor sustentação dessas plantas.

Figura 3 - Estrutura de condução da pesquisa: postes de eucalipto e barbantes utilizados no sistema de treliça – Comendador Gomes, MG



Fonte: Machado (2023).

5 FERTILIZAÇÕES

A adubação de estabelecimento da cultura foi calculada com base nos valores obtidos em análises de solo realizadas na área. Aplicou-se 180 gramas de adubo MAP (Fosfato Monoamônico) por cova.

As adubações de cobertura foram parceladas em três aplicações, espaçadas a cada 30 dias de forma a garantir o melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Em cada adubação de cobertura aplicou-se 50 gramas de adubo 20-05-20 por planta. A irrigação foi acionada 10 minutos antes da adubação e permaneceu ligada por 20 minutos após o término.

6 IRRIGAÇÃO

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo localizado, sendo utilizado o sistema de gotejamento com furos de gotejo a cada 15 centímetros, de maneira a distribuir uniformemente a água na linha de plantio, promovendo aumento na umidade em toda a linha.

A água utilizada para irrigação era água potável oriunda de uma mina localizada a 120 m de distância do reservatório. Dois reservatórios do tipo container IBC (*intermediate bulk container*), com capacidade de 1 m³ cada foram utilizados, totalizando 2.000 litros de água armazenada. A irrigação ocorreu sempre pela manhã, ao nascer do sol e, em períodos mais críticos de calor elevado ou forte crescimento vegetativo, a irrigação foi ligada também no período da tarde, às 15 horas.

A saída do reservatório é um cano de $\frac{3}{4}$ de polegada, com filtro de discos logo após o registro de maneira a filtrar impurezas e reduzir entupimento das linhas de gotejo. Estas, por sua vez, constituíram de mangueiras perfuradas, comercialmente chamadas de “tripas”, de meia polegada de espessura e furos a cada 15 centímetros, utilizando-se duas por linha. No início de cada linha de plantio havia dois registros para controle de vazão, e ao final foram fechadas com tampão de final de linha de gotejo.

7 CLIMOGRAMA DA REGIÃO

A região apresenta clima tropical com variação entre períodos secos e úmidos ao longo do ano, influenciado por sistemas intertropicais e polares. No verão, predominam dias quentes e estáveis sob influência da Massa Tropical Atlântica Continental (mTac), além de chuvas e calor associados à Massa Equatorial Continental (MEC) e à Massa Polar Atlântica (MPA) (Oliveira *et al.*, 2019).

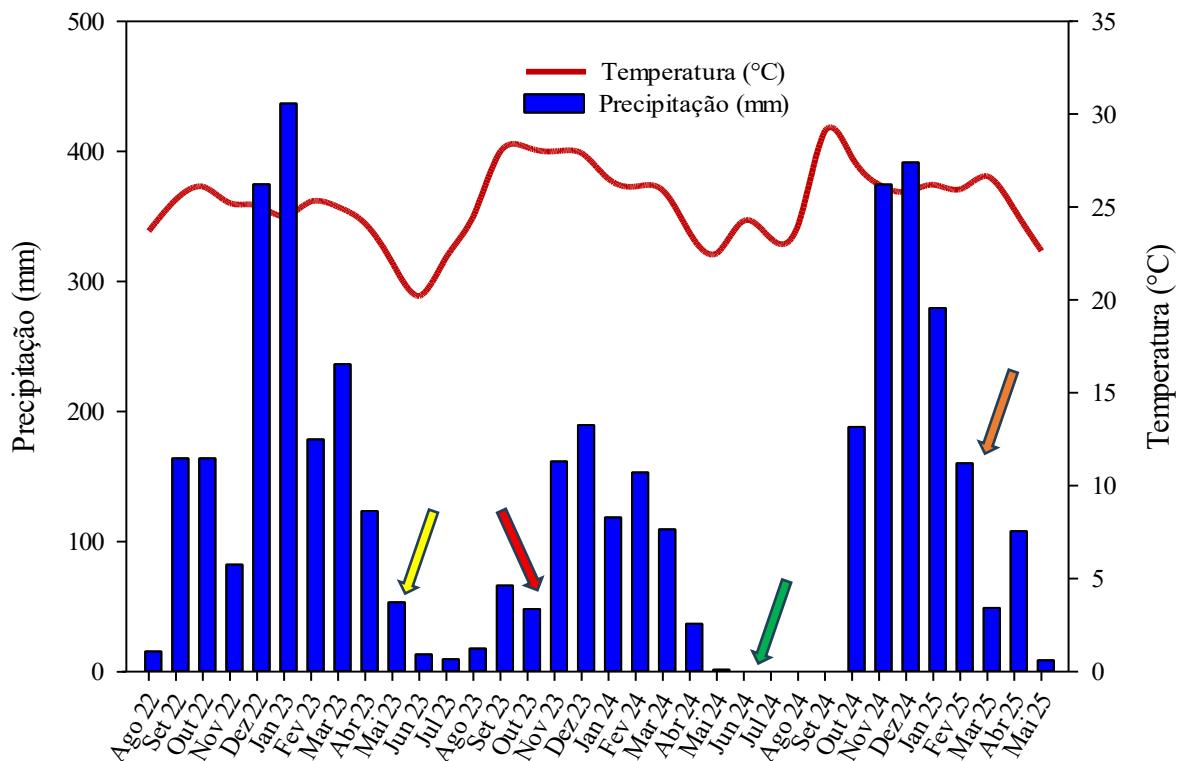
No inverno, Campina Verde, cidade com estação meteorológica mais próxima, e por isso utilizada no experimento, apresenta dias quentes sob influência da mTac e outros mais amenos devido à MPA, com baixa umidade e pouca precipitação, especialmente ao final da estação. Assim, o município possui clima tropical semiúmido, com duas estações bem

definidas: verão chuvoso e quente, e inverno seco e de temperaturas amenas (Weather Spark, 2025).

A atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é comum na região, estendendo-se da Amazônia ao Sudeste e passando pelo Triângulo Mineiro, onde provoca chuvas intensas e prolongadas durante o verão. As estações de primavera e outono são períodos de transição entre os regimes seco e chuvoso (Mendes; Queiroz, 2011).

Os dados de precipitação e temperatura média foram obtidos da Estação Climatológica de Campina Verde, MG, código INMET A519 e summarizados na Figura 4. Nesta Figura também estão indicados os períodos das colheitas analisadas.

Figura 4 - Climograma do município de desenvolvimento da pesquisa – Comendador Gomes, MG. Seta amarela = plantio das mudas; Seta vermelha = poda total; Seta verde = 1^a colheita; Seta laranja = 2^a colheita



Fonte: INMET, estação de Campina Verde, MG, 2025.

8 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO

O local onde o experimento foi conduzido, anteriormente era cultivado com pastagem braquiária (*Urochloa* sp.). O solo onde o experimento foi conduzido apresenta textura arenosa,

sendo composto por 870 g kg⁻¹ areia, 30 g kg⁻¹ de silte e 100 g kg⁻¹ de argila, se enquadra como Latossolo distrófico de textura arenosa, de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos; 2025). Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-0,2 m e 0,2-0,4 m, as quais foram enviadas para um laboratório especializado.

9 VARIEDADES DE LÚPULO UTILIZADAS NO EXPERIMENTO

Para esse experimento foram escolhidas 7 cultivares de interesse para indústria cervejeira, sendo algumas as mais comumente plantadas, uma nobre, e outras de maneira experimental para haver variabilidade entre os materiais testados. As cultivares utilizadas para estudo foram: Cascade, Chinook, Comet, Triumph, Triple Pearl, Saaz e Zeus.

Todas as cultivares foram produzidas de forma assexuada, provenientes do viveiro da Van de Bergen, de Campinas, SP, que é um viveiro certificado. O espaçamento adotado neste experimento foi de 4 m entre linhas e 1 m entre plantas.

10 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados - DBC, com cinco blocos, em que cada um deles continha as sete variedades de lúpulo. Cada parcela consistiu de cinco plantas, mas utilizou-se para estudo apenas as três mais vigorosas em cada parcela, independentemente de sua posição dentro da parcela.

O transplantio das mudas ocorreu no dia 18 de maio de 2023. Três dias após o transplantio, plantas das cultivares Triple Pearl e Zeus foram predadas por formigas cortadeiras *Atta* sp. As mudas começaram a desenvolver no dia 29 de maio, indicando que demoraram 11 dias para superar o estresse de plantio. A primeira adubação ocorreu no dia 17 de junho, 30 dias após o plantio (DAP) e consistiu de 40 gramas de 19-04-19 (NPK) por cova. O dia era nublado e chuvoso, ideal para adubação.

No dia 19 de junho houve uma geada que afetou muito as plantas, chegando a matar diversas ramos que demoraram a reiniciar a brotação, enquanto outras não brotaram mais. Por isso, as plantas foram deixadas para se desenvolverem melhor antes de serem podadas para a colheita, o que resultou no descarte da primeira safra, em janeiro de 2024.

A suplementação luminosa foi instalada no dia 20 de agosto de 2023 e, no dia 22 as plantas já iniciaram a brotação.

Durante a condução do experimento foram avaliadas duas safras consecutivas da cultura. Para a realização das análises laboratoriais, as parcelas foram unificadas e homogeneizadas e então retiraram-se amostras específicas para cada teste. Isso foi feito em virtude dos elevados custos de análise. O momento de colheita foi definido com base em características de maturidade dos cones, quando apresentaram aspecto seco e quebradiço com leve tom de amarelecimento, indicando o ponto ideal para colheita. A primeira colheita ocorreu no dia 3 de junho de 2024 para as cultivares Saaz, Triple Pearl e Triumph, dia 10 de junho para a cultivar Chinook, e 11 de junho para as cultivares Comet, Cascade e Zeus. A segunda safra foi colhida nos dias 29 de janeiro de 2025 para as cultivares Saaz, Triple Pearl e Zeus, 30 de janeiro Chinook e Triumph e 31 de janeiro as cultivares Comet e Cascade.

11 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO VEGETATIVO

As avaliações biométricas (morfométricas) da planta de lúpulo foram realizadas no momento da colheita dos cones florais são elas: o diâmetro do caule e altura de planta. Para aferição do diâmetro do caule foi utilizado um paquímetro digital (Figura 5), e a medida foi retirada a 0,3 metros de distância do solo. Para avaliação da altura utilizou-se de uma vara de bambu de 6 metros com marcações a cada 50 centímetros de distância, que era colocada lateralmente à planta, na linha de plantio.

Figura 5 - Avaliação do diâmetro das plantas – Comendador Gomes, MG



Fonte: Machado (2023).

12 COLHEITA DOS CONES DE LÚPULO

Para quantificação da produção de cada variedade, as três plantas mais vigorosas foram cortadas, a uma altura de 0,3 metros e transportadas até uma varanda coberta, onde os cones foram colhidos manualmente, e pesados em balança semi-analítica. Em seguida, foram acondicionados em sacos de papel para posterior secagem em estufa. Todos os sacos foram identificados com o nome da variedade e o bloco de onde foi colhida.

Figura 6 - A e B- Segunda colheita dos cones de lúpulo – Comendador Gomes, MG



Fonte: Machado (2025).

13 SECAGEM DAS AMOSTRAS

Todo material colhido foi submetido à desidratação em estufa de circulação forçada de ar quente, à temperatura de 45 °C até atingirem massa constante. Após a secagem, as amostras destinadas às avaliações dos teores de α - e β -ácidos foram acondicionadas em embalagens herméticas sob vácuo e mantidas sob condições controladas até o momento das determinações analíticas. Com o objetivo de viabilizar as análises químicas dos cones das variedades de lúpulo utilizaram-se amostras homogeneizadas de cada variedade, contendo 50 g. As quantificações

químicas realizadas incluíram a determinação dos teores de α -ácidos, β -ácidos, cinzas, clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides.

