

AMANDA MARIA DE ALMEIDA SILVA

**ASPECTOS AGROCLIMATOLÓGICOS DA CULTURA DO LÚPULO NO ESTADO
DE SÃO PAULO**

Botucatu

2024

AMANDA MARIA DE ALMEIDA SILVA

**ASPECTOS AGROCLIMATOLÓGICOS DA CULTURA DO LÚPULO NO ESTADO
DE SÃO PAULO**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP -
Câmpus de Botucatu, para obtenção do
título de Doutor em Agronomia (Irrigação e
Drenagem).

Orientadora: Valéria C. Rodrigues
Sarnighausen

Botucatu

2024

S586a

Silva, Amanda Maria de Almeida

Aspéctos agroclimatológicos da cultura do lúpulo no Estado de São Paulo / Amanda Maria de Almeida Silva. -- Botucatu, 2024

134 p. : il., tabs., fotos, mapas

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

Orientadora: Valéria Cristina Rodrigues Sarnighausen

1. Agroclimatologia. 2. Humulus Lupulus. 3. Fotoperíodo. 4.
Balanço hídrico. 5. Cerveja. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

ASPECTOS AGROCLIMATOLÓGICOS DA CULTURA DO LÚPULO NO ESTADO DE SÃO PAULO

AUTORA: AMANDA MARIA DE ALMEIDA SILVA

ORIENTADORA: VALERIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN

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

Prof.^a Dr.^a VALERIA CRISTINA RODRIGUES SARNIGHAUSEN (Participação Presencial)
Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP

Dr.^a FRANCIELLY GUIEIRO GOMES DE SOUSA (Participação Virtual)
Coordenação de Ensino Técnico / Escola Estadual Almeida Sardinha

Prof.^a Dr.^a POLIANA ROCHA D'ALMEIDA MOTA (Participação Virtual)
Engenharia Agrícola e Solos / Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. PAULO ANDRÉ DE OLIVEIRA (Participação Presencial)
Agronegócio / Faculdade de Tecnologia de Botucatu

Prof. Dr. ALEXANDRE DAL PAI (Participação Presencial)
Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agrômicas - Unesp

Botucatu, 21 de fevereiro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Enfrentar o desafio de revisitar todo o percurso vivenciado ao longo dos anos em que estive morando em Botucatu-SP e integrei esta estimada instituição que generosamente me acolheu, assim como recordar os professores e colaboradores com os quais tive o privilégio de conhecer, representou uma tarefa tão significativa quanto a elaboração desta tese. Portanto, manifesto aqui, por meio de palavras sinceras, um breve reflexo da magnitude que elas possuem nesta conquista, expressando minha sincera gratidão.

Primeiramente, agradeço a Deus por me fortalecer nos momentos em que considerei desistir, por ter colocado em meu caminho pessoas que me auxiliaram e apoiaram quando mais necessitei. Expresso também minha profunda gratidão pela constante intercessão de Nossa Senhora em meu favor.

Agradeço imensamente ao meu marido, Diego Henrique, por ser um suporte fundamental em minha jornada, mantendo-me protegida e cuidando tanto de mim quanto de nossos filhos, possibilitando assim que eu concluísse meus estudos. Sua dedicação, palavras de incentivo e apoio em viver e alcançar meus sonhos são inestimáveis. Essa conquista também é sua!

Aos meus filhos, Miguel e Rafael, vocês foram tudo o que eu precisava nos momentos mais desafiadores. Miguel, peço desculpas pelas vezes em que estive ausente em sua vida, e agradeço profundamente por ser um filho maravilhoso, por me fazer sorrir e por me fazer sentir a mãe mais orgulhosa do mundo. Rafael, meu bebezinho, você trouxe ainda mais alegria ao nosso lar. Sua presença foi um bálsamo nos dias mais difíceis. Obrigada por serem parte essencial da minha vida e por todo o amor que compartilhamos. Essa conquista é por vocês e para vocês.

Aos meus pais, Luiz Miguel e Rosângela, mesmo distantes 2.400 km, jamais cessaram seu apoio e assistência, inclusive nos momentos mais cruciais. Agradeço pelas vezes em que vieram em meu socorro e por tudo que fizeram ao longo destes anos; sinto-me verdadeiramente honrada por ser filha de vocês. Também agradeço profundamente por cuidarem tão bem dos meus filhos quando precisei deixá-los sob seus cuidados para concluir meus estudos. Paizinho, sua dedicação e cuidado com meus filhos são inestimáveis; jamais conseguirei agradecer o suficiente. Mãezinha, agradeço por cuidar dos meus filhos, por suas preces constantes por minha vida, por

nunca permitir que eu desistisse e sempre me incentivar a acreditar na minha capacidade de realização.

À toda minha família, que sempre torceu intensamente por mim, gostaria de expressar meu profundo agradecimento. Em especial à minha avó Maria Luiz, que sempre me ligava e me chamava de doutora com tanto carinho. A vocês, meu muito obrigado por todo apoio e incentivo.

Às minhas queridas amigas Amanda e Mara, e ao meu amigo João, expresso minha mais profunda gratidão. Não poderia deixar de mencioná-los aqui, pois nossa amizade ultrapassa os 10 anos, e ter compartilhado toda a jornada desde a graduação até o doutorado foi fundamental para que eu pudesse vivenciar esses momentos com mais leveza e gratidão. Agradeço por todas as histórias compartilhadas, os risos, os almoços e churrascos que celebramos juntos. Obrigada por tudo!

À minha orientadora, Professora Dra. Valéria, gostaria de expressar minha profunda gratidão por todo o conhecimento e auxílio proporcionado. Agradeço por ser uma fonte de crescimento na minha trajetória acadêmica, por seus conselhos firmes e por sempre acreditar no meu potencial. Além disso, quero expressar minha gratidão por todo o suporte dado, especialmente quando descobri que estava grávida. Enfrentar os desafios de conciliar a vida acadêmica com a maternidade não foi, e não é fácil, mesmo com uma rede de apoio, e sua paciência e orientação foram fundamentais nesse processo turbulento. Obrigada por tudo que fez por mim e por ser um apoio essencial em momentos tão delicados.

Expresso minha profunda gratidão a todos os professores da UNESP - FCA que fizeram parte do meu caminho e compartilharam seus conhecimentos. Muito obrigado por sua dedicação e contribuição para o meu crescimento acadêmico

Desejo expressar meus sinceros agradecimentos ao funcionário da instituição, senhor Jair. Obrigado por todos os conselhos valiosos, por ser uma pessoa sempre afetuosa e disponível para trocar palavras amigáveis comigo, pelas nossas conversas enriquecedoras e por preparar chá para mim. Suas atitudes não passaram despercebidas, e quero que saiba que jamais esquecerei da sua importância em minha jornada.

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

Resumo

Sabe-se que as condições ambientais em que estão inseridas as plantas de lúpulo determinam o desenvolvimento e a qualidade dos compostos, assim sendo, é de suma importância que o produtor tenha orientação, no que se refere aos fatores ambientais, doenças e especialmente no que se diz respeito ao planejamento da safra. Todavia a produção de lúpulo no Brasil tem mostrado potencial de expansão e aptidão de produtividade, sendo que tal expansão necessita de incentivo, desenvolvimento e informações de estratégias referentes ao manejo, consumo hídrico, nutrição, controle de pragas e doenças, exigências climáticas e variedades adaptadas. Dessa forma, o estudo teve como objetivo a caracterização das regiões de produção de lúpulo no Estado de São Paulo, visando caracterizar o perfil da cultura do estado indicando manejos mais frequentes assim como desafios frente às condições climáticas de cultivo. Diante dos estudos realizados, foi possível identificar com a ajuda do balanço hídrico climatológico normal que as regiões de Bragança Paulista, Fartura e São Bento do Sapucaí possuem temperaturas equivalentes às regiões de cultivo do Hemisfério Norte (16,4 a 32,0 °C), fotoperíodo durante as fases de desenvolvimento de 13,5 e 13,4 horas, sendo regiões que possuem maior disponibilidade hídrica para o cultivo de lúpulo. Mira Estrela, Nova Granada e São José do Rio Preto possuem temperaturas mais elevadas (20,9 a 25,7 °C), menores índices de fotoperíodo, correspondendo a 13,2 horas para o período de desenvolvimento, e maior restrição hídrica para o cultivo de lúpulo. Quando comparado com as regiões produtoras do Hemisfério Norte, observa-se que não há ocorrência de hibernação por parte da cultura, não sendo um fator que afeta de modo negativo o cultivo para as regiões.

Palavras-chave: agroclimatologia; características edafoclimáticas; cerveja; fotoperíodo; *Humulus lupulus* L.;

Abstract

It is known that the environmental conditions in which hop plants are located determine the development and quality of the compounds, therefore, it is extremely important that the producer has guidance with regard to environmental factors, diseases and especially with regard to concerns harvest planning. However, hop production in Brazil has shown potential for expansion and productivity, and such expansion requires encouragement, development and information on strategies related to management, water consumption, nutrition, pest and disease control, climatic requirements and adapted varieties. Thus, the study aimed to characterize the hop production regions in the State of São Paulo, aiming to characterize the profile of the state's crop, indicating more frequent management as well as challenges faced with the climatic conditions of cultivation. In view of the studies carried out, it was possible to identify, with the help of the normal climatological water balance, that the regions of Bragança Paulista, Fartura and São Bento do Sapucaí have temperatures equivalent to the cultivation regions of the Northern Hemisphere (16,4 to 32,0 °C), photoperiod during the development phases of 13,5 and 13,4 hours, being regions that have greater water availability for hop cultivation. Mira Estrela, Nova Granada and São José do Rio Preto (20,9 to 25,7 °C), lower photoperiod indices, corresponding to 13,2 hours for the development period, and greater water restriction for the cultivation of hop. When compared with the producing regions of the Northern Hemisphere, it is observed that there is no occurrence of hibernation on the part of the crop, not being a factor that negatively affects the cultivation for the regions.

Keywords: agroclimatology; edaphoclimatic characteristics; beer; photoperiod; *Humulus lupulus* L.;

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	A cultura do lúpulo (<i>Humulus Lupulus</i> L.) – Contexto histórico	16
2.2	Compostos do lúpulo	18
2.3	Características morfológicas do lúpulo (<i>Humulus Lupulus</i> L.), pragas e doenças.....	22
2.4	Características edafoclimáticas para o cultivo de lúpulo.....	26
2.5	Cultivares e cultivo de lúpulo no Brasil.....	27
2.5	Climatologia e agrometeorologia	31
2.7	Estações meteorológicas.....	33
2.7.1	Radiação solar	34
2.7.2	Balanco de radiação	35
2.7.3	Temperatura e umidade relativa do ar	36
2.7.4	Fotoperíodo.....	37
2.8	Demanda hídrica	38
2.8.1	Balanco hídrico climatológico	40
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3.1	Caracterização do estudo	42
3.1.1	Fase I	42
3.1.2	Fase II	43
3.2	Localização geral das áreas de estudo (Fase I e II).....	43
3.3	Caracterização das fases do estudo.....	45
3.3.1	Fase I - Caracterização edafoclimática das localidades de produção de lúpulo do Estado de São Paulo	45
3.3.2	Fase II – Estudo de caso - Caracterização de propriedades participantes da pesquisa	47
3.4	Análises comuns entre as Fases I e Fase II	47
3.4.1	Base de dados climáticos	48
3.4.2	Temperatura	49
3.4.3	Precipitação	49
3.4.4	Fotoperíodo.....	50
3.4.5	Caracterização de parâmetros entre o Hemisfério Norte e Sul	50
3.4.6	Caracterização climática local e balanço hídrico. climatológico (BHC)	60

3.4.7	Classificação pedológica	64
3.5	Análise estatística	64
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1	Fase I – Mapa geral do Estado de São Paulo (Van de Bergen)	65
4.1.1	Cidades produtoras de lúpulo no Estado de São Paulo	65
4.1.2	Pedologia e relevo das regiões produtoras de lúpulo no Estado de São Paulo	68
4.1.3	Parâmetros climáticos das regiões de cultivo de lúpulo no Estado de São Paulo	71
4.2	Fase II (Estudo de Caso)	78
4.2.1	Regiões de cultivo de lúpulo na Fase II	78
4.2.2	Tipos de solo	80
4.2.3	Método de irrigação e uso de fertirrigação	81
4.2.4	Variedades e problemas fitossanitários	83
4.2.5	Cobertura de solo utilizada	84
4.3	Balanço hídrico climatológico comuns entre Fases I e II	85
4.3.1	Balanço hídrico climatológico normal	85
4.3.1.1	<i>Municípios caracterizados com tipo climático Cwa</i>	<i>85</i>
4.3.1.2	<i>Municípios caracterizados como tipo climático Cfa</i>	<i>94</i>
4.3.1.3	<i>Municípios caracterizados com tipo climático Aw</i>	<i>102</i>
4.3.1.4	<i>Municípios caracterizados com tipo climático Cfb</i>	<i>108</i>
4.3.2	Demanda hídrica para a cultura do lúpulo	111
5	CONCLUSÃO	114
	REFERÊNCIAS	117

1 INTRODUÇÃO

O lúpulo é conhecido cientificamente pelo nome *Humulus lupulus* L., o qual possui alto valor econômico, comparado com os demais insumos, sendo um dos ingredientes utilizados na fabricação da cerveja, fornecendo atributos e características de amargor, aroma, estabilização e componentes antissépticos.