14 METODOLOGIA UTILIZADA PARA EXTRAÇÃO DE α - e β -ácidos

Para quantificar os teores de α e β -ácidos nos cones de lúpulo empregou-se um protocolo analítico baseado na extração dos ácidos orgânicos da matriz vegetal, seguida de análise espectrofotométrica em três comprimentos de onda distintos, conforme metodologia descrita por Egts *et al.* (2012) adaptada. A extração foi conduzida utilizando-se aproximadamente 2,5 g de amostra de lúpulo previamente triturada, à qual foram adicionados 50 mL de metanol. A mistura foi submetida à agitação contínua por 30 minutos à temperatura ambiente, seguida por um período de repouso de 10 minutos.

Posteriormente, realizou-se a filtração do extrato utilizando papel de filtro para remoção de particulados. Uma alíquota de 50 μ L do filtrado foi transferida para balão volumétrico de 25 mL, cujo volume foi completado com solução extratora de NaOH metanólico (preparada a partir da diluição de 0,5 mL de NaOH 6 mol L^{-1} em 250 mL de metanol). A solução final foi acondicionada em cubeta de quartzo com percurso óptico de 1 cm para leitura em espectrofotômetro no espectro UV-visível, utilizando como branco uma solução contendo 50 μ L de metanol diluído em 25 mL da mesma solução extratora. As leituras de absorbância foram realizadas nos comprimentos de onda de 275, 325 e 355 nm , sendo os dados utilizados para o cálculo dos teores percentuais de α -ácidos e β -ácidos, segundo equações baseadas nas leituras espectrais e listadas a seguir:

$$A_{355} = 31,8 C\alpha + 46,0 C\beta + 1,0 C_{\text{comp3}}$$

$$A_{325} = 38,1 C\alpha + 33,1 C\beta + 1,5 C_{\text{comp3}}$$

$$A_{275} = 9,0 C\alpha + 3,7 C\beta + 3,1 C_{\text{comp3}}$$

15 METODOLOGIA PARA OBTENÇÃO DE TEORES DE CLOROFILA E CAROTENOÍDES

As análises de clorofila *a*, clorofila *b* e β -caroteno foram realizadas segundo a metodologia descrita por Nagata e Yamashita (1992). Inicialmente, as amostras vegetais foram homogeneizadas em acetona a 80% para extração dos pigmentos. Após a extração, as amostras

foram filtradas em peneira de algodão para obtenção do extrato claro, o qual foi submetido à leitura espectrofotométrica nos comprimentos de onda de 453, 505, 645 e 663 nm .

As concentrações dos pigmentos foram determinadas com base nas seguintes equações, conforme descrito por Nagata e Yamashita (1992):

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg } 100 \text{ mL}^{-1}) = 0,999 \times A_{663} - 0,0989 \times A_{645}$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (mg } 100 \text{ mL}^{-1}) = -0,328 \times A_{663} + 1,77 \times A_{645}$$

$$\text{Licopeno (mg } 100 \text{ mL}^{-1}) = -0,0458 \times A_{663} + 0,204 \times A_{645} + 0,372 \times A_{505} - 0,0806 \times A_{453}$$

$$\beta\text{-caroteno (mg } 100 \text{ mL}^{-1}) = 0,216 \times A_{663} - 1,22 \times A_{645} - 0,304 \times A_{505} + 0,452 \times A_{453}$$

Onde A_{xxx} representa a absorbância no comprimento de onda correspondente (em nm), e os resultados são expressos em mg 100 mL^{-1} de extrato. Essa metodologia permite a quantificação simultânea dos principais pigmentos fotossintéticos e carotenoides presentes em tecidos vegetais de forma rápida e eficaz.

16 METODOLOGIA UTILIZADA PARA DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE CINZAS

A quantificação do teor de cinzas totais constitui uma etapa fundamental na análise bromatológica de alimentos, pois fornece uma estimativa do conteúdo mineral total presente na amostra. O método utilizado baseia-se na eliminação térmica da matéria orgânica, restando um resíduo inorgânico constituído pelos minerais originalmente presentes. A metodologia utilizada neste trabalho seguiu as diretrizes descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Para a determinação do teor de cinzas, inicialmente, pesaram-se 1,5 g da amostra em um cadiño de porcelana previamente calcinado, o qual havia sido submetido à queima em forno mufla a 550°C , resfriado e mantido em dessecador até o momento do uso. Os pesos do cadiño vazio e do cadiño com a amostra foram devidamente anotados, utilizou-se tenaz metálica para o manuseio, a fim de evitar contaminação ou variação de massa.

A incineração foi iniciada de forma gradual sobre a chama de um bico de Bunsen, promovendo o aquecimento uniforme de todas as faces do cadiño, com cuidado para evitar que a amostra entrasse em combustão. Após a formação de uma massa carbonizada homogênea, o cadiño foi transferido para a mufla previamente estabilizada a 550°C , onde permaneceu por tempo suficiente para a completa destruição da matéria orgânica até que se obtivesse um resíduo de coloração branca.

Após a incineração, o forno foi desligado e a temperatura foi reduzida até atingir, no mínimo, 150 °C. Em seguida, o cadinho foi retirado cuidadosamente, resfriado em dessecador por aproximadamente 25 minutos e, então, pesado em balança analítica. O valor obtido foi utilizado no cálculo do teor de cinzas totais, conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

17 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os valores extremos (*outliers*) em cada variável foram identificados por meio de gráficos de boxplot dos resíduos (Chambers *et al.*, 1983) gerados no software SPSS Statistics® (ibm.com), e foram tratados como “parcelas perdidas” e substituídos por valores estimados pelo método da soma mínima dos quadrados dos resíduos. Para cada *outlier* (parcela perdida) substituído foi retirado um grau de liberdade do erro experimental na subsequente análise de variância (ANAVA - teste F) (Pimentel-gomes; Garcia, 2002).

A verificação da normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias e o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis também foram executados no software SPSS Statistics®. É imprescindível que os dados apresentem distribuição normal e estejam livres de outliers para evitar vieses no cálculo e na interpretação da correlação de Pearson (Figueiredo Filho; Silva, 2009). Os dados foram então submetidos à ANAVA.

Quando diferenças significativas na ANAVA foram detectadas para as variáveis estudadas (altura de planta, diâmetro a 0,3 metros do solo, massa fresca de cones, massa seca de cones, teores de α - e β -ácidos, teores de clorofila, carotenoides e porcentagem de cinzas) suas médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Também foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson para a análise das variáveis biométricas.

18 RESULTADOS

Nas duas primeiras colheitas de estudo com cultivares de lúpulo no Triângulo Mineiro, conduziram-se análises biométricas das plantas – altura, diâmetro da haste, massa fresca e seca dos cones florais - bem como quantificaram-se cinzas e pigmentos (clorofilas *a*, *b* e *a+b* e caroteno). Na primeira colheita, todas as variáveis foram submetidas à ANAVA, seguida pelo teste de médias de Scott-Knott. Por limitações de mão de obra em períodos críticos e de recursos financeiros para ensaios de elevada complexidade, as determinações de clorofilas (*a*, *b* e *a+b*) na segunda colheita, assim como os teores de α - e β -ácidos em ambas as colheitas foram realizadas em amostras compostas - mistura de todas as repetições - impossibilitando análise estatística paramétrica, de modo que tais resultados foram apenas comparados numericamente entre si.

A ANAVA da biometria das plantas de lúpulo, assim como as pressuposições dessa ANAVA para as duas colheitas de lúpulo estão apresentadas na Tabela 1. Todas as variáveis atenderam às pressuposições da ANAVA ($p > 0,01$).

Tabela 1- Sumário da ANAVA ($p \leq 0,05$) e pressuposições da ANAVA para altura de planta (Altura, m), diâmetro de caule (Diâm., mm), massa fresca (MF, g) e massa seca (MS, g) de cones florais de lúpulo na primeira (1) e segunda (2) avaliações. Comendador Gomes, MG. 2025

Fonte de Variação	gl	Altura.1	Altura.2	Diâm.1	Diâm.2	MF.1 ^r	MF.2	MS.1 ^r	MS.2
----- Valor de p da Estatística F -----									
Cultivar	6	< 0,0001	0,2814	0,0631	0,1378	0,0024	0,3296	0,0009	0,4048
Bloco	4								
Erro	24								
SW		0,465	0,446	0,156	0,874	0,860	0,090	0,922	0,035
L		0,398	0,004	0,034	0,329	0,047	0,017	0,066	0,110
CV (%)		13,50	21,47	15,63	23,21	21,00	43,35	53,29	78,28

gl: graus de liberdade. Cultivar: cultivares de lúpulo estudadas. SW: teste de normalidade da distribuição dos resíduos por Shapiro-Wilk ($p > 0,01$: distribuição normal dos resíduos). L: teste de homogeneidade das variâncias por Levene ($p > 0,01$: variâncias homogêneas). ^r: dados transformados em $\sqrt[3]{x}$. CV (%): coeficiente de variação. Fonte: Machado (2025).

As médias observadas para o diâmetro de caule na primeira colheita variaram de 3,96 mm (Zeus) a 5,30 mm (Saaz) e, na segunda colheita, de 5,72 mm (Triumph) a 8,28 mm (Saaz); na segunda colheita, a altura de planta oscilou entre 3,86 m (Zeus) e 5,13 m (Chinook); a massa

fresca dos cones variou de 285,00 g (Triumph) a 849,98 g (Saaz); e a massa seca dos mesmos cones variou de 67,34 g (Triple Pearl) a 286,64 g (Saaz). Em nenhuma dessas variáveis diâmetro de caule na primeira e na segunda colheita, altura de planta, massa fresca e massa seca de cones florais na segunda colheita foram detectadas diferenças significativas entre as cultivares de lúpulo ($p > 0,05$).

Contudo, foram observadas diferenças ($p \leq 0,05$) entre as cultivares de lúpulo para as variáveis altura de planta, massa fresca e seca de cones florais na primeira colheita (Tabela 2). A altura de planta foi 30,7% maior para as cultivares Saaz e Triple Pearl em relação às demais cultivares. A massa fresca e a massa seca de cones florais do lúpulo dessas cultivares também foram superiores, sendo 375 e 366% maiores que as demais cultivares. A massa fresca de cones florais da cultivar Zeus foi similar à das cultivares Saaz e Triple Pearl, porém essa diferença não ocorreu para a massa seca desses cones florais.

Tabela 2 - Altura de planta (m), massa fresca (g) e massa seca (g) de cones florais de lúpulo na primeira colheita. Comendador Gomes, MG, 2025

Cultivar	Planta		Cones Florais	
	Altura (m)		Massa Fresca (g) ^r	Massa Seca (g) ^r
Cascade	3,33 b ¹		74,00 b	23,49 b
Chinook	3,98 b		66,00 b	19,96 b
Comet	3,82 b		211,80 b	104,20 b
Saaz	4,79 a		569,00 a	378,88 a
Triple Pearl	4,80 a		542,00 a	328,99 a
Triumph	3,76 b		116,00 b	43,09 b
Zeus	3,46 b		339,60 a	188,79 b
CV (%)	13,50		21,00	53,29

¹: Valores acompanhados de letras minúsculas idênticas não diferem as cultivares de lúpulo pelo teste de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ^r: média dos dados originais e letras da estatística para as médias dos dados transformados em $\sqrt[2]{x}$. Fonte: Machado (2025).