Por muito tempo o lúpulo foi cultivado somente por países do Hemisfério Norte, fato que se deve às condições edafoclimáticas apropriadas para o plantio, entretanto devido à iniciativa de cervejeiros e produtores, e demanda do mercado interno, tem-se hoje o cultivo de lúpulo em outros lugares, como no Brasil, mesmo que em menor escala de produção e ainda em expansão.

Acreditava-se que a planta tinha melhor facilidade de adaptação em territórios de clima temperado, ou seja, em países frios como a Alemanha e os Estados Unidos (Magioni; Torres, 2022), onde o fotoperíodo é adequado, de aproximadamente 16 horas, pois o lúpulo requer no mínimo 13 horas de incidência solar para ocorrer o florescimento. Ainda segundo os autores, o plantio de lúpulo no Brasil tem sido desmistificado, pois tem sido cultivado em território brasileiro e com clima tropical. Assim, a cultura está em constante desenvolvimento para várias regiões do país e com casos de sucesso tanto em técnicas de produção quanto em atributos que classificam a qualidade final dos compostos.

Não existe uma data fixa para o início do cultivo de lúpulo, pois fatores como localização geográfica, solo, clima e variedade podem interferir na época de colheita. No hemisfério Norte os cones são cultivados e colhidos entre os meses de agosto a outubro, já no Brasil os cones são colhidos no final do mês de março e início do mês de abril. Conforme a Associação de Produtores de Lúpulo do Brasil (Aprolúpulo¹), no país existe a possibilidade de que o produtor consiga colher até três safras durante o ciclo, sendo que em países de clima temperado, geralmente há apenas duas safras.

No Brasil existe diferentes regiões edafoclimáticas, existindo locais que tenham o potencial de atender as necessidades climáticas da cultura. Assim como aconteceu com outras culturas (soja e uva), o lúpulo pode ser adaptado em lugares que antes eram considerados impróprios a sua produção, como a África e Brasil (Bizotto, 2019).

¹ <https://aprolupulo.com.br>

Nos últimos anos, o mercado brasileiro ganhou impulso com a abertura de cervejarias em todo o país, e uma maior perspectiva de produção de lúpulo devido ao potencial agrícola.

Dessa forma, as pequenas áreas de produção estabelecidas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, maior estado produtor, com destaque à região de Lages (clima subtropical), não comportam a demanda exigida pela cervejaria nacional, e consequentemente, o país necessita importar aproximadamente 3.500 toneladas de lúpulo anualmente, com custo anual próximo a US\$ 60 milhões. (Brasil, 2019).

Assim, a demanda de lúpulo para utilização em cervejarias no Brasil resultou recentemente na busca de áreas para a implantação da cultura, devido ao crescimento e rentabilidade da indústria e cervejarias artesanais. Existe, portanto, um interesse dos produtores de lúpulo por desenvolverem novas variedades e assim comercializarem novos cultivares com características únicas de sabor e aroma.

O cultivo e produção de lúpulo demanda tratamentos culturais, aprimoramentos e ações tecnológicas que tendem a aumentar a produção, rendimento e até mesmo a rentabilidade da cultura, visto que, em comparação com a literatura internacional, há carência de informações sobre o referencial teórico nacional em relação aos principais fatores edafoclimáticos, assim como manejo de irrigação, adubação e qualidade dos cones produzidos para o cultivo de lúpulo, que podem interferir no desenvolvimento e nas características de amargor e aroma, uma vez que para a fabricação da cerveja existe um padrão de qualidade, que pode sofrer interferência do local de cultivo e manejo.

Fagherazzi (2020) relata que, para haver o desenvolvimento eficiente da cultura, são necessários diversos sistemas de condução, profundidades de plantio, ramos tutorados por sisal, além de outros fatores que influenciam o cultivo e produtividade, que podem ser estudadas, para poder suprir a demanda nacional e deste modo passar a exportar o lúpulo para eventuais países. Assim, a pesquisa nacional está em expansão em termos de produção de materiais científicos de qualidade, os quais, assim como este, visa colaborar com a literatura brasileira, além de servir como instrumento informativo de apoio para futuras pesquisas na área e oferecer base ao produtor rural.

Vale destacar o grande empenho e pioneirismo dos produtores de lúpulo no Brasil, frente às dificuldades em relação ao clima, às mudanças climáticas, à busca de inovações e manejos adequados com as condições de trabalho e de campo locais.

Muito do conhecimento analisado pelas universidades em projetos de pesquisa são oriundos de questões levantadas por estes produtores que estão à frente da expansão da cultura no país.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi identificar as localidades onde se encontram produção de lúpulo no estado de São Paulo, caracterizá-las quanto às condições edafoclimáticas e de manejo, frente às demandas para o cultivo e produção de lúpulo em países produtores do Hemisfério Norte e identificar a participação do estado de São Paulo frente à expansão da cultura no Brasil. Esse trabalho visou identificar as localidades, no estado de São Paulo, onde há o cultivo do lúpulo, utilizando um mapa construído pelo viveiro de mudas Van De Bergen², identificando as condições e classificações climáticas, balanço hídrico, regimes de chuva, fotoperíodo, entre outros fatores, em relação aos municípios do estado de São Paulo e das regiões produtoras do Hemisfério Norte, e suas condições de cultivo preconizadas pela literatura internacional. Realizou-se um estudo de caso, mediante respostas voluntárias dos produtores de São Paulo, via questionário estruturado, para análise de variedades cultivadas e particularidades como sistemas de irrigação, adubação e demais detalhes de manejo, por meio de referencial teórico nacional ou internacional, além de disponibilidade hídrica da região onde as variedades são cultivadas.

² VAN DE BERGEN: viveiro devidamente registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o qual teve iniciativa pioneira na introdução de cultivares de lúpulo, contribuindo para o crescimento da cultura no país.
<https://vandebergen.com>

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) – Contexto histórico

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é uma planta da ordem Rosales que pertence à família Cannabaceae, do tipo liana (trepadeira), perene e dioica (possui dois sexos), onde o interesse pelo cultivo é devido à inflorescência feminina (cones), os quais possuem compostos de importância para a indústria, como alfa e beta ácidos que proporcionam as características como amargor e aroma das cervejas (Neve, 1991; Baxter; Hughes, 2001; Silva, 2005; Rettberg; Biendl; Garbe, 2018; Durello; Silva; Bogusz Jr, 2019; Spósito *et al.*, 2019).

É uma planta que possui dois gêneros, Cannabis e Humulus, nativa de áreas de clima temperado do Hemisfério Norte (Spósito *et al.*, 2019), assim além do lúpulo comum (*Humulus lupulus* L.), do gênero *Humulus* há mais duas espécies a saber como *Humulus japonicus* e *Humulus yunnanensis*, entretanto, apenas a espécie *Humulus lupulus* L. é de importância para o meio industrial, seja para a cervejaria ou farmacêutica.

Por ser uma planta trepadeira, seu nome deriva do latim Lupulus (lobo que sobe em ovelhas) (Grieve, 1971), e o nome em inglês hop vem da língua anglo-saxã cujo significado é escalar. Além disso, a origem do nome Humulus é duvidosa, mas o surgimento tem sido proposto pela palavra húmus, que significa solo rico em nutrientes em que a planta se desenvolve (Zanoli; Zavatti, 2008). As plantas selvagens de lúpulo florescem em terraços bem drenados, fundos de rios e riachos, matagais, sebes, margens de estradas e locais com vegetação nativa (Small, 1978; Hampton; Small; Haunold, 2001).

A origem natural do lúpulo é supostamente chinesa, determinada por meio de análises de DNA por geneticistas americanos, russos, japoneses e chineses, e de lá diversos tipos e variedades migraram para América do Norte e Europa (Boutain, 2014).

Os lúpulos silvestres originaram os lúpulos encontrados na atualidade, e são oriundos da Europa, Ásia e América do Norte. Sendo assim sua origem chinesa, e as cultivares comercializadas são diversificadas em dois grupos, existindo assim os lúpulos europeus, considerados como tradicionais, suaves e mais aromáticos, e os lúpulos americanos, que são provenientes da América do Norte (Spósito *et al.*, 2019).

A planta do lúpulo passou então a ser proveniente do Hemisfério Norte, na faixa de latitude de 35° e 55° N, e foi introduzida abaixo do equador entre 35 e 55° S de latitude (Engelhard; Lutz; Seigner, 2011; Dodds, 2017).

No passado, muitas doenças eram tratadas com o uso de lúpulo receitado por médicos, com a função de limpar o sangue e fígado de impurezas, tratar alergias e doenças de pele (Edwardson, 1952). E há muito tempo, o lúpulo é reconhecido como um medicamento tradicional para aliviar enxaquecas, inflamação, insônia, problemas na bexiga, infecções uroginecológicas, sintomas da menopausa e para tratar outros problemas do sistema nervoso central e da pele (Bennett, 2007; Zanolli; Zavatti, 2008).

Barth-Haas (2003) relata que o início do uso em cerveja é mais antigo, e vem da cultura Celta, e Edwardson (1952) menciona que o relato mais antigo sobre o cultivo de lúpulo foi no período de 760 d.C., momento em que o rei Pepino, o Breve, (pai de Carlos Magno) presenteou a basílica de Saint-Denis, o que ele denominou de “Humuloria” (Jardins de Lúpulo).

Foi então que durante a Idade Média muitos mosteiros ficaram conhecidos pela fabricação de cervejas com lúpulos, ou seja, os monges foram os principais responsáveis pela adição do lúpulo na cerveja, descobrindo dessa forma as características que o lúpulo tem, como amargor e poder antisséptico.

De acordo com Small (1978), os lúpulos selvagens foram classificados conforme a posição geográfica e estrutura foliar em cinco variedades taxonômicas, sendo *lupulus* original da Europa e Ásia, *cordifolius* original da Ásia Oriental, *neomexicanus*, *pubescens* e *lupuloides* que englobam lúpulos norte-americanos.

A maioria do cultivo de lúpulo nos EUA encontra-se distribuídas nos estados do Noroeste Pacífico, como em Idaho, Washington e Oregon, entretanto, ultimamente existe uma alta demanda pela fabricação de cerveja artesanal e por ingredientes de origem local, o que resultou em um crescimento expressivo em todo o país (Garber *et al.*, 2019).

O lúpulo espalhou-se da Europa aos Estados Unidos, e rapidamente o plantio se disseminou para outros lugares do mundo (Edwardson, 1952). Marcusso e Müller (2019) afirmam que no Brasil a história mais divulgada sobre o início do ciclo de lúpulo iniciou com o agrônomo Rodrigo Veraldi em São Bento do Sapucaí–SP, região localizada na Serra da Mantiqueira, onde em 2005, o agrônomo iniciou o plantio de lúpulo, e no ano de 2007 realizando testes, nasceram em estufas cerca de 20 plantas das quais houve desenvolvimento satisfatório, e em 2009 as mudas foram transferidas

para campo, e após um forte temporal, o agrônomo precisou jogá-las fora devido ao estrago que ocorreu. Já em 2011, houve uma mutabilidade genética e assim uma variedade de lúpulo resistente ao clima local nasceu em meio ao descarte que fora feito anos antes, e assim no ano de 2017, Rodrigo obteve uma colheita anual de 2000 kg de lúpulo (Berbert, 2017).

Atualmente no Brasil, a produção que era de aproximadamente 9 toneladas em 2020, saltou para 24 toneladas no ano seguinte (2021), representando um aumento de 160% na produtividade, sendo considerado um cenário promissor para o setor (Cerqueira, 2022).

Marcusso e Müller (2019) ainda afirmam que a produção de lúpulo no Brasil ainda precisa de um enorme avanço até se fortalecer como uma atividade rentável, e que o mercado ofereça materiais em quantia e qualidade ao mercado cervejeiro, o qual está em progresso no Brasil, principalmente as artesanais, e assim será possível compreender que a produção de lúpulo no Brasil é capaz de tornar-se uma cultura próspera com potencial de rentabilidade aos agricultores.

2.2 Compostos do lúpulo

O lúpulo é um insumo de alta complexidade e de maior custo utilizado na produção da cerveja, sendo assim, sua composição química depende do controle das condições genéticas que distinguem sobretudo as variedades de lúpulo, influenciadas por fatores ambientais e pelo processo de pós-colheita (Rettberg; Biendl; Garbe, 2018). Desse modo, os compostos do lúpulo são dependentes da variedade, safra, origem, tempo de colheita, secagem e armazenamento (Eßlinger, 2009).

Assim, a utilidade do lúpulo na indústria cervejeira pode mudar conforme quantidade e características dos óleos essenciais e de α -ácidos, isto é, pode ser alterado conforme a quantidade de compostos de aroma e de amargor presente no lúpulo (Pinto, 2018).

Quando os cones de lúpulo estão prontos para serem colhidos, as plantas são cortadas a 30 cm do solo, e estando o teor de umidade entre 75 e 80%, pois sendo esta é uma condição que garante a viabilidade no processamento final de colheita do produto. Após a colheita, devido a umidade, é impossível que ocorra o armazenamento imediato, pois os compostos oxidam em poucas horas devido à

temperatura ambiente, sendo assim precisam passar por tratamento para não degradar (Marcos *et al.*, 2011; Spósito *et al.*, 2019).

Posteriormente ao colhimento, os cones necessitam passar pelo processamento de secagem o mais rápido possível, a fim de evitar que ocorram oxidação ou fermentação, dessa forma, todo o material de origem vegetal é mecanicamente isolado dos cones (Spósito *et al.*, 2019; Hieronymus, 2012).

Spósito *et al.* (2019) relatam que os cones podem permanecer íntegros (sem processo de secagem) quando congelados em temperaturas abaixo de -10 °C, contudo, a prática mais usual e viável é o processo de secagem imediatamente após a colheita. Briggs *et al.* (2004) e Spósito *et al.* (2019) mencionam que os cones necessitam passar por um processamento de beneficiamento, que consistem em levá-los em estufa, visando reduzir o teor de umidade, no qual devem conter uma taxa de umidade entre 9 e 11%, necessitando que a temperatura e a velocidade do ar sejam controladas, para não ocorrer a volatilização dos compostos, favorecendo a conservação e consequente transformação das flores.

Spósito *et al.* (2019) reportam ainda que os cones podem ser usados diretamente na produção da cerveja após a coleta, sendo esta técnica conhecida como fresh hopping, mas em grande escala é inviável devido a problemas de operacionalização da planta de produção de cerveja, como entupimentos de dutos entre outros problemas relacionados.

O procedimento para a secagem geralmente acontece em fornos ou salas de secagem, onde a temperatura deve ficar em torno de 55 a 65 °C, motivo pelo qual as altas temperaturas podem volatilizar os óleos essenciais e degradar os compostos responsáveis pelo amargor, dessa forma, após o processo de secagem os cones podem ser finalmente comercializados (Marcos *et al.*, 2011; Alves, 2018; Spósito *et al.*, 2019).

A demanda por lúpulo com alto índice de amargor e relevantes quantidades de compostos aromáticos é parcialmente alta, tornando assim indispensável distinguir o lúpulo por sua qualidade de amargor, aroma ou duplo propósito (Kunze, 2011), e, além disso, é uma planta que possui outras funções como evitar que haja espumamento durante o processo de fervura e age como agente bactericida (Brigido; Netto, 2006).

Os cones de lúpulo intactos possuem diversos elementos, entre eles resinas, óleos essenciais, proteínas, polifenóis, lipídios, ceras, celulose e aminoácidos (Tabela

1), sendo os óleos essenciais (componentes voláteis) uma mistura complexa de centenas de compostos (Bamforth, 2003), sendo assim, é nos cones onde se encontram as glândulas (no suporte das pétalas) que geram a lupulina, que é um composto resinoso, que concentra a maioria das propriedades desejáveis no processo de produção e fabricação da cerveja.

Os atributos únicos como o aroma e amargor para a cerveja são secretados por tricomas glandulares amarelos e estão localizados no suporte de apoio das brácteas cônicas, e separados por agitação dos estróbilos, possuindo grande valor econômico (Burgess, 1964; Zanolli; Zavatti, 2008; Almaguer *et al.*, 2014; Skof *et al.*, 2012; Venturini Filho, 2016). São nessas glândulas que se encontram as resinas, ou seja, os principais compostos (α -ácidos, óleos essenciais e polifenóis), entre outras substâncias. Dentre esses compostos, os α -ácidos e os óleos essenciais são considerados os mais significativos para o processo de produção da cerveja (Almaguer *et al.*, 2014).

Tabela 1 - Composição química média dos cones de lúpulo

Componentes	%
Resinas totais	15 – 30
Óleos essenciais	0,5 – 3
Proteínas	15
Monossacarídeos	2
Polifenóis (taninos)	4
Pectinas	2
Aminoácidos	0,1
Ceras e esteroides	Traços – 25
Cinzas	8
Umidade	10
Celulose	43

Fonte: Bamforth (2003).

Entre os compostos de maior relevância na indústria cervejeira, destacam-se as resinas amargas e os componentes voláteis dos óleos essenciais, os quais influenciam diretamente o aroma do lúpulo (Neve, 1991). Os óleos essenciais

desempenham um papel crucial na conferência de aroma à cerveja (Rodrigues; Moraes; Castro, 2015), e as resinas são constituídas por α -ácidos (Tabela 2) e β -ácidos (Tabela 3) e tem a principal função de conferir o amargor da cerveja (Canbaş; Erten; Özşahin, 2001).

Durante o processo de produção da cerveja, o lúpulo é geralmente adicionado durante a fase de fervura do mosto, diferindo assim o momento da adição do lúpulo de amargor e o aromático. Assim os lúpulos aromáticos são inseridos ao final do processo de fervura, ocorrendo menos perdas por volatilização, já os lúpulos de amargor requerem que haja isomerização para desenvolver os compostos amargos, intensificando a sua solubilidade (Pinto, 2018).

Tabela 2 – Composição dos α -ácidos

Composição	%
Humulona	35 – 70
Cohumulona	20 – 55
Adhumulona	10 – 15
Prehumulona	1 – 10
Poshumulona	1 – 5

Fonte: Sousa (2005).

Tabela 3 – Composição dos β -ácidos

Composição	%
Lupulona	35 – 55
Colupulona	20 – 55
Adlupulona	5 – 0
Prelupulona	1 – 3
Postlupulona	–

Fonte: Sousa (2005).

2.3 Características morfológicas do lúpulo (*Humulus lupulus L.*), pragas e doenças

Na atualidade as plantas de lúpulo são usadas para dois fins comerciais, o primeiro destinado em sua maior parte para uso na indústria cervejeira, e o segundo para uso em produtos farmacêuticos, onde é incorporado em medicamentos indicados para insônia, estresse e ansiedade (Crain, 2011; Negri; Di Santi; Tabach, 2010).

Alguns estudos, como o de Almaguer *et al.* (2014), destacam que a planta de lúpulo pode ser cultivada por até 20 anos. Outros, como Kneen (2003), informam que, em solos moderadamente férteis, essas plantas de lúpulo podem ser cultivadas por mais de 15 anos, enquanto em solos altamente férteis a expectativa de vida pode ultrapassar os 50 anos.

O lúpulo é composto por plantas herbáceas dioicas, perenes e trepadeiras (Roberts; Wilson, 2006), de desenvolvimento indeterminado, que possui estruturas aéreas bem desenvolvidas, tendo flores polinizadas pelo vento e assim formando a infrutescência denominadas de cones.

É uma planta que pode ser cultivada por diversos métodos como a semeadura, estaquia, miniestaquia, rizomas e micropropagação, em que o cultivo por semente tem por finalidade o uso no melhoramento genético, para obtenção de cultivares com características desejáveis e adaptadas, e as quatro últimas formas de cultivo expressam o potencial genético do parental, sendo consideradas clones (Fagherazzi *et al.*, 2018; Vargas, 2022). Assim, é comumente propagada a partir de rizomas, e cultivados por seus estróbilos (Pearson; Smith; Chen, 2016), e por ser uma espécie de propagação vegetativa, o produtor tem a opção de comprar plantas iniciantes, (mudas por estaquia) (Figura 1A) ou rizomas (Figura 1B), que podem ser adquiridas mediante viveiros certificados (Zwemmer, 2018).

O sistema radicular constitui a parte perene da planta de lúpulo, tendo potencial de desenvolvimento que se estende até uma profundidade de 1,5 metros, estando as raízes concentradas principalmente no espaço de 0,20 a 0,30 metros de profundidade, enquanto lateralmente podem se estender por distâncias de até 3 metros (Figura 2) (Spósito *et al.*, 2019).

Figura 1 – Propagação de plantas de lúpulo por mudas (A) e rizomas (B)



Fonte: S (2021).

Figura 2 – Sistema radicular



Fonte: Brant *et al.* (2020).

A planta possui um caule lanoso, oco, de cor verde ou violeta (Marcos *et al.*, 2011), rebrotando a cada primavera através dos rizomas, produzindo caules e hastes finas que se enrolam em qualquer lugar que sirva de sustentação e comumente apresentam seção hexagonal que cresce de 6 a 9 metros de comprimento (Burgess, 1964; Neve, 1991). O uso de estruturas de suporte apropriados é necessário para sustentar o processo de crescimento, pois é uma planta robusta, a qual pode alcançar sua altura máxima em um período inferior de 4 ou 5 meses (Almaguer *et al.*, 2014).

A partir das estípulas presentes nas hastes, originam-se as folhas, opostas, com fenda palmada (Marcos *et al.*, 2011). Elas têm coloração verde-escuro, são pecioladas

e longas, em forma de coração com 3 a 5 lóbulos, serrilhados e possuem superfície áspera. Conforme Keukeleire (2000), as folhas podem atingir até 20 cm de comprimento (Figura 3).

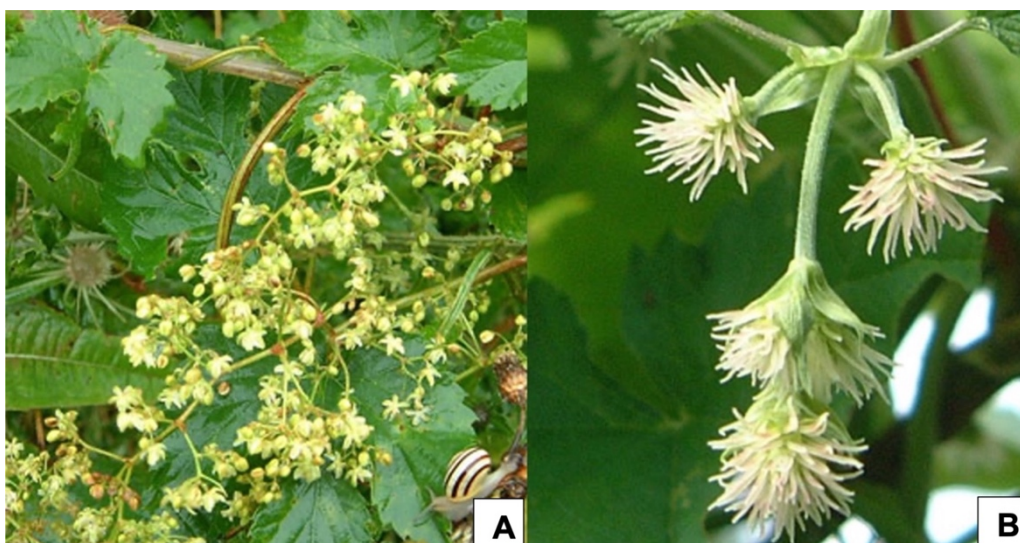
Figura 3 – Folha de lúpulo



Fonte: Pucinelli (2020).]

É uma espécie com flores femininas e masculinas (dioicas) em plantas diferentes, sendo possível identificar as plantas com flores masculinas e femininas através da floração (Figura 4, A e B), ademais não há outras características que possam ajudar a identificar as plantas (Denoma, 2000, Zanolli; Zavatti, 2008).

Figura 4 – Flores masculinas e femininas de lúpulo



Fonte: Prandi (2020).

Às vezes, algumas plantas originárias de sementes podem ser monóicas e muitas vezes inférteis (Burgess, 1964). De acordo com Zanolli e Zavatti (2008) as flores masculinas têm racemos longos, com comprimento de 0,75 a 0,125 metros, enquanto as inflorescências femininas são cônicas como amentilhos, com comprimento de 0,25 a 0,5 metros, compostas de brácteas membranáceas sobrepostas.

Somente as plantas femininas são cultivadas em plantações de lúpulo, e as plantas masculinas que crescem perto das plantações produtivas precisam ser removidas de modo que não ocorra a polinização das inflorescências femininas e a produção de sementes nos cones (estróbilos) (Trojak-Goluch; Skomra, 2013), visto que para a indústria cervejeira, a presença de sementes nos cones é indesejável, devido aos óleos e proteínas que são desfavoráveis a fermentação da cerveja (Hildebrand *et al.*, 1975), pois a oxidação dos ácidos graxos das sementes acarreta efeitos negativos e altera a estabilização da espuma e sabor da cerveja (Harrison, 1971, Almaguer *et al.*, 2014; Biendl *et al.*, 2014).

Entre as principais doenças e pragas do lúpulo estão o oídio (*Sphaerotheca humuli*), o míldio (*Pseudoperonospora humuli*), a murcha de verticillium (*Verticillium albo-atrum*) e a fusariose (*Fusarium culmorum*), o besouro-japonês (*Popillia japonica*), besouro pepino manchado (*Diabrotica undecimpunctata howardi*), afídeos do lúpulo (*Phorodon humuli*) e ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) (Fisher; Fisher, 1998). Fagherazzi *et al.*, (2021) menciona que no ano de 2019, foi descoberta a presença de oídio em cultivares de Chinook, na cidade de Lages–SC, sendo este considerado o primeiro registro da doença no Brasil, bem como na América do Sul, os autores ainda salientam que não há fungicidas registrados para oídio do lúpulo no Brasil, e que são necessários estudos nesta área de pragas, vírus, doenças e métodos de controle fitossanitário no Brasil.

Porém, já existem variedades que são resistentes à algumas pragas, como oídio, e estão registradas no MAPA e comercializadas por viveiros legalizados, como a variedade Triumph comercializada pela Hops Brasil³ e Van de Bergen.