A correlação de Pearson é uma medida estatística que quantifica a intensidade e a direção da relação linear entre duas variáveis quantitativas, sendo amplamente utilizada em estudos agronômicos para avaliar associações entre características cujo cálculo baseia-se na covariância entre as variáveis e normalizada pelo produto de seus desvios padrão. A aplicação da correlação de Pearson pressupõe que os dados sejam contínuos, apresentem relação linear e distribuição aproximadamente normais (sem *outliers*) (Figueiredo Filho; Silva, 2009). A Tabela

3 apresenta os coeficientes da correlação de Pearson (r) para as variáveis biométricas estudadas em ambas as colheitas de cultivo do lúpulo.

Tabela 3 - Correlação de Pearson (r) entre as variáveis biométricas da primeira (1) e segunda (2) colheitas. Comendador Gomes, MG. 2025

	Altura.1	Altura.2	Diâm.1	Diâm.2	MF.1	MF.2	MS.1	MS.2
Altura.1	1	-0,129	0,694**	0,197	0,499**	0,004	0,519**	-0,059
Altura.2		1	-0,084	0,711**	-0,200	0,420*	-0,207	0,444**
Diâm.1			1	0,255	0,527**	0,063	0,555**	0,086
Diâm.2				1	-0,019	0,248	-0,021	0,195
MF.1					1	0,434**	0,995**	0,307
MF.2						1	0,411*	0,857**
MS.1							1	0,313
MS.2								1

Altura: altura de planta. Diâm.: diâmetro de caule. MF: massa fresca de cones florais de lúpulo. MS: massa seca de cones florais de lúpulo. *: significativo a $p \leq 0,05$. **: significativo a $p \leq 0,01$.

Fonte: Machado (2025).

A altura de planta e o respectivo diâmetro de caule para cada safra apresentaram correlações significativas ($p \leq 0,01$) e fortes, assim como a altura apresentou correlações significativas ($p \leq 0,01$) e moderadas com as massas frescas e secas de cones florais. Apenas na primeira colheita o diâmetro de caule apresentou correlações significativas ($p \leq 0,01$) e moderadas com as massas frescas e secas de cones florais. Por fim, as massas frescas e suas respectivas massas secas apresentaram correlações significativas ($p \leq 0,01$) e fortes a muito fortes.

As médias das cinzas dos cones florais das cultivares de lúpulo estudadas na primeira colheita estão apresentadas na Tabela 4. O conteúdo mineral (cinzas) dos cones florais diferiu entre as cultivares de lúpulo ($p \leq 0,05$). As cultivares Chinook e Triumph apresentaram conteúdo mineral superior, sendo 169% superior ao conteúdo mineral da cultivar Saaz.

Tabela 4 - Cinzas (%) dos cones florais de cultivares de lúpulo na primeira colheita. Comendador Gomes, MG. 2025

Cultivar de Lúpulo	Cinzas
Cascade	4,20 b ¹
Chinook	6,71 a
Comet	3,50 b
Saaz	2,48 c
Triple Pearl	3,78 b
Triumph	6,61 a
Zeus	4,48 b
SW	0,085
L	0,136
CV (%)	10,34

¹: Valores acompanhados de letras minúsculas idênticas não diferem as cultivares de lúpulo pelo teste de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). SW: teste de normalidade da distribuição dos resíduos por Shapiro-Wilk ($p > 0,01$: distribuição normal dos resíduos). L: teste de homogeneidade das variâncias por Levene ($p > 0,01$: variações homogêneas). Fonte: Machado (2025).

Na primeira colheita, as cultivares Triumph e Chinook apresentaram teores de clorofila *a* superiores em relação às demais cultivares, porém, os teores de clorofila *b* e total (*a+b*) foram superiores para a cultivar Triumph seguido pela cultivar Chinook (Tabela 5).

Tabela 5 - Clorofilas *a*, *b* e total (mg 100 mL⁻¹) de cones florais de cultivares de lúpulo na primeira colheita. Comendador Gomes, MG. 2025

Cultivar	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila Total (<i>a+b</i>)
Cascade	0,0478 b ¹	0,0347 c	0,0825 c
Chinook	0,1343 a	0,0827 b	0,2170 b
Comet	0,0570 b	0,0328 c	0,0899 c
Saaz	0,0440 b	0,0220 c	0,1089 c
Triple Pearl	0,0732 b	0,0356 c	0,1088 c
Triumph	0,1385 a	0,1185 a	0,2992 a
Zeus	0,0497 b	0,0526 c	0,1023 c
SW	0,659	0,985	0,650
L	0,104	0,046	0,099
CV (%)	43,66	18,04	20,10

¹: Valores acompanhados de letras minúsculas idênticas não diferem as cultivares de lúpulo pelo teste de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). SW: teste de normalidade da distribuição dos resíduos por

Shapiro-Wilk ($p > 0,01$: distribuição normal dos resíduos). L: teste de homogeneidade das variâncias por Levene ($p > 0,01$: variações homogêneas). CV (%): Coeficiente de Variação. Fonte: Machado, 2025.

O teor de clorofilas *a*, *b* e *a+b* obtidos da análise de amostras composta dos cones florais de lúpulo da segunda colheita é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Clorofilas *a*, *b* e total (mg 100 mL⁻¹) de cones florais de cultivares de lúpulo na segunda colheita. Comendador Gomes, MG. 2025

Cultivar de Lúpulo	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Clorofila Total (<i>a+b</i>)
Cascade	0,2788	0,3376	0,6164
Chinook	0,3715	1,0648	1,4363
Comet	0,3688	0,4549	0,8237
Saaz	0,2615	0,2338	0,4954
Triple Pearl	0,1582	0,1253	0,2835
Triumph	0,2409	0,7966	1,0375
Zeus	0,3188	0,3228	0,6416

Fonte: Machado, 2025.

O teor de caroteno dos cones florais de lúpulo da primeira colheita é apresentado na Tabela 7. As cultivares Chinook e Comet apresentaram os maiores conteúdos de caroteno e foram 53,5% superiores ao conteúdo de caroteno das demais cultivares de lúpulo.

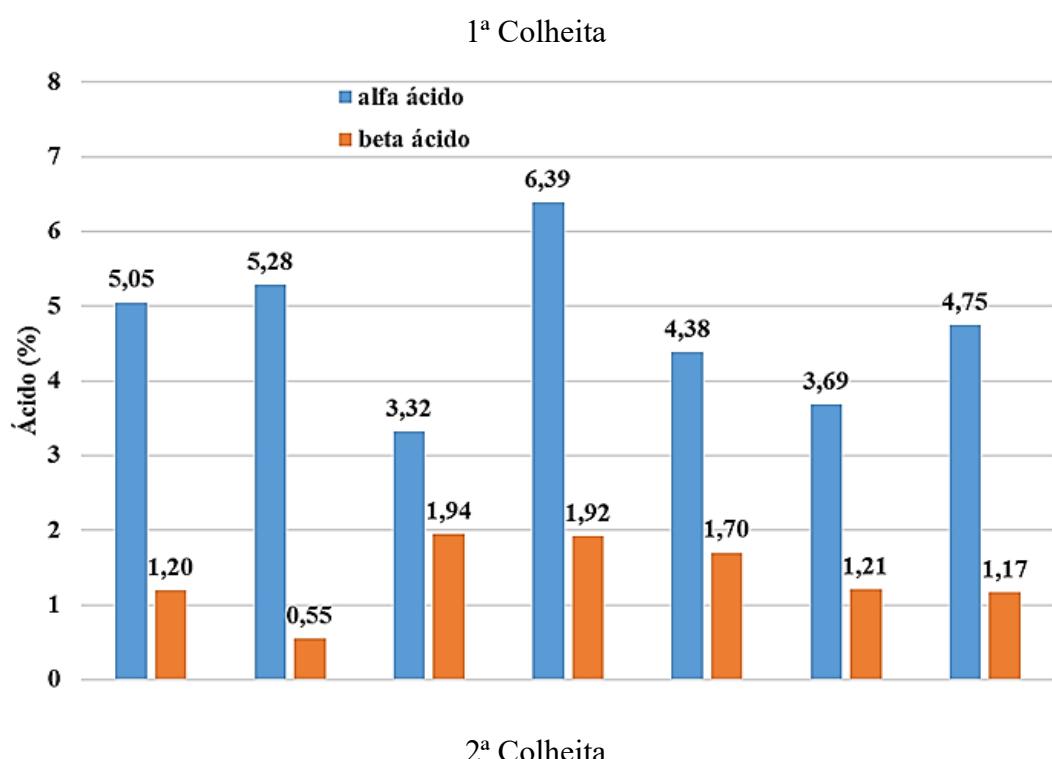
Tabela 7. Caroteno (mg 0,1 L⁻¹) nos cones florais cultivares de lúpulo na primeira colheita. Comendador Gomes, MG

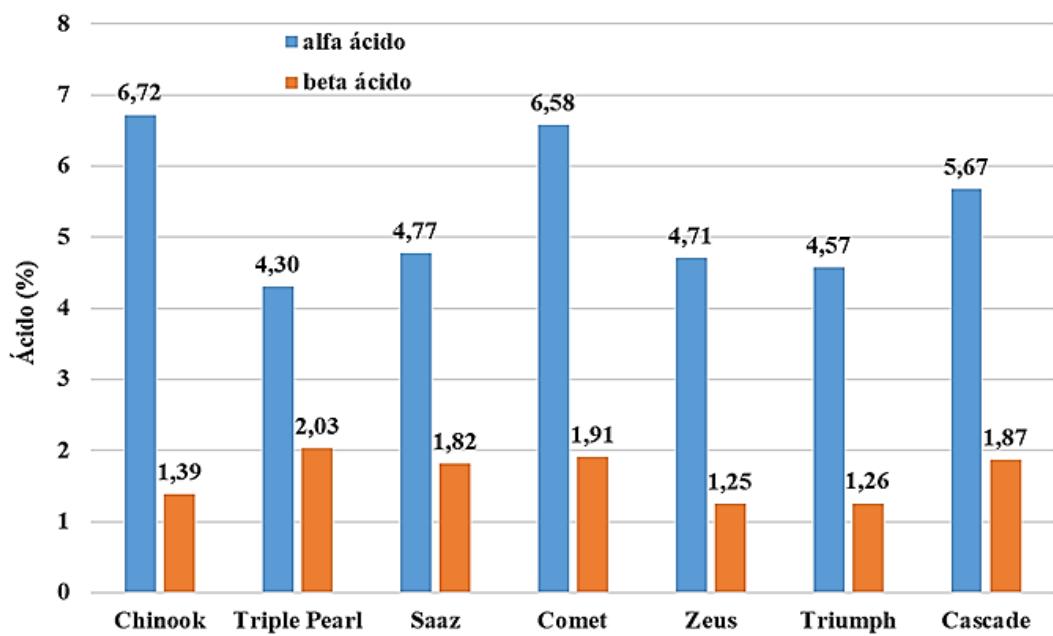
Cultivar de Lúpulo	Caroteno
Cascade	0,0821 b ¹
Chinook	0,1197 a
Comet	0,1349 a
Saaz	0,0877 b
Triple Pearl	0,0758 b
Triumph	0,0877 b
Zeus	0,0813 b
SW	0,186
L	0,231
CV (%)	15,69

¹: Valores acompanhados de letras minúsculas idênticas não diferem as cultivares de lúpulo pelo teste de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). SW: teste de normalidade da distribuição dos resíduos por Shapiro-Wilk ($p > 0,01$: distribuição normal dos resíduos). L: teste de homogeneidade das variâncias por Levene ($p > 0,01$: variações homogêneas). Fonte: Machado, 2025.

O gráfico 1 apresenta os teores de α e β -ácidos (%) presentes nos cones florais das cultivares de lúpulo nas duas colheitas estudadas.

Gráfico 1 - α e β -ácidos (%) em cones florais de cultivares de lúpulo na primeira (1^a) e segunda (2^a) colheitas. Comendador Gomes, MG





Fonte: Machado, 2025.