Fagherazzi e Rufato (2018) também relatam que a variedade Cascade tem cerca de 85% de predominância nos cultivos de propriedades brasileiras e que é uma variedade que possui resistência ao míldio, que é uma das principais doenças que afetam o desenvolvimento e a produtividade do lúpulo.

³ <https://www.hopsbrasil.com.br>

2.4 Características edafoclimáticas para o cultivo de lúpulo

É fundamental que se tenha conhecimento das características e aspectos do solo e do clima da região em que a cultura será implantada, pois são especificidades que ajudarão o produtor a escolher a variedade e as tomadas de decisões durante o planejamento agrícola na demanda por maiores índices de produtividade e lucratividade.

O conhecimento da morfologia e fisiologia de toda a planta de lúpulo e de seus órgãos individuais é essencial para obter o máximo rendimento e qualidade dos cones de lúpulo, dessa forma é essencial a compreensão da regulação interna da planta e seus órgãos, bem como as relações externas entre a planta de lúpulo e seu ambiente (Rybáček, 1991).

Devido à propagação do cultivo de lúpulo para regiões que eram consideradas inadequadas para o seu desenvolvimento, foi possível verificar que o seu cultivo tem denotado maior flexibilidade perante suas exigências edafoclimáticas (Leite; Pandolfo, 2022).

O lúpulo por ser uma planta perene, tem em sua constituição uma parte que é considerada anual, pois sua parte aérea se desenvolve a partir do período das estações da primavera e verão, e sua floração ocorre durante o início do outono, e durante o início do inverno o segmento vegetativo que passa pelo processo de senescência e assim ocorre a dormência da planta, desse modo é realizando o período anual (Leite; Pandolfo, 2022).

Para o florescimento, o lúpulo requer dias longos, sendo cultivado principalmente entre 35° e 55° de latitude, onde a temperatura e a precipitação equilibrada favorecem a planta, com exigências ideais reconhecidas entre 45° e 50° de latitude (Hieronymus, 2012). Assim, uma vez alcançada a maturação para a flor, as condições de duração do dia e temperatura determinam a data da floração (Thomas; Schwabe, 1970).

As exigências climatológicas referenciadas pela literatura internacional para o desenvolvimento dos cones de lúpulo, são resumidamente climas de zona temperada, o que inclui dias longos e temperaturas moderadas, evidenciando as determinações de temperaturas mínimas, médias e máximas para crescimento e desenvolvimento de seus órgãos vegetativos (Rybáček, 1991).

2.5 Cultivares e cultivo de lúpulo no Brasil

A produção global de lúpulo, em sua maioria (75-80%), é atribuída aos países como Alemanha (Hallertau) e Estados Unidos (Washington, Oregon e Idaho), devido às condições favoráveis de cultivo e produção, como os solos argilosos ou arenosos profundos e de boa drenagem (Neve, 1991).

No Brasil, o cultivo de lúpulo ainda é recente e é resultado de iniciativas, na maioria, de agricultores, muitos deles em pequena escala (Almeida, 2020), como pode ser mencionado por Sarnighausen, Sarnighausen e Dal Pai (2017) que em 2017/2018 a área de plantio de lúpulo era de 18 hectares, entretanto após um levantamento feito pela Aprodúpulo, houve um aumento do cultivo de lúpulo que passou a ter entre 35 e 40 hectares, e produziu 24 toneladas em 2021 (Aprodúpulo, 2022).

O cultivo de lúpulo no Brasil ganhou impulso com a criação da Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo - Aprodúpulo, que registrou a existência de aproximadamente 60 hectares cultivados no país, onde algumas regiões conseguiram realizar duas ou até três safras ao ano, superando os rendimentos da Europa e dos EUA ao longo do ano (Baierle, 2020).

Tamayo (2018) cultiva e vende variedades de lúpulo desde 2017, sendo Chinook, Yakima Gold, Cascade e Comet, todas com excelentes resultados nas análises físico-químicas. Os viveiros legalizados vendem diversas variedades como a Alpharoma, Cascade, Cluster, Columbus, Comet, Crystal, Fuggle, Nugget, Hallertauer Mittelfrueh, Hallertauer Magnun, Centennial, Brewers Gold que é uma variedade exclusiva e adaptada às condições climáticas do Sul do Brasil, Triumph que é uma nova variedade que pode atingir rendimentos até 30% maior do que outras variedades.

Segundo informações obtidas através da Aprodúpulo, no estado de São Paulo são cultivadas as variedades Mantiqueira, Canastra, Cascade, Nugget, Tupiniquim, Mittelfrüh, Columbus e Chinook.

No Brasil, Carvalho (2018) identificou que o zoneamento agroclimático é fundamental para identificar riscos no cultivo de lúpulo no Estado do Rio de Janeiro, onde foi possível inferir que áreas de clima mesotérmico brando e sub quente, possuem baixo risco para a produção de lúpulo.

Neste contexto, Gonsaga (2021) estudando o desenvolvimento de variedades cultivadas em clima tropical, encontrou que a cultivar Tahoma (Híbrido JAB1403-39) características que se destacaram no que se refere às qualidades dos alfa-ácidos e

mantteve-se superior entre todas as outras cultivares estudadas. Neves (2022) realizou um estudo sobre o desempenho e produtividade de 4 variedades de lúpulo, Comet, Chinook, Cascade, Nugget e Columbus, onde a variedade Cascade obteve parâmetros de produtividade de 90,97 g e 23,36 g, para cone fresco e seco, e a variedade Comet completou seu desenvolvimento com aproximadamente 101 dias, com altura de 5,61m e pode constatar que o melhor desempenho vegetativo ocorreu com a variedade Comet, e melhor desempenho produtivo com a variedade Cascade.

Sasso (2021) avaliando cultivares de lúpulo na região de Santa Catarina observou que a cultivar Hallertau Mittelfrüh teve desenvolvimento precoce, obtendo maior desenvolvimento de ramos laterais, tendo assim maior produtividade em relação às variedades Cascade e Saaz, e a variedade Chinook obteve baixo rendimento, onde constatou que a pesquisa seria como um referencial teórico para os produtores da região.

Com o intuito de analisar a demanda hídrica do lúpulo, devido à falta de informações na literatura brasileira, Sousa (2021) conduziu uma pesquisa sobre a evapotranspiração da cultura e os coeficientes de cultivo para a variedade Cascade, em diferentes texturas de solos em ambiente protegido. Os resultados revelaram que o cultivo em solo argiloso proporcionou uma eficiência superior no uso da água, resultando em um aumento de produtividade. Além disso, Sousa concluiu que os teores de alfa e beta ácidos foram mais elevados em plantas de lúpulo cultivadas em solos de textura média e argilosa.

Marcusso e Müller (2019) expõe que houve um maior interesse pelo cultivo de lúpulo no Brasil devido às melhorias nas tecnologias adequadas as condições edafoclimáticas, como variedades melhoradas geneticamente. Jastrombek *et al.* (2022) salientam que as condições edafoclimáticas brasileiras são análogas ao estado da Florida (EUA), localizado na latitude 31° N, o qual potencializou o cultivo por meio de iluminação suplementar, sendo esta uma tecnologia capaz de intensificar o cultivo de lúpulo.

Barreto (2022) relata que na cidade de Piracicaba, cuja latitude é 22° S e altitude de 550 m, as condições edafoclimáticas a que a planta de lúpulo estava submetida manteve e proporcionou o desenvolvimento, obtendo um novo ciclo reprodutivo da cultura. Fagherazzi (2020), menciona que nas cidades de Lages, São Joaquim e Palmeiras (Estado de Santa Catarina), localizadas na latitude 27° S, que houve produtividade de cones desde a primeira safra agrícola, destacando que a cultivar

Columbus é a mais indicada para as condições edafoclimáticas locais, evidenciando que o cultivo do lúpulo torna-se uma atividade agrícola promissora na região do estado de Santa Catarina.

Ventura (2022), ao trabalhar com mudas de lúpulo na região do estado do Rio de Janeiro, afirma que a produção inicial de mudas por meio da propagação de miniestaquia, utilizando variedades como Saaz, Chinook e Cascade, é viável em condições de clima tropical, embora exija cuidados fitossanitários preventivos para evitar o surgimento de possíveis fungos e doenças.

No Brasil, a produção de lúpulo deve ser regionalizada, buscando cultivares que atendam às demandas das condições edafoclimáticas. Nesse sentido, a interação entre genótipo e ambiente desempenha um papel crucial, e o microclima emerge como o principal fator influenciador na concentração de alfa-ácidos (Santos, 2020). Fagherazzi (2020) destaca que a variação geográfica, presente nas diferentes regiões de cultivo de lúpulo, torna a escolha de cultivares um dos principais determinantes de sucesso, sendo o ambiente um fator decisivo tanto na qualidade quanto na quantidade dos lúpulos, influenciando também o fenótipo da planta.

Fagherazzi (2020) cita que a produção de lúpulo tem sido implantada em vários estados brasileiros, do Sul ao Norte (Figura 5), sendo que o estado do Sul tem a maior ocorrência de produtores e área cultivada. Contudo, as informações acerca de produção, características qualitativas e produtividade não são estimadas. A autora ainda deixa claro que um dos obstáculos para a produção de lúpulo é a carência de informações sobre as técnicas de cultivo (uso de defensivos, manejo de pragas e doenças, tipo de sistema de condução, épocas de plantios, momento de colher e poda), entretanto, a pesquisa brasileira avançou nestes últimos 3 anos, podendo ser encontrados na literatura uma base de apoio para estes produtores.

A Arolúpulo, juntamente com o viveiro de mudas Van De Bergen, também evidencia as áreas de cultivo no país, estando presente nos estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Tocantins, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

De acordo com um estudo desenvolvido por Almeida (2020), existe uma variação nas características de qualidade, em uma mesma variedade quando esta foi cultivada em regiões diferentes, podendo a falta de padronização nos processos de pós-colheita e beneficiamento, ser responsável por tal variabilidade. Santos (2020) e Almeida (2020) relatam ainda que as pesquisas referentes a um padrão para os

processos de pós-colheita são importantes para a realidade brasileira, assegurando a homogeneidade dos compostos do lúpulo.

Figura 5 – Localização geográfica dos principais polos de produção de lúpulo no Brasil



Fonte: Fagherazzi (2020).

De-Souza *et al.* (2022), relataram que há uma crescente expansão da produção de lúpulo no país, e que a produtividade da cultura em regiões como o Sul não satisfaz a demanda nacional, necessitando da importação de aproximadamente 4.000 toneladas de matéria-prima. Guimarães, Evaristo e Ghesti (2021) informam que a produção de lúpulo no Brasil pode chegar a duas safras, e que na região Centro-Oeste pode chegar a três safras, sendo considerada uma produção superior aos demais países produtores, e que existe uma perspectiva de passar de importador para exportador em breve, devido ao aumento de áreas cultivadas com a cultura de lúpulo, incentivo de instituições (privadas e públicas) e apoio financeiro, como ocorrido com outras culturas.

2.5 Climatologia e agrometeorologia

A climatologia refere-se a determinadas condições atmosféricas nas quais são definidos estados caracterizados pelos componentes meteorológicos (precipitação, umidade do ar, temperatura, vento e outros fatores), a um dado local estabelecido, mantidos padrões característicos por um longo período, para que tais referências possam ser designadas por clima. Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002) conceituam que há uma escala dos fenômenos atmosféricos onde há divisões em categorias conhecidas como macro, meso e microescala. Uma categoria atua sobre a outra, tendo influência na previsão do tempo e no planejamento agrícola.

Já a agrometeorologia é uma ciência que estabelece relações de associação entre os fatores meteorológicos e climáticos com os cultivos agrícolas e seus efeitos no crescimento das plantas e no seu rendimento, além disso, o clima afeta também o vínculo das plantas com o meio biótico, contribuindo ou não para o surgimento de pragas e doenças, o que ocasiona determinadas providências no que se refere ao controle e manejo apropriado (Mavi *et al.*, 2004; Monteiro, 2009).

Coundun *et al.* (2006) explicitam que os elementos climáticos atuam com função vital na distribuição e nos atributos morfológicos das particularidades físicas e químicas do solo.

Mafakheri *et al.* (2020) alegam que os aspectos vegetativos são influenciados indubitavelmente pelos elementos e fatores climáticos, e pelo bioma, logo o lúpulo também dispõe de suas próprias prioridades das quais necessitam ser solucionadas. Assim, a partir de dados meteorológicos é possível quantificar as exigências hídricas das culturas, sendo esta uma informação importante para o dimensionamento e manejo dos sistemas de irrigação, elaboração de mapas de zoneamento agroclimáticos, caracterização do início e a duração da estação chuvosa, bem como a ocorrência de veranicos, otimização do conforto térmico das instalações agrícolas, avaliação das condições de umidade do ar para a determinação do tempo de secagem dos grãos, e fornecimento de outros subsídios importantes, visando o aumento da produtividade (Brixner, 2010).

Devido à notável relevância do fator climático para a produção das culturas, a utilização de informações meteorológicas é primordial para que o cultivo agrícola seja uma atividade sustentável (Sivakumar *et al.*, 2000). Nessa perspectiva, o estudo da agrometeorologia tem grande importância para auxiliar no manejo de irrigação e

ganhos produtivos na agricultura. Dentre os fatores de estudo neste campo, a evapotranspiração de referência (ET_o) tem a maior influência na perda de água no sistema solo-planta-atmosfera, por isso quantificar esta variável é imprescindível (Mendonça; Garcia; Franco, 2020), visto que esta variável é consequência das relações entre os fatores meteorológicos e dinâmica da água no solo e planta

As condições climáticas, como radiação solar, temperatura e precipitação, desempenham um papel fundamental na regulação do desenvolvimento de diversas espécies vegetais no ambiente natural (Lima, 2020). Nesse contexto, a energia proveniente do sol emerge como a principal fonte de calor para o ar e o solo, além de ser crucial para processos biológicos como a fotossíntese e a evaporação da água, estabelecendo uma interconexão essencial entre o ambiente terrestre e a atmosfera (Souza; Silva; Ceballos, 2008).

O cultivo de lúpulo se dá em diversos lugares com características climáticas diferentes, entre o Hemisfério Norte e Sul, e como uma consequência disso, a produtividade e os atributos que conferem qualidade a produção podem não ser apropriados em vários lugares, porém o cultivo de lúpulo é beneficiado em condições climáticas que prevalecem a seca e úmidas, em que as temperaturas sejam de moderadas a quentes no período da primavera e verão (Mahafee *et al.*, 2009).

Sendo a luminosidade um fator de crescimento e desenvolvimento para o cultivo de plantas de lúpulo, existem divergências em relação à quantidade que necessitam, pois autores como Engelhard, Lutz e Seigner (2011) informaram que é necessário de 16 a 18 horas para que se alcance os melhores resultados da fase vegetativa para a fase reprodutiva, onde essas condições são devidamente atendidas nas latitudes entre 35° e 55 ° nos Hemisférios Norte e Sul. Magioni e Torres (2022) fazem menção a no mínimo 13 horas. Mahaffe *et al.* (2009) estabelecem que é de no mínimo 15 horas.

Visto que as plantas de lúpulo sofrem influência em relação à quantidade de luz solar que recebe no dia juntamente com a temperatura, se a duração do dia for menor, a planta apresenta menor período de crescimento vegetativo, e a floração pode ser precoce e sem qualidade, ou mesmo podendo a planta não florescer, contudo, é possível fornecer iluminação artificial de forma suplementar para que a planta de lúpulo receba a quantidade correta de luminosidade (Mahafee *et al.*, 2009). Leles *et al.* (2022) mencionam que o crescimento e desenvolvimento de plantas de lúpulo que

recebem iluminação artificial é promissor e tem demonstrado seu potencial de cultivo para áreas subtropicais.

Conforme observado por Camargo (1977), a latitude da região de produção exerce influência na fenologia por meio do fotoperíodo, o que pode afetar o período de desenvolvimento. Portanto, compreender os atributos das cultivares e variedades, considerando sua produtividade, características agronômicas e a interação com o ambiente, especialmente em relação às condições climáticas e ao fotoperíodo, é de extrema importância para produtores, viveiros e profissionais do setor (Marques, 2010).

Porém, existem outros fatores climáticos que influenciam nas características de produtividade do lúpulo, como temperatura e precipitação, que pode ser confirmado por diversos autores como Burgess (1964), Krottenthaler (2009) e Dodds (2017).

Além das questões climáticas, o sabor da cerveja também é influenciado pelo tipo de solo e pela variedade de lúpulo utilizada. Diferentes tipos de lúpulo apresentam características distintas, contribuindo para nuances específicas no sabor da bebida. Por exemplo, os lúpulos ingleses podem conferir sabores terrosos, enquanto os lúpulos alemães tendem a ter características florais ou gramíneos. Nos Estados Unidos, a diversidade é notável, com alguns lúpulos proporcionando notas mais resinosas, enquanto outros oferecem aromas que lembram frutas como manga, melão, abacaxi, maracujá e até mesmo coco (Freitas, 2022). Essa diversidade de sabores provenientes do lúpulo permite aos cervejeiros artesanais explorar uma ampla gama de perfis aromáticos e de sabor em suas criações.

2.7 Estações meteorológicas

As estações meteorológicas são de fundamental importância, pois além de monitorar as condições meteorológicas, fornece suporte aos agricultores, auxiliando em suas tomadas de decisões para um planejamento agrícola mais oportuno e eficiente.

Conforme indicado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), cada estação de observação sinótica deve ser posicionada de modo a representar "o estado da atmosfera de uma vasta região" (WMO, 2007). Nesse contexto, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) opera com uma abrangência de 100 km² para cada estação meteorológica.

Para garantir a precisão na coleta de dados meteorológicos, é essencial seguir normas específicas para a instalação da estação meteorológica, incluindo a escolha adequada do lugar, tipo e montagem dos dispositivos, além da uniformização dos horários de coletas e das normas operacionais. Essas medidas possibilitam catalogar de forma precisa os parâmetros como temperatura do ar, velocidade e direção do vento, umidade do ar, radiação solar, chuva, pressão atmosférica, entre outras (Santos; Balbino, 2016).

As estações meteorológicas ajudam com as atribuições e atividades agropecuárias, uma vez que os dados climáticos são de grande importância na determinação da evapotranspiração de referência, o que proporciona melhor desempenho do manejo racional de irrigação, assim sendo, tais dados podem e são utilizados para projetos de zoneamento agroclimático, o que viabiliza a decisão em favor do tempo de plantio, colheita e estimativa de pulverizações (Carvalho *et al.*, 2019)

De modo geral, as estações meteorológicas automáticas instaladas no Brasil fornecem geralmente dados rotineiros apenas da radiação global incidente. Com isso, torna-se crucial a busca por modelos que possam estimar a radiação solar e seus componentes, especialmente em locais onde há escassez de dados rotineiros. Essa busca por modelos é essencial para projetos e simulações de sistemas energéticos, assim como em modelos hidro-agrícolas e ambientais (Aladenola; Madramootoo, 2014; Souza *et al.*, 2016a).

Para a substituição de estações meteorológicas convencionais por estações meteorológicas automáticas há a necessidade de estudos em que se compara os dois tipos de estações por um certo período, como modo de assegurar a homogeneidade dos dados, atribuindo confiabilidade da estação meteorológica convencional para a estação meteorológica automática, assim essas séries de dados serão tidas como singulares (Almeida; Souza; Alcântara, 2008).

2.7.1 Radiação solar

A radiação solar desempenha um papel fundamental nas atividades associadas à fotossíntese, influenciando a capacidade de produzir carboidratos e, por conseguinte, o desenvolvimento e crescimento das plantas. Isso ocorre porque a fotossíntese está associada à temperatura do ar, que influencia e modifica as taxas das reações

metabólicas das culturas, estabelecendo o crescimento e desenvolvimento (Meira, 2013).

O aumento de temperatura, conforme apontado por Sentelhas e Monteiro (2009), estimulam o aumento da taxa de fotossíntese, mas essa relação se opem sob temperaturas muito elevadas.

A radiação solar é crucial para o cálculo da evapotranspiração, zoneamentos agroclimáticos, modelos de produção agrícola, entre outros usos (Fontana; Lliveira, 1996). Allen *et al.* (2007) destacam sua importância como a principal fonte de energia para converter água líquida em vapor de água em larga escala.

A distribuição geográfica da radiação solar pode ser estudada por meio de dados de uma rede de estações meteorológicas próximas ou por meio de fórmulas matemáticas e físicas (Robinson, 1966; Pereira, Vrisman; Galvani, 2002). A radiação solar é essencial para estimar a evapotranspiração, mas esses dados estão disponíveis em menor quantidade em comparação com a duração solar, temperatura e precipitação, principalmente devido ao custo elevado dos equipamentos utilizados, como o piranômetro, radiômetro e actinógrafo bimetálico (Hyun; Kim, 2016; Macêdo *et al.*, 2016).

No sentido de que a radiação global que atinge a superfície terrestre é crucial para otimizar o projeto e a utilização de sistemas de irrigação (Teke; Yildirim; Çelik, 2015). Entretanto, contrariamente de outros fatores meteorológicos frequentemente analisada, as medições de radiação global não estão disponíveis de imediato, em várias localidades, devido aos custos elevados e desafios com problemas de mão de obra especializada para manutenção e calibração dos equipamentos (Jahani; Dinpashoh; Nafchi, 2017). De modo a reduzir os custos com tal limitação, costumam-se realizar estimativas de irradiação solar, integrando matematicamente um modelo de irradiância com base em variáveis de dias com céu limpo e claro (Paulescu *et al.*, 2016).

2.7.2 Balanço de radiação

O balanço de radiação na superfície, comumente chamado de saldo de radiação ou radiação líquida, é um elemento fundamental do balanço de energia superficial. Ele é composto principalmente pelas entradas e saídas de radiação (ondas curtas e ondas longas) (Fietz; Fisch, 2009), desempenhando um papel essencial na influência do

clima. Além disso, é essencial para calcular e mensurar as perdas de água por superfícies vegetadas e na elaboração e coordenação da agricultura irrigada (Gomes; Cavalcanti, 2009).

O saldo de radiação varia ao longo do dia, sendo positivo durante as horas de exposição solar, quando os fluxos incidentes de radiação global e ondas longas superam as frações refletidas e emitidas pela superfície. Geralmente, torna-se negativo durante a ausência de luz solar, como no período noturno (Galvani; Escobedo; Pereira., 2001).

A mensuração do consumo hídrico através do balanço de energia possibilita a estimativa dos movimentos de radiação líquida, energia latente, calor sensível e energia térmica do solo para definir a evapotranspiração da cultura (ET_c). Isso demonstra qual é a contribuição de cada componente para o processo de evapotranspiração (Andrade Jr *et al.*, 2018).

O saldo de radiação é influenciado por diversos fatores, como coordenadas geográficas, altitude, período do ano, presença de nuvens, índice de cobertura vegetal do solo, quantidade de água disponível no solo e temperatura da superfície e da atmosfera (Blad; Baker, 1972; Pablos; Iraundegui, 1975; Viswanadham, 1981).

2.7.3 Temperatura e umidade relativa do ar

Durante o processo de desenvolvimento das plantas, a temperatura exerce uma função primordial no crescimento e produção, além de influenciar na seleção da cultura apropriada para uma determinada região (Silva, 2013). As condições climáticas ideais, especialmente em termos de temperatura, são essenciais para o pleno desenvolvimento das plantas, independentemente do fornecimento adequado de água. Se a temperatura estiver fora da faixa considerada ótima para a cultura, o desenvolvimento e crescimento satisfatório da planta pode ser comprometido (Coral *et al.*, 2009).

Para avaliar a faixa de temperatura disponível para as culturas agrícolas, é importante considerar as temperaturas máximas, médias ou mínimas (Cargnelutti Filho *et al.* 2006). A temperatura máxima do ar pode influenciar o período de enchimento de grãos, índices de respiração e expansão foliar, cada um exercendo diferentes influências significativas na produtividade das culturas (Ferreira; Liska, 2019; Costa; Sedyama, 1999).

Na germinação das sementes, a temperatura desempenha um papel primordial, afetando a retenção de água e as atividades bioquímicas envolvidas nas reações metabólicas associadas a este processo, pois para cada espécie, existe um intervalo ideal de temperatura na qual as sementes podem ser cultivadas (Bewley; Black, 1994).

A temperatura do solo exerce influência no crescimento das plantas, já que o solo não apenas retém e facilita a movimentação de solutos, gases e água, mas também retém e transfere calor (Souza *et al.*, 1996; Gasparim *et al.*, 2005). Variações na temperatura do solo exercem influência significativa no controle dos processos biológicos, como o desenvolvimento das sementes e crescimento radicular (Marin; Assad; Pilau, 2008).

As trocas térmicas entre o ar e o solo favorecem a ocorrência de variações de temperaturas detectadas no solo, sobretudo nas camadas mais próximas à superfície (Dantas *et al.*, 2017).

Para a cultura do lúpulo, as condições climáticas controladas são essenciais, sendo de extrema importância a soma das temperaturas desde o início da fase vegetativa até a maturação, devendo essa soma situar-se entre 2.400 e 2.500 °C, com precipitação média de 470 mm (Kralj, 1962).

2.7.4 Fotoperíodo

A luz desempenha um forte parâmetro na germinação de sementes e no processo reprodutivo das plantas (Zucareli *et al.*, 2009). As plantas respondem de maneira distinta à interação com a luz, variando na sensibilidade à presença ou ausência durante a germinação (Borges; Rena, 1993).

O desenvolvimento adequado das estruturas reprodutivas, como flores, é essencial para a sobrevivência a longo prazo das plantas, resultando em maiores rendimentos para os produtores, assim a indução floral, é um processo de transformação das gemas vegetativas em reprodutivas, pode ser influenciada por vários fatores ambientais, como a duração do dia (fotoperíodo), água, luz, nutrientes e temperatura (Lima, 2008).

Estudos iniciais, como os de Garner e Allard (1920), estabeleceram uma relação direta entre o fotoperíodo e a taxa de crescimento das plantas, observando uma correspondência proporcional à duração diária da exposição à luz.

No caso específico da cultura do lúpulo, a planta é exigente em relação ao fotoperíodo, necessitando de 15 horas de luz, um mínimo de 120 dias de calor e baixas temperaturas no inverno para a ocorrência de um florescimento ideal (Hilton, 2002). Neve (1991), destaca ainda que, as maiores produtividades do lúpulo são observadas em plantas que receberam maior quantidade de incidência solar em seu período vegetativo (cerca de 14 a 16 horas).