19 DISCUSSÃO

19.1 Biometria

A análise biométrica de cultivares de lúpulo revelou variações significativas entre as safras e entre as cultivares, especialmente na primeira colheita. Observou-se que as cultivares Saaz e Triple Pearl apresentaram altura de planta 30,7% superior às demais, além de massa fresca e seca de cones florais até 375 e 366% maiores, respectivamente. Esses resultados indicam um desempenho agronômico diferenciado, possivelmente influenciado por fatores genéticos e ambientais.

Outros estudos realizados no Brasil corroboram com os resultados apresentados. Por exemplo, Santos *et al.* (2025), em Santa Catarina, identificaram que o genótipo Hallertauer demonstrou melhor desempenho em massa fresca de plantas, massa seca de cones e produção, quando comparado aos demais genótipos avaliados – Cascade, Chinook e Columbus. Além disso, Leles *et al.* (2024), no Paraná, relataram que as cultivares Mapuche e Spalter apresentaram maior acúmulo de massa e rendimento comparadas com Hallertau Mittelfröhler e Northern Brewer sob sistema de dupla safra anual com luz artificial suplementar em clima subtropical. Esses estudos destacam a importância da escolha adequada de cultivares e manejo para otimizar o desempenho agronômico do lúpulo em diferentes condições de cultivo (Santos *et al.*, 2025).

Adicionalmente, fatores como irrigação e sistemas de condução dos ramos também influenciam o desenvolvimento das plantas de lúpulo. Guimarães (2020) demonstrou que o sistema alternativo de condução dos ramos, associado a níveis adequados de irrigação, promoveu melhores respostas fisiológicas e morfológicas, resultando em maior produção de cones e qualidade dos compostos. Esses achados reforçam a necessidade de práticas de manejo adaptadas às condições locais para maximizar o potencial produtivo das cultivares de lúpulo.

Maior produtividade de cones florais de lúpulo é associada a temperaturas mais amenas e menor radiação solar durante os estádios críticos de desenvolvimento (Dellabiglia *et al.*, 2025). A análise dos componentes principais desse estudo também indicou diferenças significativas entre as safras, evidenciando a influência das condições microclimáticas no desempenho da cultura reforçando a importância do entendimento das variáveis ambientais sobre esta cultura. Este entendimento deve visar a otimização da produtividade, garantir qualidade e promover o uso eficiente dos recursos naturais.

19.2 Correlação de Pearson

Com base nos resultados observa-se que a altura da planta apresentou correlações significativas e fortes com o diâmetro do caule em ambas as colheitas, indicando uma relação linear positiva consistente entre essas variáveis. Essa associação sugere que plantas que possuem caules mais espessos tendem a ficar mais altas, o que pode refletir uma maior robustez estrutural, favorecendo o suporte de estruturas reprodutivas e, consequentemente, potencializando a produtividade. Além disso, a altura da planta correlacionou-se de forma significativa e moderada com as massas frescas e secas dos cones florais, evidenciando que o crescimento vegetativo influencia positivamente na formação e acúmulo de biomassa reprodutiva.

Notavelmente, o diâmetro do caule apresentou correlações significativas e moderadas com as massas frescas e secas dos cones florais apenas na primeira colheita, sugerindo que, sob determinadas condições ambientais ou de manejo, o vigor do caule pode impactar diretamente na produção de cones. Essa variação entre colheitas destaca a importância de considerar fatores sazonais e ambientais na interpretação das correlações, uma vez que as condições específicas de cada ciclo de cultivo podem influenciar o comportamento fisiológico das plantas e, consequentemente, sua produtividade.

Comparando os últimos 6 meses que antecederam cada colheita, observou-se, na Figura 4, uma precipitação acumulada de $\approx 420\text{mm}$ na colheita 2024/24 e 1.234 mm na colheita 2024/25, evidenciando uma diferença expressiva entre os períodos. O que pode ter contribuído para o melhor desenvolvimento das plantas e consequentemente uma maior colheita.

Em relação à temperatura na primeira colheita foram registrados valores médios de 24,8°C, enquanto para a segunda, a temperatura média foi de 26,5 °C. Considerando que temperaturas mais elevadas proporcionam melhor desenvolvimento às plantas, a ocorrência de temperaturas mais altas durante o período da segunda colheita, corrobora com o melhor desenvolvimento das plantas, refletindo na maior quantidade de cones.

Por fim, a forte a muito forte correlação entre as massas frescas e secas dos cones florais confirma a previsibilidade entre essas medidas, indicando que a avaliação de uma pode ser representativa da outra. Esse resultado é importante por permitir simplificar práticas de medição em campo especialmente em condições onde a secagem das amostras não é viável. Esses achados reforçam a relevância de características vegetativas, como altura e diâmetro do caule, como indicadores indiretos de produtividade em cultivos de lúpulo, podendo auxiliar na seleção de genótipos mais produtivos e adaptados às condições locais (Mcadam *et al.*, 2014).

19.3 Cinzas

A análise de cinzas de cones florais de lúpulo determina a fração mineral presente no material vegetal, ou seja, o resíduo inorgânico que permanece após a queima completa da amostra em temperaturas elevadas (500°C). Esse valor reflete o conteúdo total de minerais, como potássio, cálcio, magnésio e fósforo, elementos essenciais ao metabolismo da planta e potencialmente transferidos ao solo ou ao produto final. No lúpulo, a fração de cinzas pode ser um indicativo da qualidade nutricional, a sanidade da planta e possíveis contaminações por solo ou resíduos, assim como valores fora do esperado podem apontar falhas no manejo ou na colheita (Marchesan, 2020).

Embora cultivares, como Chinook e Triumph, apresentem os mais elevados teores de cinzas ($\approx 6,6\%$), isso sugere maior teor mineral e potencialmente maior concentração de fibra ou resíduos inorgânicos nos cones, o que pode estar associado ao uso de certos fertilizantes ou condições (estresses) de cultivo específicas que favorecem a absorção mineral, mas que não necessariamente refletem maior valor funcional para o amargor ou aroma da cerveja - os teores de α -ácidos, por exemplo, são predominantes em cultivares como Chinook ($\approx 8\%$) e Cascade ($\approx 4,5\text{--}6\%$) (Mozzon *et al.*, 2020).

Em contrapartida, Saaz mostra o menor teor de cinzas (2,48%), o que, combinado com sua alta produtividade, indica maior predominância de compostos ativos por unidade de massa (grama). Saaz é conhecida por seu perfil aromático “nobre”, com baixos teores de α -ácidos (2,5-4%) e uma composição de óleos essenciais que conferem notas herbais e terrosos (Olšovská *et al.*, 2024). Dessa forma, cultivares como Chinook e Triumph podem ser úteis quando se busca material vegetal com mais densidade de minerais ou fibras (por exemplo, para coprocessamento), mas isso não implica maior concentração de componentes de amargor ou aroma. Já Saaz, por apresentar baixo teor de cinzas combinado com alto rendimento, oferece maior eficiência na extração de compostos de interesse cervejeiro, reforçando seu valor em formulações que exigem aroma refinado por peso de cone.

19.4 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis responsáveis por colorações amarelas, alaranjadas e vermelhas em diversas partes das plantas, incluindo os cones florais do lúpulo. Esses compostos desempenham funções antioxidantes e fotoprotetoras, contribuindo para a defesa da planta contra estresses ambientais e para a estabilidade dos produtos derivados. Em

estudo realizado com a cultivar Cascade, cultivada no Espírito Santo, foi identificado um teor de 0,0931 mg 100 mL⁻¹ de carotenoides nos cones florais (Colonna, 2023), o que foi um resultado cerca de 13,4% superior ao observado para a mesma cultivar no presente estudo.

Esse valor reflete uma composição bioativa significativa, comparável à de lúpulos importados, indicando que as condições locais de cultivo podem influenciar positivamente a síntese desses pigmentos. Além disso, a presença de carotenoides no lúpulo brasileiro destaca seu potencial não apenas na indústria cervejeira, mas também em aplicações cosméticas e farmacêuticas, devido às suas propriedades antioxidantes e fotoprotetoras (Alves, 2020). A análise de carotenoides em cones florais de lúpulo é, portanto, essencial para avaliar a qualidade e o potencial funcional do produto, especialmente em contextos de cultivo nacional, onde fatores ambientais podem afetar a composição e a concentração desses compostos bioativos (Guimarães, 2020; Fortuna, 2023).

19.5 Alfa e beta ácidos

A diferença expressiva no teor de α -ácidos, especialmente o aumento de 1,67% na cultivar Chinook e 1,45% em Saaz pode ser atribuída ao comportamento fenológico e condições climáticas nas duas colheitas. Estudos demonstram que em sistemas com duas safras anuais em clima subtropical, a suplementação luminosa ou variações no fotoperíodo podem acelerar a maturação e intensificar a síntese de resinas lupulinas, refletindo em conteúdos maiores de α -ácidos na segunda safra (LELES *et al.*, 2023; DUARTE *et al.*, 2022). Pesquisas realizadas na Europa apontam que temperaturas amenas com chuvas adequadas favorecem o acúmulo de α -ácidos, enquanto verões quentes e secos tendem a reduzir a concentração desses compostos (FORSTER *et al.*, 2021).

Considerando que a segunda colheita ocorreu em janeiro (verão em MG) é plausível que um final de ciclo vegetativo com boas precipitações e manejos adaptados tenha beneficiado a biossíntese em cultivares como Saaz e Chinook. Por outro lado, cultivares como Comet e Triple Pearl apresentaram estabilidade ou diminuição em α -ácidos apesar das mesmas condições. Isso está de acordo com estudos de variabilidade clonal, que indicam que a resposta ao ambiente e ao estresse hídrico varia entre genótipos, sendo algumas linhagens menos plásticas quanto aos seus teores de resina (NESVADBA *et al.*, 2024). Triple Pearl, por exemplo, apresentou queda de 0,98% no teor de α -ácidos sugerindo menor capacidade adaptativa ou maior sensibilidade ao estresse entre o final de safra e o manejo, corroborando com a hipóteses de que nem todas as cultivares respondem favoravelmente a mudanças fenológicas.

No que se refere aos β -ácidos, observa-se um crescimento significativo em algumas cultivares (ex.: +1,48% em Triple Pearl), enquanto outras apresentaram queda. A literatura mostra que β -ácidos são menos sensíveis às condições climáticas extremas, mas podem aumentar em ambientes com boa umidade e manejos que prolongam a maturação, já que constituem reservas metabólicas secundárias estáveis (Forster *et al.*, 2021). O aumento de β -ácidos em Triple Pearl pode indicar um acúmulo de precursores resinosos devido à maturação mais lenta ou estresses leves que favorecem sua concentração; já a queda em Zeus (-0,45%) aponta possível degradação enzimática ou fotodegradação por exposição solar após o ponto ideal de colheita.

Assim, um momento de colheita cuidadosamente definido favorece a padronização do estádio fenológico. Conforme Hecht *et al.* (2004), cerca de 10% dos α -ácidos são sintetizados nas duas semanas anteriores à colheita, indicando que variações na data podem alterar significativamente os teores dos α -ácidos medidos. A diferença de dias entre cultivares (ex.: Chinook colhido em 10/1 vs. Comet em 11/1 e 31/1) reforça a importância da precisão para comparações. Portanto, os aumentos de α - e β -ácidos observados refletem tanto a interação genótipo \times safra, quanto a influência de clima, datas de colheita e maturidade fenológica, aspectos amplamente relatados na literatura.