No Brasil, a produção significativa de lúpulo enfrenta desafios devido às condições climáticas, sendo que o fotoperíodo brasileiro é mais curto do que em regiões tradicionais de produção, afetando a estabilidade e produtividade da cultura, dessa forma é necessário obter cultivares/variedade de melhor qualidade e boa produtividade por meio de plantas de lúpulo selecionadas e adaptadas (Gonsaga, 2021).

A suplementação luminosa surge como uma alternativa inovadora para conter a floração do lúpulo em regiões subtropicais, onde a quantidade de luz natural pode ser insuficiente para atender às demandas da planta (Jastrombek *et al.*, 2022). Estudos na Flórida, que possui latitude menor que 31° N, mostram que o controle da floração do lúpulo pode ser alcançado mantendo o crescimento vegetativo da planta com uma suplementação adequada de luz (Agehara, 2020). Isso pode servir como referência para o cultivo de lúpulo no Brasil, especialmente quando combinado com a tecnologia de suplementação luminosa.

2.8 Demanda hídrica

A produção de lúpulo, sendo uma cultura de importante valor comercial, requer atenção especial para diversos fatores, incluindo a demanda hídrica. No entanto, a literatura sobre a demanda hídrica do lúpulo é escassa, o que cria desafios para os produtores em gerenciar adequadamente a irrigação, dadas as exigências edafoclimáticas específicas da cultura.

A produtividade de uma cultura, incluindo o lúpulo, é influenciada tanto pela genética da planta quanto pelos fatores climáticos, pelo solo, água e adubação, assim a demanda hídrica das culturas é comumente estimada por meio da evapotranspiração, e compreender essa necessidade é de suma importância para determinar a quantidade requerida de água necessária durante o ciclo de desenvolvimento (Couto; Sans, 2000).

É de interesse e um fator determinante que o produtor ao implantar uma cultura, compreenda as necessidades hídricas da planta, para poder estimar a quantidade hídrica requerida pela cultura ao longo das fases de desenvolvimento e crescimento, uma vez que o requerimento de água está intrinsecamente relacionado com a evapotranspiração e o coeficiente de cultura (Neto França *et al.*, 2001; Carvalho *et al.*, 2013).

Ao passo que a planta transpira, ocorre a perda de água pelos estômatos das folhas, desempenhando uma das principais influências no uso de água pelas plantas, estando relacionando à biomassa vegetal, e no caso do lúpulo, a demanda por água varia significativamente devido ao ciclo de crescimento e à alta variabilidade sazonal na biomassa (Jackson; Siegle; Scoggins, 2019).

A fase de floração é considerada crítica para o lúpulo, exigindo um suprimento adequado de água no solo. Durante esse período, a umidade disponível armazenada desde o desenvolvimento inicial é vital, mas as raízes não devem ficar encharcadas. Relatórios indicam que o lúpulo pode requerer de 75 a 80% da água anual durante os meses de julho e agosto, no Hemisfério Norte, quando as plantas estão em rápido desenvolvimento de biomassa (Evans, 2003).

A demanda hídrica do lúpulo varia conforme a região e o clima. O cultivo do lúpulo é viável em diversas condições climáticas, abrangendo desde ambientes semiáridos e marítimos até regiões de clima continental úmido e subtropical.

Neve (1991), destaca que as plantas de lúpulo necessitam de uma boa quantidade de água no período de desenvolvimento vegetativo para ocorrer uma boa produtividade, fazendo-se uso de um sistema de irrigação em regiões em que há ocorrência de precipitação seja menor do que a requerida pela cultura. A vista disso, o cultivo de lúpulo pode ser realizado em diferentes regiões edafoclimáticas, com cultivares adaptadas para a variação sazonal (Turner *et al.*, 2011).

Estudos indicam que a quantidade de água requerida pelo lúpulo pode variar entre aproximadamente 390 mm e 800 mm através de água fornecida via irrigação ao longo da fase de crescimento, dependendo do local, sendo assim, é necessário evidenciar que o consumo de água pela planta de lúpulo depende da escolha da cultivar, do solo, do clima e da região de cultivo (Carrilho, 1981; Rybáček, 1991; Evans, 2003; Turner *et al.*, 2011; Marcos *et al.*, 2011; Fandiño *et al.*, 2015; Calderwood *et al.*, 2017; Guimarães, 2020).

Para ocorrer o adequado suprimento hídrico utilizando algum sistema de irrigação, é de fundamental importância conhecer a demanda hídrica utilizada pelos cultivos nas várias fases de desenvolvimento e crescimento, sobretudo, em ambientes que apresentam as características específicas de solo e clima adequadas para o cultivo. Um importante aliado do produtor, é a análise de crescimento da planta, pois visa avaliar e mensurar o desenvolvimento morfofisiológico, o que auxilia no entendimento da demanda hídrica em suas diferentes fases de desenvolvimento e crescimento (Nolêto, 2015).

2.8.1 Balanço hídrico climatológico

Analisar as condições agroclimáticas de uma determinada região constitui a etapa fundamental no planejamento da agricultura, assim, a determinação do balanço hídrico climatológico normal (BHC) juntamente com a caracterização climática é de grande valia para determinar a adequação da cultura em determinadas regiões.

O balanço hídrico climatológico é uma ferramenta fundamental que ajuda a mensurar o requerimento de água para as plantas, considerando a interação entre evapotranspiração e precipitação, bem como a capacidade de retenção de água do solo, e tal ferramenta tem o propósito de oferecer conhecimento sobre a disponibilidade hídrica suficiente para as plantas ou se estão sob estresse hídrico, dependendo da estação do ano (Barreto *et al.*, 2006). Em conformidade com os autores, Matos *et al.* (2014), enfatizaram a significância primordial de desenvolver o balanço hídrico climático para uma localidade como parte integrante do processo de planejamento das estratégias de gestão do solo e dos recursos hídricos.

Podemos resumir que o balanço hídrico climatológico, é a determinação da quantidade de água presente no solo, ou seja, representa a diferença na quantidade de água que entra e sai (Pereira; Angelocci; Sentelhas, 2002), sendo que a entrada de água sobrevém por meio da precipitação ou pelo uso de um sistema de irrigação, e a saída ocorre através da evapotranspiração e drenagem natural do solo (França Neto *et al.*, 2001).

Pereira (2005), descreve que o balanço hídrico climatológico, é empregado para analisar, apontar e estabelecer o comportamento hídrico de uma região, sem que haja a necessidade de efetuar medições diretas das características do solo, sendo assim, para sua aplicabilidade, é necessário estabelecer a capacidade máxima de retenção

de água no solo, sendo referida como capacidade de água disponível (CAD), bem como coletar dados referentes à precipitação total e realizar estimativas da evapotranspiração potencial em intervalos temporais específicos, e através dessas informações básicas de fundamental importância é possível quantificar evapotranspiração efetiva, déficit ou excedente, e o real volume total de água armazenado pelo solo para cada período estabelecido.

É importante ter um entendimento das variáveis que fazem parte do balanço hídrico climatológico, sendo de fundamental interesse para as práticas de gestão e estratégias de produção, o que significa que, quando os produtores têm acesso às variáveis, podem distinguir as condições climáticas que prejudicam o seu sistema de produção (Santos, Hernandez; Rossetti, 2010). Assim, o balanço hídrico climatológico é usado como um recurso de gerenciamento, que permite analisar classificar o clima de uma região, elaborar o zoneamento agroclimático e ambiental, verificar o período de excesso e déficit hídrico no solo, e, além disso, contribui para a administração integrada dos recursos hídricos (Lima; Santos, 2009).

Nesse contexto, é decisivo realizar um monitoramento das variações climáticas a fim de compreender os processos e antecipar possíveis cenários climáticos futuros, e para isso, é necessário coleta de dados confiáveis, capazes de embasar a análise das variáveis e de viabilizar a classificação climática das regiões estudadas (Jesus, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do estudo

O estudo inicialmente apresenta um mapeamento das propriedades em que há o cultivo de lúpulo no estado de São Paulo, sendo estas distribuídas em regiões de climas tropical e subtropical, e com base neste mapa, foi realizado um estudo descritivo das características edafoclimáticas presentes e verificação da evolução dos cultivares no estado.

Por meio dos tópicos a seguir são apresentadas as caracterizações das áreas de cultivo, obtenção dos dados climáticos de estações meteorológicas convencionais e automáticas com abrangência sinótica de 100 km² entre estações, utilizando dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), bem como a caracterização das exigências climáticas para a cultura do lúpulo e análises dos dados frente às demandas climáticas preconizadas pela literatura internacional e nacional, mesmo sendo este ainda em fase de construção devido à recente implantação de cultivares de lúpulo no país.

Para o levantamento, dos dados de coordenadas geográficas, população estimada, área do município, índice de desenvolvimento humano foram feitas pesquisas através do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021). Os demais dados como relevo, pedologia, classificação climática foram complementados por meio de revisão de literatura.

O estudo foi dividido em duas fases, em que a Fase 1 consistiu na análise de um mapa gerado e disponibilizado pelo viveiro de mudas VAN DE BERGEN. A Fase 2 foi realizada através de um estudo de caso, em que os produtores de lúpulo, através de um questionário, responderam sua localização voluntariamente, assim como questões relacionados aos cultivares e manejo presentes nas propriedades

3.1.1 Fase I

Consistiu em utilizar o mapa disponibilizado pela empresa especializada em produção de mudas de lúpulo (VAN DE BERGEN⁴) no qual se observou a distribuição

⁴ <https://vandebergen.com>

dos produtores de lúpulo em cadeia nacional, a fim de identificar as características de clima e de solo locais, assim como evidenciar os fatores meteorológicos de cada local e comparar com o preconizado pela literatura internacional em termos de condições de cultivo.

Diante dessas comparações, paralelos referentes aos estudos realizados em território nacional, em diversas regiões do país, foram traçados para discussões acerca de resultados e potencialidades do desenvolvimento agrônomo da planta em questão. Para a referida análise em relação à caracterização edafoclimáticas, foram consideradas somente as propriedades localizadas no Estado de São Paulo.

3.1.2 Fase II

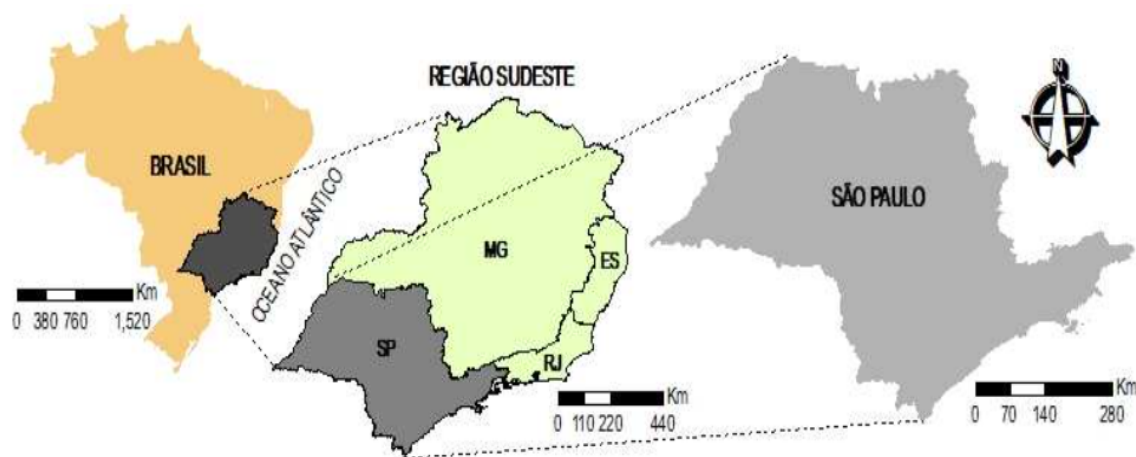
Intitulada como estudo de caso, procedeu-se com uma coleta de dados diretamente com os produtores do Estado de São Paulo que puderam participar da pesquisa de forma voluntária, com respostas sobre questões de implantação, manejo e rotina da propriedade quanto ao cultivo de determinadas variedades. Essas informações puderam ser detalhadas por meio de um questionário, o qual foi enviado por e-mail, via *Google Forms*, com o auxílio da Associação de Produtores de Lúpulo do Brasil (APROLÚPULO) para a caracterização inicial das propriedades. O questionário (Quadro único) está disponível no final deste material (Apêndice).

Para as duas fases da pesquisa, foram levantadas as características edafoclimáticas locais e realizadas análises sobre demandas para o cultivo do lúpulo, assim como identificação da literatura nacional sobre os progressos obtidos e informações sobre produtividade de algumas variedades.

3.2 Localização geral das áreas de estudo (Fase I e II)

O presente estudo está inserido na região Sudeste, no estado de São Paulo, o qual é um dos polos econômicos mais importantes para do País, situado geograficamente na Latitude 19°46'45" S e 25°18'43" S e Longitude 44°09'38" W e 53°06'35" W, onde faz divisa com os estados de Mato Grosso do Sul a oeste e Minas Gerais a norte e nordeste, Paraná a sul, Rio de Janeiro a leste, e o Oceano Atlântico a sudeste (Figura 6).

Figura 6 – Mapa do Brasil, região Sudeste, estado de São Paulo



Fonte: SIQUEIRA *et al.*, (2012).

A região está fora da faixa de latitude preconizada pela literatura internacional como ideal para implantação de cultivares de lúpulo, que seria entre 35° e 55° Norte e Sul do Equador (Jastrombeck *et al.*, 2022). Essa diferença de latitude fere uma das exigências da cultura em relação às 15 ou 16 horas de luz no período de desenvolvimento vegetativo da planta, o que implica no uso de tecnologias de suplementação luminosa para suprir tal demanda.

O estado possui área total de 248.219,485 km², e sua população é estimada em 46.649.132, e compreende 645 municípios, correspondendo a uma densidade populacional de 166,23 habitantes por km² (IBGE, 2021).

O Estado é composto por planície litorânea restringida pela Serra do Mar, planaltos e depressões, e a vegetação é do tipo mangues na região litorânea, Mata Atlântica na Serra do Mata, Florestas Tropicais no restante do estado e formação de cerrado no centro e no oeste do Estado.

O clima nas áreas litorâneas é o tropical atlântico, subtropical no planalto paulista e tropical ao norte e Vale do Ribeira.

O período de chuvas no estado de São Paulo tem início em meados de outubro, sendo que os maiores acúmulos de precipitação ocorrem entre dezembro e fevereiro, e no final de março o período de precipitação diminui (Novais; Galvani, 2022).

cultivo, para a construção de um banco de dados para a caracterização das variáveis meteorológicas locais, a saber: temperatura média, mínima e máxima, umidade relativa do ar, precipitação, assim como balanço hídrico, fotoperíodo do local, a fim de comparar tais parâmetros com valores de localidades do hemisfério norte, produtoras de lúpulo. Dessa forma, a Fase I possui 20 localidades para análise proposta, sendo a caracterização climática de cada localidade feita conforme os critérios de Köppen (1936) encontrados na literatura, em que as cidades de Holambra, Mogi das Cruzes e Piracicaba possuem mais de um tipo climático.

Tabela 4 – Mapeamento e caracterização climática das regiões do cultivo de lúpulo no Estado de São Paulo

Número	Cidade	Caracterização climática
9	Aguaí, Avaré, Boa Esperança do Sul, Cruzeiro, Holambra, Jarinu, Mogi das Cruzes, Piracicaba e Taguaí	Cwa – clima temperado, com chuvas de verão e verão quente
9	Bragança Paulista, Fartura, Holambra, Itapetininga, Juquiá, Mogi das Cruzes, Piracicaba, Sete Barras e Sorocaba	Cfa – clima temperado, sem estação seca e verão quente
6	Aramina, Holambra, Mira Estrela, Piracicaba, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto	Aw – clima tropical com chuvas de verão
1	São Bento do Sapucaí	Cfb – Clima temperado, sem estação seca e verão temperado

3.3.2 Fase II – Estudo de caso - Caracterização de propriedades participantes da pesquisa

O questionário envolveu o levantamento de informações junto a Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo (APROLÚPULO⁶) para um estudo de caso, referente a um projeto de Zoneamento Agroclimático do Grupo de Pesquisa LUPAM, aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Medicina da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Botucatu, com o cadastro de número 47990621.8.0000.5411.

A partir do levantamento das informações identificadas, além de dados das estações meteorológicas próximas às propriedades com cultivo de lúpulo (INMET), foi possível construir os perfis edafoclimáticos dos cultivares de lúpulo do estado de São Paulo.

Através do questionário foi possível identificar o número de propriedades e sua localização pelo Estado de São Paulo, sendo, portanto, uma análise detalhada, com apontamento de variedades e questões de manejo e produtividade, o que não é possível abordar na Fase I, que esta relacionada a uma caracterização geral dos locais de produção no estado de São Paulo. Dessa forma, o estudo de caso analisa algumas propriedades do Estado de São Paulo, estando assim estimado em 20% do número de propriedades identificadas através do mapa Van Den Bergen⁷.

Foi devidamente informado aos produtores que o estudo realizado tinha por objetivo caracterizar as cultivares do Estado de São Paulo, no que se refere ao clima, demanda hídrica e mapeamento das propriedades e distribuição no Estado.

3.4 Análises comuns entre as Fases I e Fase II

Nos subtópicos a seguir são apresentados os detalhes da metodologia utilizada, tanto para a fase I quanto para a fase II, pois tais metodologias são análogas para a obtenção de dados climáticos, classificação climática, geração de mapas e balanço hídrico.

⁶ <https://aprolupulo.com.br>

⁷ <https://vandebergen.com/lupulo-no-brasil-e-realidade/>

3.4.1 Base de dados climáticos

Os dados climáticos utilizados através das estações meteorológicas automáticas do INMET foram constituídos de parâmetros de precipitação total, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima.

Na Tabela 5 é apresentado o código da estação, localização, latitude, longitude, altitude e data inicial de operação da estação, contabilizando 12 estações meteorológicas, utilizadas para cobertura da área de estudo. Os dados foram obtidos até o dia 31/12/2022, sendo um período correspondente de aproximadamente 15 anos, pois algumas estações iniciaram suas operações antes ou após o ano de 2007. Assim, para cada localidade foi necessário aplicar um período para mais ou para menos.

Tabela 5 – Descrição e localização das estações meteorológicas automáticas do INMET

Código	Localização	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Data inicial de operação
A725	Avaré	23°06'06"S	48°56'28"W	776	21/09/2006
A741	Barra Bonita	22°28'16"S	48°33'27"W	533	23/04/2008
A706	Campos do Jordão	22°45'0.7"S	45°36'14"W	1662	12/03/2002
A714	Itapeva	23°58'55"S	48°53'09"W	743	24/07/2006
A739	Itapira	22°24'54"S	46°48'19"W	634	04/11/2007
A753	Ituverava	20°21'35"S	47°46'31"W	610	16/07/2008
A701	Mirante de Santana	23°29'47"S	46°37'12"W	785	24/07/2006
A726	Piracicaba	22°42'11 "S	47°37'24"W	566	25/09/2006
A715	São Miguel Arcanjo	23°51'07"S	48°9'53"W	675	14/08/2006
A713	Sorocaba	23°25'34"S	47°35'08"W	609	21/08/2006
A728	Taubaté	23°02'30"S	45°31'15"W	582	19/12/2006
A729	Votuporanga	20°24'12"S	49°57'58"W	510	03/12/2006

É de extrema importância que a base de dados climáticos tenha diferentes localizações, uma vez que tais dados ajudam a identificar o tipo climático, entendimento dos elementos que interferem no crescimento, desenvolvimento, produtividade e a incidência de pragas e doenças nas culturas, dessa forma, as estações meteorológicas foram analisadas para que os dados caracterizados representem todo o estado de São Paulo. Entretanto, há falta de dados meteorológicos em diversos períodos, assim, foi feito um rastreio para que fossem detectadas as estações com maior número de parâmetros regulares, e com a ajuda do software Excel⁸, foram organizadas planilhas dinâmicas e analisadas para que houvesse a obtenção da maior quantidade de dados consistentes.

Com os dados diários, foi realizado o levantamento dos dados consistentes, e com a ajuda de tabelas dinâmicas foram calculadas as médias mensais. Assim dados com menores números de observações foram excluídos.

Assim, neste estudo foram utilizados um período diferente para cada localidade, frente aos períodos faltantes de dados, ou aos dados insuficientes na duração das séries climatológicas de algumas estações, com a intenção de detectar quaisquer variações na demanda do período estudado.

3.4.2 Temperatura

Os padrões para a utilização dos dados de temperatura foram séries de no mínimo 10 anos, dessa forma os dados de temperatura foram organizados e tabulados em planilhas do software Excel, com as médias mensais e anuais de temperatura do ar.

3.4.3 Precipitação

Análogas às séries de temperatura, os dados mensais de precipitação acumulada foram tabulados em planilhas do programa Excel, onde foi determinado as médias anuais e números de dias com chuva.

⁸ Excel, versão Office 2019, e marca registrada da Microsoft Corporation

3.4.4 Fotoperíodo

O comprimento do dia é um importante fator para o desenvolvimento e cultivo de lúpulo, devido a planta de lúpulo responder a comprimentos de dias relativamente longos. Desta forma para verificar a duração de horas solar, foi calculado o fotoperíodo de acordo com a equação 1 (Varejão; Silva, 2006):

$$N = \frac{2}{15} \arccos (-\tan \varphi \times \tan \delta) \quad (1)$$

Onde N é a duração do dia em horas, φ é a latitude do local (para o hemisfério sul o valor é negativo) e δ é a declinação da Terra, calculada pela equação 2:

$$\delta = 23,45 \sin\left(360 \left(\frac{284 + n}{365}\right)\right) \quad (2)$$

Onde n é o dia juliano do ano.

Os valores foram transformados em radianos para os cálculos do seno e tangente.

3.4.5 Caracterização de parâmetros entre o Hemisfério Norte e Sul

Para fins comparativos de caracterização de parâmetros, foram construídas tabelas com informações do cultivo de lúpulo no Hemisfério Norte (Tabela 6) e Hemisfério Sul (Tabela 7), para facilitar as observações sobre referenciais da cultura do lúpulo, considerando as variedades utilizadas, latitude, e diversos climas, após as análises dos resultados desta pesquisa.

Tabela 6 – Caracterização do cultivo de lúpulo no Hemisfério Norte

(continua)

Hemisfério Norte									
Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Cidade - Estado	Classificação climática - Köppen	Temperatura máx. média no verão (°C)	Precipitação média anual (mm)	Fotoperíodo médio no verão (horas)	Pedologia	Cultivares	Fonte
44°34'N 123°14'W	67	Corvallis – Oregon, EUA	Csb – Clima quente e temperado	28	1.311,1	14,8	Solo argiloso	Cascade, Centennial, Chinook, Pride of Ringwood, Southern Brewer e Willamette	(Eriksen <i>et al.</i> , 2020)
28°38' N 81°33' W	33	Apopka – Florida, EUA	Cfa – Clima temperado úmido com verão quente	32	1.045,7	13,1	Arenoso	Chinook, Columbus, Amalia e Neo 1	(Pearson; Smith; Chen, 2016)
44° 56'N 122°56'W	66	Vale Willamette – Oregon, EUA	Csb – Clima quente e temperado	22	1.253,3	13,9	-	Sterling, Aunt Dora 7 e Centennial	(Verhoeven <i>et al.</i> , 2019)

Tabela 6 – Caracterização do cultivo de lúpulo no Hemisfério Norte

(continua)

Hemisfério Norte									
Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Cidade - Estado	Classificação climática - Köppen	Temperatura máx. média no verão (°C)	Precipitação média anual (mm)	Fotoperíodo médio no verão (horas)	Pedologia	Cultivares	Fonte
45° 04'N 122° 48'N	52	Mount Angel – Oregon, EUA	Csb – Clima quente e temperado	22	1.329,0	13,9	-	Centennial e Sterling	(Verhoeven <i>et al.</i> , 2019)
46° 22'N 120° 18'W	229	Toppenish – Washington, EUA	Csa – Clima temperado com chuvas de verão	25	232,6	14,0	Franco argiloso	Cascade e Zeus	(Gent <i>et al.</i> , 2022)
46° N 119° W	265	Prosser, Washington, EUA	BSk – Clima árido seco e frio	31	140,0	14,0	Franco argiloso	Mt. Hood, Columbus Willamette e Chinook.	(Nakawuka <i>et al.</i> , 2017)
37° 22'N 80° 46'W		Blacksburg – Virginia, EUA	Cfa – Clima temperado úmido com verão quente	23	816,0	13,4	Argila fina	Alpharoma, Cashmere, Cascade, Centennial, Comet, Crystal, Rainier, Nugget.	(Judd, 2018)

Tabela 6 – Caracterização do cultivo de lúpulo no Hemisfério Norte

(continua)

Hemisfério Norte									
Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Cidade - Estado	Classificação climática - Köppen	Temperatura máx. média no verão (°C)	Precipitação média anual (mm)	Fotoperíodo médio no verão (horas)	Pedologia	Cultivares	Fonte
46°15' N 15°05' W	244	Celje – Eslovênia	Cfb - Clima temperado com verão fresco	20	771,2	14,0	-	Aurora	(Pavlovic <i>et al.</i> , 2012)
46°29' N 15°07' W	455	Smartno pri Slovenj Gradcu – Eslovênia	Cfb - Clima temperado com verão fresco	18	745,6	14,0	-	Aurora	(Pavlovic <i>et al.</i> , 2012)
46°33' N 15°38' W	269	Starse pri Mariboru – Eslovênia	Cfb - Clima temperado com verão fresco	20	998,0	14,0	-	Aurora	(Pavlovic <i>et al.</i> , 2012)
51°16' N 21°52' E	120	Zastów – Polônia	Cfb - Clima temperado com verão fresco	16	835,0	14,3	Solo médio	Marynka, lunga, Magnum, Lubelski, Sybilla, Lomik	(Sawicka <i>et al.</i> , 2021)

Tabela 6 – Caracterização do cultivo de lúpulo no Hemisfério Norte

(continua)