19.6 Ácidos e massa seca de cones

Análise da massa seca dos cones colhidos nas parcelas revela grande variação entre cultivares, com Saaz (378,9 g) e Triple Pearl (329,0 g) apresentando os maiores valores, enquanto Chinook (19,96 g) e Cascade (23,49 g) registram os menores; no entanto, cultivares com maior massa seca não necessariamente exibem elevados teores de α - e β -ácidos. O resultado da cultivar Saaz é emblemático na primeira colheita, com $\alpha = 3,32\%$ (menor) e $\beta = 1,94\%$. Isso indica que a biomassa acumulada pode estar mais associada ao vigor vegetativo que à síntese de resinas lupulíneas, corroborando estudos que demonstram correlação negativa entre vigor e contenção de α - e β -ácidos (Mackinnon *et al.*, 2020). Cultivares ditas nobres, como Saaz, são reconhecidas por gerar cones volumosos e aromáticos, porém com menores α -ácidos (2-5 %) (Mcadam *et al.*, 2014). Os dados deste trabalho confirmam que Saaz apresentou um dos maiores pesos e ao mesmo tempo baixo teor de α -ácidos.

Ao contrário, cultivares de alto teor de α -ácidos (Comet: 6,39% na primeira; Chinook: 5,05 %) podem apresentar massas inferiores, como observado. Essas cultivares tendem a priorizar a biossíntese de resinas em detrimento do acúmulo de biomassa quantitativa. A

literatura sinaliza que α - e β -ácidos são positivamente correlacionados entre si, mas podem variar independentemente do rendimento de cones (Srećec *et al.*, 2009). Esses resultados também ressaltam que estratégias de cultivo para alta produtividade não garantem alto teor de α -ácidos. Para produtores de cervejas amargas, é mais eficiente optar por cultivares com menor massa seca, mas alto teor percentual de resina, como Chinook, Comet ou Zeus. Já para produção de aroma, cultivares volumosas, porém com menor teor de resina, como Saaz ou Triple Pearl, são adequadas. A seleção genética inercial entre crescimento vegetativo e composição química deve ser considerada no melhoramento, como abordado por estudos de correlação genética e avaliação de QTL (Mcadam *et al.*, 2014).

Este estudo demonstra que, em condições de cultivo na região do Triângulo Mineiro, as cultivares de lúpulo exibem desempenho agronômico e químico altamente variável entre genótipos e safras, com Saaz e Triple Pearl destacando-se na primeira colheita por maior vigor vegetativo e produtividade de cones, enquanto a segunda colheita mostrou menor plasticidade fenotípica entre cultivares; além disso, verificaram-se correlações fortes entre características biométricas (altura e diâmetro do caule) e massa de cones, diferenças significativas no teor de cinzas (Chinook/Triumph vs. Saaz), elevado conteúdo de carotenoides em Chinook e Comet, e variações em α e β -ácidos relacionados à interação genótipo \times safra e do momento de colheita. Esses dados reforçam que a seleção varietal no Brasil deve equilibrar rendimento de biomassa, composição química e objetivo final (aroma refinado ou amargor intenso) para otimizar a lupulicultura nacional.

19.7 Clorofitas

A quantificação das clorofitas A, B e total nos cones de lúpulo (*Humulus lupulus*) é essencial para avaliar a eficiência fotossintética, o estado nutricional e a qualidade geral da planta. Estudos recentes indicam que os níveis dessas clorofitas variam conforme o cultivar, a composição nutricional do solo e as práticas de manejo adotadas. Por exemplo, cones da variedade Marynka apresentaram maior conteúdo de clorofila total, enquanto a variedade Lubelski apresentou maior concentração de ácidos fenólicos (Kowalska; Kubisiak; Kubisiak, 2023).

Além disso, a avaliação do conteúdo de clorofila nos cones de lúpulo pode fornecer insights sobre o impacto de diferentes estratégias de fertilização. Por exemplo, tratamentos orgânicos foliares influenciam significativamente a concentração de clorofila nas folhas e cones, além de afetar a produção de ácidos amargos e o rendimento de óleos essenciais

(Splabor, 2023). Esses dados são cruciais para o desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis e para a melhoria da qualidade do lúpulo produzido.

A degradação de clorofila durante a secagem pós-colheita é um passo determinante para a qualidade sensorial do lúpulo. Se incompleta, a retenção de pigmentos pode conferir um perfil vegetal indesejado à cerveja. O controle preciso da temperatura no processo é vital, pois valores elevados podem desativar as enzimas degenerativas, fixando a cor verde e comprometendo o desenvolvimento do aroma e a estabilidade dos compostos de amargor (Kretser; Duarte, 2022).

O manejo agronômico, especialmente a fertilização nitrogenada, modula diretamente os teores de clorofila, que podem ser monitorados para avaliar a saúde da planta e a eficiência do uso de nutrientes. A análise do conteúdo pigmentar serve, assim, como um indicador para ajustar práticas de cultivo que visam otimizar o desenvolvimento da planta e, consequentemente, a qualidade química final dos cones (Dagostim, 2019; Rodolfi et al., 2021).

19.8 Pragas

Em relação às pragas encontradas durante o período de condução do experimento, as de maior significância para o desenvolvimento das plantas foram: abelha arapuá (*Trigona spinipes*), o nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex*.

O ataque de abelhas arapuás foi tão severo que afetou diretamente a produção de várias plantas sem distinção entre cultivares. O ataque consistia em cortes e raspagens da região do caule das plantas, em diferentes alturas, que levava ao impedimento do fluxo de seiva por romper os vasos e com isso a planta secava até a morte.

Observou-se também a ocorrência de nematoíde do gênero *Pratylenchus brachyurus* infestando o solo na área do experimento e infectando plantas.

As formigas cortadeiras do gênero *Atta* spp. e *Acromyrmex* spp. causaram desfolhas severas e até o corte total de algumas plantas na área do experimento. No entanto, as plantas foram capazes de se recuperar satisfatoriamente desses ataques e, ainda assim, produzirem bastante cones.

20 CONCLUSÕES

As cultivares Saaz e Triple Pearl destacam-se na primeira colheita, apresentando 30,7% mais altura e até 375% mais massa de cones.

Altura e diâmetro de caule correlacionam-se fortemente ($p \leq 0,01$) em ambas as colheitas, e a altura mostrou correlação moderada com massa de cones, enquanto massa fresca e seca apresentaram correlação muito forte ($r \geq 0,8$).

Chinook e Triumph exibem cerca de 6,6% de cinzas nos cones, contra 2,48% de Saaz, indicando maior teor mineral em Chinook/Triumph, mas maior eficiência de compostos ativos em Saaz por grama de cone.

Cultivares Chinook e Comet têm 53,5% mais carotenoides que as demais, reforçando seu potencial antioxidante e aplicação além da cerveja, em cosméticos e farmacêuticos.

Teores de α -ácidos subiram até 33% (Chinook) e de β -ácidos até 59% (Cascade) entre colheitas, essa variação sugere uma influência da interação genótipo \times safra e a importância da data de colheita para padronizar resinas.

Biomassa elevada (Saaz) não garante altos teores de α -ácidos. A escolha da cultivar deve alinhar rendimento de cones e perfil químico conforme o objetivo (aroma vs. amargor).

A ocorrência de abelhas arapuá interferem diretamente na altura de plantas e produção de cones.

O nematoide *Pratylenchus brachiurus* foi identificado parasitando raízes de lúpulo.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, S. *et al.* Nutrient deficiency stress and relation with plant growth and development. In: HASSAN, M. U.; RAZA, A.; REHMAN, S. U. (ed.). **Engineering tolerance in crop plants against abiotic stress**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2021. cap. 2, p. 1–24. *E-book*. DOI: 10.1201/9781003160717. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354228941_Nutrient_Deficiency_Stress_and_Relation_with_Plant_Growth_and_Development. Acesso em: 20 fev. 2025.
- ABRANTES, I. M. O.; FARIA, C. A. T.; SANTOS, M. S. N. A. Root-lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) in Portugal. **Nematologia Mediterranea**, [s.l.], v. 15, n. 2, p. 375–378, 1987. Disponível em: <https://journals.flvc.org/nemamedi/article/view/85639>. Acesso em: 22 jun. 2025.
- AFONSO, S.; ARROBAS, M.; RODRIGUES, M. Â. Soil and plant analyses to diagnose hop fields irregular growth. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [s.l.], v. 20, p. 1999–2013, 2020. DOI: 10.1007/s42729-020-00270-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-020-00270-6>. Acesso em: 18 fev. 2025.
- AGRO-LED: I Workshop Sobre Iluminação Artificial no Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), 2023. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/banco-de-noticias/agro-led-i-workshop-sobre-iluminacao-artificial-no-brasil>. Acesso em: 22 ago. 2025.
- AKYAZI, F.; FELEK, A. F.; ČERMÁK, V. First report of the hop cyst nematode *Heterodera humuli* Filipjev, 1934 from common nettle (*Urtica dioica* L.) in Turkey. **Plant Disease**, [s.l.], v. 103, n. 1, p. 161, 2019. DOI: 10.1094/PDIS-04-18-0634-PDN. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-04-18-0634-PDN>. Acesso em: 22 out. 2024.
- ALMAGUER, C. *et al.* *Humulus lupulus* – a story that begs to be told: a review. **Journal of the Institute of Brewing**, [s.l.], v. 120, n. 4, p. 289–314, 2014. DOI: 10.1002/jib.160. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jib.160>. Acesso em: 29 out. 2024.
- ALMEIDA, E. S. *et al.* Avaliação de fenóis totais e atividade antioxidante em água lupulada. **Revista de Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 15, n. FluxoCont, 2024. Disponível em: https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/pt_BR/article/view/15031. Acesso em: 24 out. 2024.
- ALMEIDA, A. R.; CONTO, L. C. Lúpulo no Brasil: uma cultura promissora em ascensão. **Food Science Today**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 1–6, 2024. DOI: 10.58951/fstoday.2024.001. Disponível em: <https://www.journals.royaldataset.com/fst/article/view/65>. Acesso em: 11 jan. 2025.
- ALVES, S. S. D. **Humulus lupulus L.**: aplicação cosmética de extratos obtidos de cones e partes vegetativas. 2020. 124 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Alimentar) – Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2020. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/23269>. Acesso em: 25 maio 2025.

APROLÚPULO. Lúpulo é incluído no programa Moderagro e ganha impulso para acelerar crescimento. A prolúpulo, 2023. Disponível em: <https://www.aprolupulo.com.br/noticia/lupulo-e-incluido-no-programa-moderagro-e-ganha-impulso-para-acelerar-crescimento>. Acesso em: 22 jun. 2025.

ARAÚJO, J. B.; SILVA, C. I.; NOGUEIRA-NETO, P. Comportamento de forrageamento de *Trigona spinipes* em flores de *Coffea arabica* L. e seus impactos na produção de café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 56, e02345, 2021. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.02345. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/3801>. Acesso em: 22 jan. 2025.

BACK, M. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management. **Plant Pathology**, [s.l.], v. 58, p. 1000, 2009. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2009.02097.x. Disponível em: <https://scispace.com/papers/pratylenchus-nematoda-pratylenchidae-diagnosis-biology-3d8hz35re8>. Acesso em: 22 jan. 2025.

BALBINOTTI DE FRANÇA, D. *et al.* Aspectos agronômicos e produtividade da cultura do lúpulo em função da suplementação luminosa. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, Ponta Grossa, 2023. **Anais Eletrônicos** [...] Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2023. Disponível em: <https://seisicite.com.br/storage/seisicite-trabalhos-finais/521-09067362fa9f88df1d01edadb33c499cde600e5e71dd2d39a29da3877573e59f.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2025.

BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. (ed.). **Handbook of plant nutrition**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.

BEER MAVERICK. Zeus Hops – substitution, flavor, aroma. Colorado, 2020. **Beer Maverick**. Disponível em: <https://beermaverick.com/hop/zeus/>. Acesso em: 24 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Anuário da Cerveja 2025 (ano-referência 2024)**. Brasília, DF: MAPA/Sindicerv, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/brasil-tem-mais-de-43-mil-cervejas-registradas/anuariodacerveja2025_.pdf. Acesso em: 22 abril 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lúpulo no Brasil: perspectivas e realidades**. Brasília: MAPA, Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo, 2022. 175 p. ISBN 978-65-86803-89-1.

BRITO, J. A. *et al.* First report of the root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) infecting hops (*Humulus lupulus*) in Florida, USA. **Journal of Nematology**, [s.l.], v. 50, n. 4, p. 543–544, 2018. DOI: 10.21307/jofnem-2018-040. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31094156/>. Acesso em: 08 jan. 2025.

BRYSON, G. M.; MILLS, H. A. **Plant Analysis Handbook III**: A guide to sampling, preparation, analysis, and interpretation for agronomic and horticultural crops. Boca Raton: Micro-Macro Publishing, 2014.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Projeto cria política agrícola para incentivar produção de lúpulo no país. Agência Câmara de Notícias, 2025. **Câmara dos deputados**. Disponível em:

<https://www.camara.leg.br/noticias/1135994-projeto-cria-politica-agricola-para-incentivar-producao-de-lupulo-no-pais>. Acesso em: 22 jun. 2025.

CARBONE, K.; GERVASI, F. An updated review of the Genus *Humulus*: a valuable source of bioactive compounds for health and disease prevention. *Plants*, [s.l.], v. 11, n. 24, p. 3434, 2022. DOI: 10.3390/plants11243434. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/24/3434>. Acesso em: 22 dez. 2024.

CHAMBERS, J. M.; CLEVELAND, W. S.; KLEINER, B.; TUKEY, P. A. **Graphical Methods for Data Analysis**. Belmont, CA, USA: Wadsworth and Brooks/Cole, 1983.

COLONNA, H. **Determinação da composição bromatológica das flores (cones) de lúpulo (*Humulus lupulus L.*) cultivadas no Espírito Santo**. 2023. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Venda Nova do Imigrante, Venda Nova do Imigrante, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/4371>. Acesso em: 28 maio 2025.

DAGOSTIM, M. D. **Crescimento do lúpulo (*Humulus lupulus L.*) em função da adubação nitrogenada e da aplicação de bioestimulante**. 2019. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2019. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1470/Disserta_o_Marcelo_Dalpiaz_Dagostim_2_15693552321955_1470.pdf. Acesso em: 28 fev. 2025.

DANILOVA, Y. S. **Bio-ecological justification of control measures of hop against hop cyst nematode, *Heterodera humuli* Filipjev, 1934**. 1996. 22 f. Tese (Doutorado) - Academia de Agricultura Timiryazev (TSKhA), Moscou, 1996.

DARLING, E. L. *et al.* The hop cyst nematode, *Heterodera humuli*: history, distribution, and impact on global hop production. *Phytopathology*, St. Paul, MN, v. 113, n. 2, p. 142-149, 2023. DOI: 10.1094/PHYTO-04-22-0121-RVW. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PHYTO-04-22-0121-RVW>. Acesso em: 15 fev. 2025.

DARLING, E. *et al.* First report of the hop cyst nematode, *Heterodera humuli*, in two counties of the Yakima Valley region, WA, USA. *Plant Disease*, St. Paul, MN, v. 104, p. 2740, 2020. DOI: 10.1094/PDIS-08-20-1769-PDN. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-08-20-1769-PDN>. Acesso em: 08 jan. 2025.

DECRAEMER, W.; HUNT, D. J. Structure and classification. In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (ed.). **Plant Nematology**. Wallingford, [s.l.], 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1854/LU-1148336>. Acesso em: 04 abr. 2025.

DEGRISSE, A.; GILLARD, C. *Heterodera humuli* Filipjev, a parasite of hops. *Nematologica*, Leiden, NL, v. 8, n. 1, p. 81-88, 1963. DOI: <https://doi.org/10.1163/187529263X00106>. Disponível em: https://brill.com/view/journals/nema/9/1/article-p41_10.xml. Acesso em: 06 abr. 2025.

DELLABIGLIA, W. J. *et al.* Avaliação de parâmetros agrometeorológicos para cultura do lúpulo (*Humulus lupulus L.*) em ambiente protegido. *Nativa*, Sinop, v. 13, n. 1, p. 70-79,

2025. DOI: 10.31413/nat.v13i1.17463. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/17463>. Acesso em: 22 abr. 2025.

DIAS, J. M. S. Produtores rurais conhecem produção de lúpulo no Distrito Federal. **Agência Brasília**, Brasília, DF, 26 jan. 2024. Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2024/01/26/produtores-rurais-conhecem-producao-de-lupulo-no-distrito-federal/>. Acesso em: 22 maio 2025.

DOBIS, E. A.; REID, N.; SCHMIDT, C.; GOETZ, S. J. The role of craft breweries in expanding (local) hop production. **Journal of Wine Economics**, [s.l.], v. 14, n. 4, p. 374-382, 2019. DOI: 10.1017/jwe.2019.17 DOI: <https://doi.org/10.1017/jwe.2019.17>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-wine-economics/article/abs/role-of-craft-breweries-in-expanding-local-hop-production/C74010344FE5358640B167B9337300F8>. Acesso em: 22 abr. 2025.

DUARTE, L. M. *et al.* Determination of α - and β -acids in hops by liquid chromatography or electromigration techniques: A critical review. **Food Chemistry**, Amsterdam, NL, v. 397, 133671, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.133671. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814622016338>. Acesso em: 27 abr. 2025.

EDWARDSON, E. E. **Soil organic matter**. New York: John Wiley & Sons, 1958.

EGTS, H.; DURBEN, D. J.; DIXSON, J. A.; ZEHFUS, M. H. A multicomponent UV analysis of α - and β -acids in hops. **Journal of Chemical Education**, Washington, DC, v. 89, n. 1, p. 117-120, 2012. DOI: 10.1021/ed1010536. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed1010536>. Acesso em: 18 fev. 2025.

EMBRAPA. **Embrapa oferece curso gratuito sobre produção de lúpulo**. Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cultivos/busca-de-noticias/noticia/95045849/embrapa-oferece-curso-gratuito-sobre-producao-de-lupulo>. Acesso em: 25 maio 2025.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2. ed. Sinauer Associates, 2005.

FAGHERAZZI, M. M. *et al.* Climatological conditions of the southern Santa Catarina state highlands for hop production. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 70, n. 4, p. 352-361, 2023. DOI: 10.1590/0034-737X202370040001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/mrQn4H6tbHTrYBs3GcTkyz>. Acesso em: 22 fev. 2025.

FANDIÑO, M.; SCHMIDHALTER, U.; HÄRTER, T. Assessing and modelling water use and the partition of evapotranspiration of irrigated hop (*Humulus lupulus*), and relations of transpiration with hops yield and alpha-acids. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, NL, v. 77, p. 204–217, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.08.042>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669015303435>. Acesso em: 22 maio 2025.

FERNANDEZ, P. S. C. **Ácaros e insetos associados a diferentes variedades de lúpulo em quatro municípios do Estado do Rio de Janeiro.** 2020. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica, Seropédica, 2020. Disponível em: <https://tede.ufrrj.br/jspui/handle/jspui/5656>. Acesso em: 25 maio 2025.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de Plantas:** Fundamentos e Importância. Manaus: Norma, 2016. *E-book*. Disponível em: <http://docentes.esalq.usp.br/sbn/ferbro/FerrazBrown2016.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2025.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA, J. A., Jr. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Recife, PE, v. 18, p. 1-33, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politicahoje/article/view/3862>. Acesso em: 25 maio 2025.

FONTANA, D. C. *et al.* C. Endophytic fungi: biological control and induced resistance to phytopathogens and abiotic stresses. **Pathogens**, v. 10, n. 5, p. 570, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens10050570>.

FOOT, M. A.; WOOD, F. H. Potato rot nematode, *Ditylenchus destructor* (Nematoda: Tylenchida), infecting hops in New Zealand. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, Wellington, NZ, v. 10, p. 443-446, 1982. DOI: 10.1080/03015521.1982.10427916. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03015521.1982.10427916>. Acesso em: 22 abr. 2025.

FORSTER, A.; GAHR, A.; SCHÜLL, F.; BERTAZZONI, J. The impact of climatic conditions on the biogenesis of various compounds in hop. **Brewing Science**, Freising, DE, v. 74, p. 160, 2021. DOI: 10.23763/BrSc21-17gahr. Disponível em: <https://brewingscience.de/index.php/brewingscience/article/view/181>. Acesso em: 09 abr. 2025.

FORTUNA, G. C. *et al.* Desempenho agronômico de variedades de *Humulus lupulus* L. cultivadas em sistema orgânico e convencional no centro-oeste paulista, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 53, n. 8, e20210704, 2023. DOI: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210704>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/wJWxMPpMpbX838b97J9r4qG>. Acesso em: 13 maio 2025.

GENT, D. H.; SIRRINE, J. R.; DARBY, H. M. Nutrient management and imbalances. In: O'NEAL, S. D.; WALSH, D. B.; GENT, D. H. (ed.). **Field guide for integrated pest management in hops**. 3. ed. Pullman, WA: Hop Industry Plant Protection Committee, 2015. p. 98-100.

GINGRICH, C.; HART, J.; CHRISTENSEN, N. **Fertilizer guide:** Hops. Oregon State University Extension Service. Corvallis, OR, 2024. Disponível em: <https://extension.oregonstate.edu/catalog/pub/fg-79-hops-fertilizer-guide>. Acesso em: 22 jun. 2025.

GINGRICH, G. A.; HART, J. M.; CHRISTENSEN, N. W. **Hops**. Corvallis: Oregon State University Extension Service, 2000. 79 p. Disponível em:

https://ir.library.oregonstate.edu/concern/administrative_report_or_publications/0g354f82. Acesso em: 22 jun. 2025.

GONSAGA, R. F.; COSTA, L.; SILVA, J.; **Desenvolvimento de híbridos de lúpulo (*Humulus lupulus L.*) adaptados ao clima tropical.** Auxílio à Pesquisa – Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE), 2023. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/113969/desenvolvimento-de-hibridos-de-lupulo-humulus-lupulus-l-adaptados-ao-clima-tropical/>. Acesso em: 22 maio. 2025.

GONSAGA, R. F. *et al.* First report of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, infecting hops, *Humulus lupulus*, in São Paulo, Brazil. **Journal of Nematology**, [s.l.], v. 53, e2021-08, 2021. DOI: 10.21307/jofnem-2021-008. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8039994/>. Acesso em: 16 nov. 2024.

GUIMARÃES, J. J. **Comportamento agronômico do lúpulo (*Humulus lupulus L.*) em cultivo protegido submetido a irrigações com diferentes faixas de pH da água na região de Botucatu-SP.** 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/192238>. Acesso em: 25 maio 2025.

HABERMANN, E. *et al.* Balancing trade-offs: Enhanced carbon assimilation and productivity with reduced nutritional value in a well-watered C4 pasture under a warmer climate and high CO₂. **Frontiers in Plant Science**, [s.l.], v. 13, p. 1033953, 04 dezembro 2022. DOI: 10.3389/fpls.2022.1033953. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.1033953/full>. Acesso em: 06 jan. 2025.

HAFEZ, S. L.; GOLDEN, A. M.; RASHID, F.; HANDOO, Z. A. Plant-parasitic nematodes associated with crops in Idaho and Eastern Oregon. **Nematropica**, [s.l.], v. 22, n. 2, p. 193-204, dezembro 1992. Disponível em: <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/64042>. Acesso em: 27 jun. 2025.

HAVLIN, J. L. *et al.* **Soil Fertility and Fertilizers:** an introduction to nutrient management. 8. ed. Pearson, 2013. Upper Saddle River, NJ: Pearson Higher Education.

HECHT, S. *et al.* Biosynthetic experiments with tall plants under field conditions. ¹⁸O₂ incorporation into humulone from *Humulus lupulus*. **Phytochemistry**, [s.l.], v. 65, p. 1057-1060, 2004. DOI: 10.1016/j.phytochem.2003.08.026. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942204000913>. Acesso em: 13 nov. 2024.

HRŽIĆ, A. Cyst-forming nematodes in the arable land of Slovenia (Cistotvorne nematode obdelovalne zemlje Slovenije). **Zaštita bilja**, v. 37, p. 187-191, 1986.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). BR. Tabela de Dados das Estações. Brasília, DF. 2025. **INMET**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 28 abr. 2025.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. (BR). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed., 1. ed. digital. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008. 1020 p. Disponível em:

https://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 27 maio 2025.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA (BR). **Brasil se prepara para expandir cultivo de lúpulo**, 2021. Disponível em: <https://iica.int/pt/prensa/noticias/brasil-se-prepara-para-expandir-cultivo-de-lupulo>. Acesso em: 23 maio 2025.

INTERNATIONAL HOP GROWERS' CONVENTION. **Economic Commission – Summary Reports**: freising, Germany, April 26, 2019. Freising: IHGC, 2019. Disponível em: https://www.hmelj-giz.si/ihgc/doc/2019%20APR%20IHGC%20EC%20Report_final.pdf. Acesso em: 27 maio 2025.

JAIN, A. *et al.* Geographic range extension of hop cyst nematode, *Heterodera humuli*, from Tasmania to the Australian mainland. **Australasian Plant Disease Notes**, [s.l.] v. 18, n. 1, p. 8, 10 março 2023. DOI: 10.1007/s13314-023-00494-2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13314-023-00494-2>. Acesso em: 13 nov. 2024.

JONES, M. G. K.; FOSU-NYARKO, J. Molecular biology of root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) and their interaction with host plants. **Annals of Applied Biology**, [s.l.] v. 164, p. 163-181, 2014. DOI: 10.1111/aab.12105. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/aab.12105>. Acesso em: 11 nov. 2024.

KATALAN-GATEVA, Sh.; KONSTANTINOVA-MILKOVA, M. Two species of parasitic nematodes on hop in Bulgaria. **Godishnik na Sofiiskiya universitet, Biologicheski fakultet, Zoologiya**, v. 68, p. 49-56, 1975.

KOWALSKA, H.; KUBISIAK, A.; KUBISIAK, M. Comparative quantitative study on phytochemical contents of hops (*Humulus lupulus L.*). **Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering**, [s.l.] v. 68, n. 2, p. 95–100, 2023. Disponível em: <https://bibliotekanauki.pl/articles/1685740>. Acesso em: 22 ago. 2024.

KRETSER, S. G.; DUARTE, T. de O. **Lúpulo no Brasil**: perspectivas e realidade. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2022.

KROFTA, K.; NESVADBA, V. **Evaluation of hop quality**: Methodology for practice 4/2008. Žatec: Hop Research Institute, 2008. Disponível em: https://invenio.nusl.cz/record/170477/files/nusl-170477_1.pdf. Acesso em: 30 maio 2025.

LAMAS BREW SHOP. Pragas do Lúpulo – como cuidar da sua planta. **Blog Lamas Brew Shop**, Belo Horizonte, 7 dez. 2020. Disponível em: <https://blog.lamasbrewshop.com.br/2020/12/pragas-do-lupulo-como-cuidar-da-sua-planta.html>. Acesso em: 27 maio 2025.

LANDI, S.; *et al.* Communities of plant parasitic and free-living nematodes in Italian hop crops. **Redia – Journal of Zoology**, [s.l.] v. 102, p. 141–148, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19263/REDIA-102.19.20>. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Silvia-Landi-3/publication/337943489_COMMUNITIES_OF_PLANT_PARASITIC_AND_FREE-LIVING_NEMATODES_IN_ITALIAN_HOP_CROPS/links/5e1c6c194585159aa4cc7de9/C

OMMUNITIES-OF-PLANT-PARASITIC-AND-FREE-LIVING-NEMATODES-IN-ITALIAN-HOP-CROPS.pdf. Acesso em: 04 ago. 2024.

LELES, N. R. *et al.* Desempenho de cultivares de lúpulo (*Humulus lupulus L.*) sob o sistema de dupla safra anual sob suplementação artificial de luz em clima subtropical. **Semina: Ciências Agrárias** [s.l.], v. 45, n. 6, p. 1833-1850, 2024. DOI: 10.5433/1679-0359.2024v45n6p1833. Disponível em: <https://www.ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/51322>. Acesso em 25 jan. 2025.

LELES, N. R. *et al.* Performance of Hop Cultivars Grown with Artificial Lighting under Subtropical Conditions. **Plants**, [s.l.], v. 12, n. 10, p. 1971, 2023. DOI: 10.3390/plants12101971. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/10/1971>. Acesso em: 23 out. 2024.

LILAY, G. H. *et al.* Linking the key physiological functions of essential micronutrients to their deficiency symptoms in plants. **New Phytologist**, [s.l.] v. 242, n. 3, p. 881-902, 03 março 2024. DOI: 10.1111/nph.19645. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.19645>. Acesso em: 06 jan. 2025.

LÍŠKOVÁ, M.; RENČO, M. Communities of free living and plant parasitic nematodes in hop gardens in Slovakia. **Helminthologia**, [s.l.] v. 44, n. 2, p. 80-86, junho 2007. DOI: 10.2478/s11687-007-0008-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.2478/s11687-007-0008-6>. Acesso em: 03 jun. 2025.

MACKINNON, D. *et al.* The impact of weather conditions on alpha-acid content in hop (*Humulus lupulus L.*) cv. Aurora. **Plant, Soil and Environment**, [s.l.] v. 66, n. 10, p. 519–525, 2020. Disponível em: https://pse.agriculturejournals.cz/artkey/pse-202010-0006_the-impact-of-weather-conditions-on-alpha-acid-content-in-hop-humulus-lupulus-l-cv-aurora.php. Acesso em: 24 jun. 2025.

MAGGENTI, A. R. Hot water treatment of hop rhizomes for nematode control. **California Agriculture**, v. 16, p. 11-12, out. 1962. Disponível em: <https://californiaagriculture.org/api/v1/articles/113188-hot-water-treatment-of-hop-rhizomes-for-nematode-control.pdf>. Acesso em: 22 out. 2024.

MAHAFFEE, W. F.; PETHYBRIDGE, S. J.; GENT, D. H. **Compendium of hop diseases and pests**. St. Paul, MN: APS Press, 2009. 93 p.

MALAN, A. P.; PIETERSE, W. P.; BRITS, G. J. Plant-parasitic nematodes associated with hops (*Humulus lupulus L.*) in South Africa. **Phytophylactica**, [s.l.] v. 23, n. 2, p. 173-175, 1991. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Antoinette-Malan/publication/377355921_PLANT_PARASITIC_NEMATODES_ASSOCIATED_WITH_HOPS_HUMULUS_LUPULUSL_IN_SOUTH_AFRICA/links/65a14acf77ed940477366de/PLANT-PARASITIC-NEMATODES-ASSOCIATED-WITH-HOPS-HUMULUS-LUPULUSL-IN-SOUTH-AFRICA.pdf. Acesso em: 30 jan. 2025.

MALEITA, C.; ESTEVES, I.; CIANCIO, A.; OKA, Y. Editorial: Sustainable strategies for the management of phytoparasitic nematodes. **Frontiers in Plant Science**, [s.l.] v. 14, 2023.

DOI: 10.3389/fpls.2023.1148261. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1148261/full>. Acesso em: 14 fev. 2025.

MARCUSSO, E. F. Os primórdios do lúpulo no Brasil: a trajetória alcoólica brasileira até o domínio cervejeiro e a introdução do lúpulo. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**, [s.l.] v. 183, n. 488, p. 233-264, 2022. DOI: 10.23927/issn.2526-1347.RIHGB.2022(488):233-264. Disponível em: <https://rihgb.emnuvens.com.br/revista/article/view/43>. Acesso em: 27 mar. 2025

MARCHESAN, T. A. **Potencial químico e tecnológico do lúpulo brasileiro**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/23004>. Acesso em: 28 abr. 2025.

MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. Australia, 3. ed. Academic Press, 2012. DOI: 10.1016/C2009-0-63043-9. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=yqKV3USG41cC&oi=fnd&pg=PP1&dq=MARSCHNER,+P.+Marschner%E2%80%99s+Mineral+Nutrition+of+Higher+Plants.+3.+ed.+Academic+Press,+2012.+&ots=Vd8EV3tXCl&sig=lhVmL3ZOKCcRbEl-we7BNw914U&redir_esc=y#v=onepage&q=MARSCHNER%2C%20P.%20Marschner%20%80%99s%20Mineral%20Nutrition%20of%20Higher%20Plants.%203.%20ed.%20Academic%20Press%2C%202012.&f=false. Acesso em: 16 mar. 2025.

MCADAM, E. L.; VAILLANCOURT, R. E.; KOUTOULIS, A.; WHITTOCK, S. P. Quantitative genetic parameters for yield, plant growth and cone chemical traits in hop (*Humulus lupulus* L.). **BMC Genetics**, [s.l.], v. 15, p. 22, 13 fevereiro 2014. DOI: 10.1186/1471-2156-15-22. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/1471-2156-15-22>. Acesso em: 09 dez. 2024.

MENDES, P. C; QUEIROZ, A. T. Caracterização climática do município de Ituiutaba-MG. In: PORTUGUÊS, A. P.; MOURA, G.; COSTA, R. A. (ed). **Geografia do Brasil central**. Uberlândia: Assis, 2011.

MENEZES, G. B. *et al.* Nitrogênio foliar e SPAD em função dos manejos orgânico e convencional na variedade Hallertau Mittelfrueh. In: ENBRALÚPULO - ENCONTRO BRASILEIRO DE PESQUISADORES E PRODUTORES DE LÚPULO, 2022, Botucatu. **Anais[...]** Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas,UNESP, 2022. ISBN 978-65-5941-553-3. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/adicbdpepdli2022/461458>. Acesso em: 22 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA); Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja. **Anuário da Cerveja 2024**. Brasília: MAPA/Sindicerv, 2024. Disponível em: <https://sindicerv.com.br/anuario-da-cerveja-2024/>. Acesso em: 18 fev. 2025.

MORISON, J. I. L.; LAWLOR, D. W. Interactions between increasing CO₂ concentration and temperature on plant growth. **Plant, Cell and Environment**, [s.l.] v. 22, n. 6, p. 659-682, 1999. DOI: 10.1046/j.1365-3040.1999.00443.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-3040.1999.00443.x>. Acesso em: 13 jan. 2025.

MOZZON, M.; FOLIGNI, R.; MANNOZZI, C. Brewing quality of hop varieties cultivated in Central Italy based on multivolatile fingerprinting and bitter acid content. **Foods**, [s.l.] v. 9, n. 5, p. 541, 2020. DOI: 10.3390/foods9050541. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/5/541>. Acesso em: 30 jan. 2025.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, [s.l.], v. 39, p. 925–928, 1992. DOI: <https://doi.org/10.3136/nskkk1962.39.925>. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/nskkk1962/39/10/39_10_925/_article. Acesso em: 22 fev. 2025.

NAVA, G. I. Manejo nutricional do lúpulo. In: REBOUÇAS, G. E.; LOPES, C. E.; SANTOS, G. (eds.). **Tecnologia e inovação no cultivo do lúpulo no Brasil**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2023. p. 115–132.

NESVADBA, V.; CHARVÁTOVÁ, J.; OLŠOVSKÁ, J.; TRNKOVÁ, S. Evaluation of variability in alpha and beta acid content in European hop varieties (*Humulus lupulus L.*). **Kvasný průmysl**, [s.l.], v. 70, p. 919-926, 2024. DOI: 10.18832/kp2024.70.919. Disponível em: <https://www.kvasnyprumysl.eu/index.php/kp/article/view/313>. Acesso em: 19 mar. 2025.

NEVE, C. Managing soil for sustainable agriculture. In: BALDOCK, D. (ed.). **The future of agriculture in Europe**: the role of the environmental component. London: Institute for European Environmental Policy, 1991.

NEVE, R. A. **Hops**. Dordrecht: Springer, [s.l.], 1991. DOI: 10.1007/978-94-011-3106-3. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=_H1yBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=DOI:+10.1007/978-94-011-3106-3&ots=OcXCYG8Fki&sig=J_iEPy_Xo9yoaAZFGRpKPxe2EZA&redir_esc=y#v=onepage&q=DOI%3A%2010.1007%2F978-94-011-3106-3&f=false. Acesso em: 26 fev. 2025.

NÚÑEZ RODRÍGUEZ, L. A. *et al.* Occurrence of plant-parasitic nematodes in Pacific Northwest hopyards. **Plant Health Progress**, [s.l.], v. 26, n. 1, p. 1-7, 2025. DOI: 10.1094/PHP-01-25-0011-RS. Disponível em: Acesso em:

OLIVEIRA, M. V. R. **Crescimento do lúpulo influenciado por calagem e fornecimento de fósforo**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, UDESC, Lages, 2016. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1467/Disserta_o_final__pronta_para_entregar__4_1569354083622_1467.pdf. Acesso em: 25 maio 2025.

OLIVEIRA, J. R. de; SILVA, R. da; RADI, L. S.; BORSATO, V. da A. A participação das massas de ar no Brasil nos meses de janeiro e julho do ano de 2017. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, Maringá. **Anais Eletrônicos** [...] Maringá: Universidade Cesumar – UNICESUMAR, 2019. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/3448>. Acesso em: 24 abr. 2025.

OLŠOVSKÁ, J. *et al.* The comparison and brewing value of Saaz hop pedigree. **Beverages**, [s.l.], v. 10, n. 4, p. 101, 24 abr. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages10040101>. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/385150740_The_Comparison_and_Brewing_Value_of_Saaz_Hop_Pedigree. Acesso em: 22 jun. 2025.

OZA, E. F. *et al.* First Report of *Meloidogyne Morocciensis* Infecting Hops (*Humulus Lupulus*). **Journal of Nematology**, [s.l.] v. 54, n. 1, p. 1779, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35860507/> Acesso em: 10 maio 2025.

PAVAN, B. Cervejarias impulsionam produção de lúpulo no Brasil, mas volume atende só 1 % da demanda. **Dinheiro Rural**, [s.l.], 16 jun. 2024. Disponível em: <https://dinheirorural.com.br/cervejarias-impulsionam-producao-de-lupulo-no-brasil-mas-volume-atende-so-1-da-demanda/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

PELERENTS, C.; HEUNGENS, A.; DEJONCKHEERE, W.; BARBEZ, D. Control of nematodes in hops. **Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent**, [s.l.], v. 48, n. 1, p. 75-77, 1983.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística Aplicada a Experimentos Agronômicos e Florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002.

PINHEIRO, I. Produção de lúpulo no Brasil cresce e compete com qualidade internacional. **Revista Cultivar**, [s.l.], 2023. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/index.php/noticias/producao-de-lupulo-no-brasil-cresce-e-compete-com-qualidade-internacional>. Acesso em: 22 jun. 2025.

RAHR BREWING SUPPLY GROUP. (USA). **USA Triumph**. Shakopee, MN: RahrBSG, 2019. Disponível em: <https://rahrbsg.com/triumph/>. Acesso em: 22 maio 2025.

RENČO, M.; ČERMÁK, V.; GAAR, V. Vertical distribution of hop cyst nematode in hop gardens in Central Europe. **Journal of Nematology**, [s.l.] v. 43, n. 3-4, p. 220-222, 2011. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3547348/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

RICCIONI, C.; BELFIORI, B.; CENCI, M.; RUBINI, A. Exploring Endophytic Fungi from *Humulus lupulus* L. for Biocontrol of Phytopathogenic Fungi. **Diversity**, [s.l.] v. 17, n. 2, p. 94, 2025. DOI: 10.3390/d17020094. Disponível em: <https://doaj.org/article/cfc9c43d7765452bb1badd57ad24e6e9>. Acesso em: 17 fev. 2025.

ROBERTO, S. R. *et al.* *Development of hop cultivation in new growing areas*: The state of the art and the way forward. **Scientia Horticulturae**, [s.l.] v. 340, 113715, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113715>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/384053225_Development_of_hop_cultivation_in_new_growing_areas_The_state_of_the_art_and_the_way_forward. Acesso em: 17 mar. 2025.

RODOLFI, M. *et al.* The Effect of Different Organic Foliar Fertilization on Physiological and Chemical Characters in Hop (*Humulus lupulus* L., cv Cascade) Leaves and Cones. **Plants**, [s.l.] v. 10, n. 7, p. 1447, 2021. DOI: 10.3390/plants10071447. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/15/6778>. Acesso em: 18 fev. 2025.

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, [s.l.] v. 11, n. 6, p. 484, 2021. DOI: 10.3390/agriculture11060484. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/6/484>. Acesso em: 22 set. 2024.

SANTOS, F. C.; SANTOS JÚNIOR, C. F.; CABONARI, L. T.; SANTOS, M. Conjuntura atual e perspectivas para o melhoramento genético de lúpulo (*Humulus lupulus L.*) no Brasil. **Atena Editora**, [s.l.] 2022. DOI: 10.22533/at.ed.52220031210. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/conjuntura-atual-e-perspectivas-para-o-melhoramento-genetico-de-lupulo-humulus-lupulus-l-no-brasil>. Acesso em: 09 out. 2024.

SANTOS, H. G. dos *et al.* Sistema brasileiro de classificação de solos. 6. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: **Embrapa**, 2025. 412 p. Disponível em: <https://biblioteca.geografia.blog.br/2025/07/sbcse2025.html>. Acesso em: 4 ago. 2025.

SANTOS, L. S. M. **Suscetibilidade ou resistência de cultivares de lúpulo a *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita***. 2023. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agronômica) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/231350>. Acesso em: 4 maio 2025.

SANTOS, M. dos. *et al.* Performance and variability for agronomic characteristics and brewing interest of hop genotypes in the Planalto Catarinense. **Ciência Rural**, [s.l.] v. 55, n. 2, 2025. DOI: 10.1590/0103-8478cr20230584. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/VVndBgp7H3mwPFCQKCnWWWJ>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SCHUHLI, G. S.; CAMARGO, R. C. R.; SILVA, D. A. T.; ZANELLA, F. C. V. Suspeções de dano da abelha *Trigona spinipes* ao pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). **Colombo: Embrapa Florestas**, 2023. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 491). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1159564/1/EmbrapaFlorestas-2023-ComunicadoTecnico491.pdf>. Acesso em: 27 maio 2025.

SEIFERT, M.; ROST, B.; TRIMBORN, S.; HAUCK, J. Impacts of cover cropping on soil properties: a global meta-analysis. **Global Change Biology**, [s.l.] v. 27, n. 4, p. 770–785, 2021. doi/full/10.1111/gcb.15341. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com>. Acesso em: 27 maio 2025.

SPLABOR. Teor de cinzas: entendendo sua importância. SP Labor Equipamentos e Acessórios para Laboratórios [s.l.] 2023. Disponível em: <https://www.splabor.com.br/blog/equipamentos-para-laboratorio/teor-de-cinzas-entendendo-sua-importancia>. Acesso em: 22 ago. 2025.

TONINATO, B. O.; CALANDRELLI, A.; FONTANA, L. F.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Nematicidal potential of hop (*Humulus lupulus L.*) extracts against *Meloidogyne incognita*. **Journal of Agricultural Science**, [s.l.] v. 16, n. 3, p. 1-10, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/384657382_Aqueous_extract_of_spent_hops_suppresses_root-knot_nematode_and_enhances_soil_biological_activity. Acesso em: 20 maio 2025.

SPÓSITO, M. B.; ISMAEL, R. V.; BARBOSA, C. M. A.; TAGLIAFERRO, A. L. A cultura do lúpulo. **Série Produtor Rural**, Piracicaba, n. 68, 81 p., 2019. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/334672293_A_Cultura_do_Lupulo. Acesso em: 22 maio 2025.

SREČEC, S. *et al.* Influence of climatic conditions on accumulation of α -acids in hop cones. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, [s.l.], v. 73, n. 3, p. 161–166, 2008. Disponível em: <https://acs.agr.hr/acs/index.php/acs/article/view/38>. Acesso em: 24 jun. 2025.

STEVENS, J. F.; PAGE, J. E. Xanthohumol and related prenylflavonoids from hops and beer: To your good health! **Phytochemistry**, [s.l.], v. 65, n. 10, p. 1317-1330, 2004. DOI: 10.1016/j.phytochem.2004.04.025. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15231405/>. Acesso em: 19 jun. 2025.

STIRLING, G. R. The impact of plant-parasitic nematodes on agriculture in developed and developing countries. In: STIRLING, G. R. (ed.). **Biological control of plant-parasitic nematodes**: soil ecosystem management in sustainable agriculture. Wallingford: CAB International, 2014. p. 1-56. DOI: 10.1079/9781780644158.0000. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=q_6dAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=STIRLING,+G.+R.+The+impact+of+plant-parasitic+nematodes+on+agriculture+in+developed+and+developing+countries.&ots=vBkQ_SXjf_&sig=l8oc7XEzS_qB5TWypr7UR5cdtgM#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 13 set. 2024.

STONE, A. R.; ROWE, J. A. *Heterodera humuli*. St. Albans, Herts., England: **Commonwealth Institute of Helminthology**, 1977. (C.I.H. Descriptions of Plant-Parasitic Nematodes, Set 7, No. 105).

TONINATO, B. O.; CALANDRELLI, A.; FONTANA, L. F.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Aqueous extract of spent hops suppresses root-knot nematode and enhances soil biological activity. **Horticultura Brasileira**, [s.l.] v. 42, 2024. DOI: 10.1590/s0102-0536-2024-e282871. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/XRT3rZx7DSzkYCfgDnXbXGd>. Acesso em: 18 jun. 2025.

WATSON, T. T.; SUAREZ, M.; DENG, Z.; DESAEGER, J. A. Plant-parasitic nematodes associated with the root zone of hop cultivars planted in a Florida field soil. **Journal of Nematology**, [s.l.] v. 52, p. 1-10, 2020. DOI: 10.21307/jofnem-2020-040. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7266045/>. Acesso em: 28 nov. 2024.

WEATHER SPARK (BR). Clima característico em Campina Verde, Minas Gerais, Brasil, durante o ano. Brasil, 2025. **WEATHER SPARK**. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29958/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Campina-Verde-Minas-Gerais-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 24 set. 2025.

WEISCHER, B.; BROWN, D. J. F. **Conhecendo os nematoides**: nematologia geral. Sofia: Pensoft Publishers, 2001. 209 p.

WOODSKE, D. **Hop Variety Handbook**: Learn More About Hops...Create Better Beer. North Charleston, SC: CreateSpace, 2012.

ZHANG, H.; ZHENG-LI, L. Histological studies on the root-knot nematodes nonresistant and resistant root apex of *Humulus lupulus* L. **Acta Botanica Sinica**, [s.l.] v. 31, n. 8, p. 576-580, 1989. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19912309699>
Acesso em: 22 jun. 2025.