Hemisfério Norte									
Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Cidade - Estado	Classificação climática - Köppen	Temperatura máx. média no verão (°C)	Precipitação média anual (mm)	Fotoperíodo médio no verão (horas)	Pedologia	Cultivares	Fonte
51°14' N 21°50' E	122	Brzozowa – Polônia	Cfb - Clima temperado com verão fresco	16	650,0	14,3	Solos médio	Marynka, lunga, Magnum, Lubelski, Sybilla, Lomik	(Sawicka <i>et al.</i> , 2021)
51°13' N 21°49' E	124	Majdany – Polônia	Cfb - Clima temperado com verão fresco	16	650,0	14,3	Solos médio	Marynka, lunga, Magnum, Lubelski, Sybilla, Lomik	(Sawicka <i>et al.</i> , 2021)
43°48' N 12°45' E	260	Montelabbate, Pesaro Urbino - Itália	Cfa – Clima temperado úmido com verão quente	22	859,0	13,8	Solo argiloso	Hallertau Willamette Yeoman Centennial Fuggle Mount Hood	(Mozzon; Foligni; Mannozi, 2020)

Tabela 6 – Caracterização do cultivo de lúpulo no Hemisfério Norte

(continua)

Hemisfério Norte									
Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Cidade - Estado	Classificação climática - Köppen	Temperatura máx. média no verão (°C)	Precipitação média anual (mm)	Fotoperíodo médio no verão (horas)	Pedologia	Cultivares	Fonte
37°38' N 13°45'	450	Cammarata, AG, Itália,	Cfb – Clima temperado com verão fresco	22	481,0	13,5	-	Cascade	(Marceddu; Carrubba; Sarno, 2020)
41°43' a 42°54'N 13°02' a 14°47'E	1.126,2	Abruzzo – Italia	Cfb - Clima temperado com verão fresco	23	552,0	13,7	-	Cascade	(TIZIANA, 2019)
41°23' a 42°04'N 13°57' a 15°08'E	483	Molise - Italia	Cfa – Clima temperado úmido com verão quente	20	715,0	13,7	-	Cascade	(Tiziana, 2019)
39°56' a 41°08'N 15°21' a 16°51' E	762	Basilicata - Itália	Csb – Clima mediterrânico quente	24	710,0	13,6	-	Cascade	(Tiziana, 2019)

Tabela 6 – Caracterização do cultivo de lúpulo no Hemisfério Norte

(conclusão)

Hemisfério Norte									
Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Cidade - Estado	Classificação climática - Köppen	Temperatura máx. média no verão (°C)	Precipitação média anual (mm)	Fotoperíodo médio no verão (horas)	Pedologia	Cultivares	Fonte
41° 37' N 12° 40' E	86	Lanuvio - Itália	Csa – Clima mediterrâneo	23	1.304,0	13,7	-	Cascade	(Ruggeri <i>et al.</i> , 2023)
50°18'N 13°36'E	195	Žatec, República Tcheca	Cfb - Clima temperado com verão fresco	18	475,0	14,3	luvisolo	Harmonie	(Brant <i>et al.</i> , 2020)
50°19'N 13°37'E	213	Postoloprty, República Tcheca	Cfb - Clima temperado com verão fresco	18	475,0	14,3	luvisolo	Saaz	(Brant <i>et al.</i> , 2020)
-	160 a 500	República Tcheca	-	-	450,0	-	Franco siltoso	Saaz	(Mozny <i>et al.</i> , 2009)

Tabela 7 – Caracterização do cultivo de lúpulo no Hemisfério Sul

(continua)

Hemisfério Sul									
Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Cidade – Estado	Classificação climática - Köppen	Temperatura média anual (°C)	Precipitação média anual (mm)	Média de duração do fotoperíodo (horas)	Pedologia	Cultivares	Fonte
27°48'S 50°19'O	922	Lages - SC	Cfb - Clima temperado com verão fresco	14,3	1479,4	13,5	Cambissolo húmico alumínico	Cascade, Columbus, Chinook e Yakima Gold	
28° 17'S 49° 56' O	1280	São Joaquim – SC	Cfb - Clima temperado com verão fresco	13	1561,0	13,5	Neossolo Litólico	Cascade, Columbus e Chinook	
27° 34'S 50° 09' O	886	Palmeira – SC	Cfb - Clima temperado com verão fresco	13	1561,0	13,5	Cambissolo húmico alumínio	Cascade, Columbus e Chinook	
21°45'42" S 41°17'12" O	9	Campos dos Goytacazes – RJ	Aw - tropical úmido	25	892,7	13,2	Argissolos Vermelho Argissolo Amarelo e Latossolo Amarelo	Cascade, Chinook e Saaz	(Ventura, 2022)

Tabela 7 – Caracterização do cultivo de lúpulo no Hemisfério Sul

(continua)

Hemisfério Sul									
Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Cidade – Estado	Classificação climática - Köppen	Temperatura média anual (°C)	Precipitação média anual (mm)	Média de duração do fotoperíodo (horas)	Pedologia	Cultivares	Fonte
22° 9' 36" S 42° 26' 12" O	690	Nova Friburgo - RJ	subtropical de altitude	28	1.171,0	13,2		Cascade, Columbus, Hellertau Mittelfrüh, Nugget	
29° S 50° O	880	São Francisco de Paula - RS	subtropical	19	2.100,0	13,6	Argissolo vermelho Argilo-arenoso Eutrófico	Cascade, Millenium, Chinook, Nugget, Magnum e Centenial	
20° 25' S 51° 21' O	330	Ilha Solteira - SP	Aw - tropical úmido	25	1.255,8	13,1	Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa	'Bullion', 'Chinook', 'Columbus', 'Mantiqueira', 'Mapuche', 'Nugget', 'Saaz', 'Victoria' e 'Yakima Gold'	
22°50'S 48°26'O	790	Botucatu - SP	Cfa – Clima temperado com verão quente	23	1.257,6	13,2		Cascade	

Tabela 7 – Caracterização do cultivo de lúpulo no Hemisfério Sul

(conclusão)

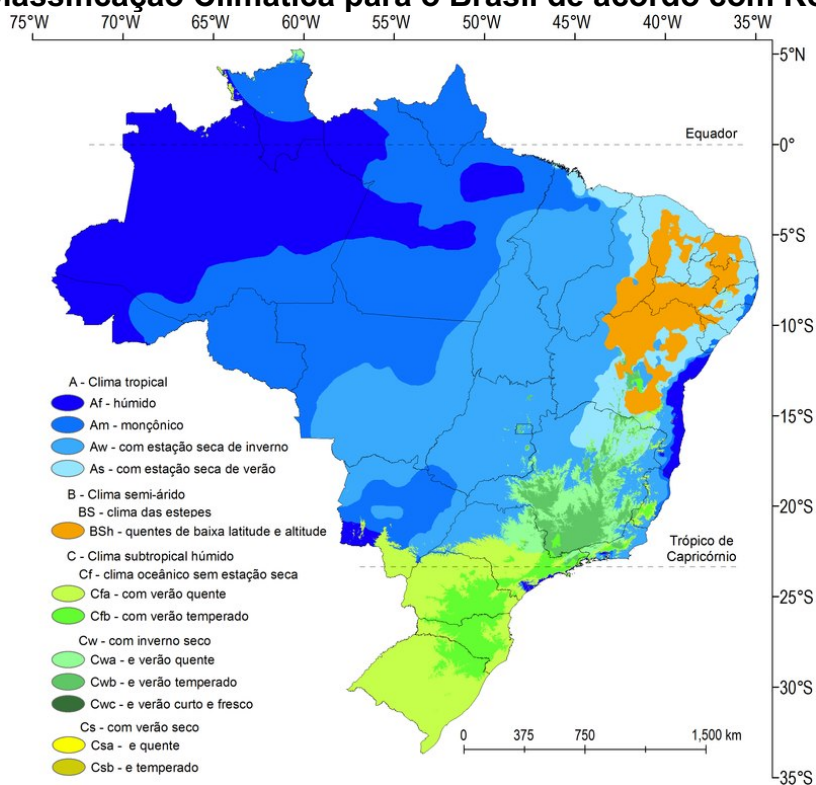
Hemisfério Sul									
Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Cidade – Estado	Classificação climática - Köppen	Temperatura média anual (°C)	Precipitação média anual (mm)	Média de duração do fotoperíodo (horas)	Pedologia	Cultivares	Fonte
21°15' S 48°19' O	615	Jaboticabal- SP	Aw com transição para Cwa	23	1.424,6	13,1		Cascade, Saaz; Brazylinsk, Hallertau e Victoria	
22°41'S 47°38' O	550	Piracicaba - SP	Cwa - temperado úmido	22,3	1.347,0	13,2	Nitossolo vermelho distrófico latossólico	Cascade	
21°10' S 47°47' O	551	Ribeirão Preto – SP	Cwa - temperado úmido	25	1038,5	13,2	Latossolo vermelho distrófico	Cascade, Chinook, Triple Pearl e Saaz	(Contin <i>et al.</i> , 2023)
22°01'S 42°21'O	485	Cordeiro - RJ		21	1.089,5	13,2			
22°16'S 42°31'O	846	Nova Friburgo RJ		18	1.173,1	13,2			
21°14'S 45°00'O	845	Lavras – MG	Cwa - temperado úmido	20	1.184,1	13,2	Argissolo	Chinook, Millenium.	(Gutiérrez <i>et al.</i> , 2023)

3.4.6 Caracterização climática local e balanço hídrico climatológico (BHC)

A classificação climática foi utilizada para verificar a proporção de ocorrências das propriedades em cada tipo de clima do Estado de São Paulo, com o intuito de identificar como estavam distribuídas as propriedades e se estavam distribuídas de tal forma a representar todas as classificações climáticas do estado.

Sabe-se que no estado de São Paulo as classificações climáticas presentes são Af, Am, Aw, Cfa, Cfb, Cwa, Cwb (Figura 8), sendo 64,2% da área definida por Aw e Cfa (Alvares *et al.*, 2013).

Figura 8 – Classificação Climática para o Brasil de acordo com Koppen (1936)



Fonte: Alvares *et al.* (2013).

Em relação à classificação de clima utilizada, o método de Köppen baseia-se na qualificação de diversas regiões, tipos e variedades climáticas, pela definição de primeira letra que designa o grupo (maiúscula) (Tabela 8), indicador de tipo (minúscula) (Tabela 9) e indicador de subtipo (Tabela 10), segundo Souza *et al.* (2013).

Tabela 8 – Indicador de grupo climático

Código	Tipo de Clima	Definição
A	Tropical	Climas megatérmicos. Temperatura média do mês mais frio maior que 18°C. Estação invernal ausente e precipitação anual superior a Evapotranspiração anual.
B	Árido	Climas secos (Precipitação anual menor que 500 mm); Evapotranspiração anual superior a Precipitação anual; Inexistência de cursos d'água permanentes.
C	Temperado	Climas mesotérmicos; Temperatura média do mês mais frio entre -3 e 18°C (considerando a mínima média); Temperatura média do mês mais quente maior que 10°C; Verão e inverno bem definidos.
D	Continental	Climas microtérmicos; Temperatura média do ar do mês mais frio menor ou igual a 3°C; Temperatura média do mês mais quente maior que 10°C; Verão e inverno bem definidos.
E	Glacial	Climas polares e de alta montanha; Temperatura média mês mais quente maior que 10°C; Verão pouco definidos ou inexistente.

Fonte: Adaptação da classificação de Köppen (1931), Souza *et al.* (2013).

Tabela 9 – Indicador de tipo climático

Código	Grupo	Informação
S	B	Clima das estepes; Precipitação anual média entre 380 e 760 mm.
W	B	Clima desértico; Precipitação anual média < 250 mm
f	A – C – D	Clima úmido; Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano; Inexistência de estação seca definida; Precipitação do mês mais seco > 60 mm.
w	A – C – D	Chuvas de verão.
w'	A – C – D	Chuvas de verão – outono
s'	A – C – D	Chuvas de inverno-outono.
m	A	Clima de monção; Precipitação anual média > 1500 mm e precipitação do mês mais seco < 60 mm.
T	E	Temperatura média do ar no mês mais quente entre 0 e 10°C
F	E	Temperatura média do mês mais quente < 0°C.
M	E	Precipitação abundante (inverno pouco rigoroso).

Fonte: Souza *et al.* (2013).

Tabela 10 – Indicador de subtipo climático

Código	Grupo	Informação
a: Verão quente	C – D	Temperatura média do ar no mês mais quente maior que 22°C.
b: Verão temperado	C – D	Temperatura média do ar no mês mais quente menor que 22°C; Temperatura média do ar nos 4 meses mais quentes maior que 10°C
c: Verão curto e fresco	C – D	Temperatura média do ar no mês mais quente menor que 22°C; - Temperatura média do ar maior que 10°C durante menos de 4 meses; Temperatura média do ar no mês mais frio maior que -38°C.
d: Inverno muito frio	D	Temperatura média do ar no mês mais frio menor que - 38°C.
h: Seco e quente	B	Temperatura média anual do ar maior que 18°C; deserto ou semideserto quente (Temperatura anual média do ar igual ou superior a 18°C).
k: Seco e frio	B	Temperatura média anual do ar menor que 18°C; Deserto ou semideserto frio (Temperatura anual média do ar igual ou inferior a 18°C).

Fonte: Souza *et al.* (2013).

O Balanço Hídrico Climatológico Normal (BHC) foi realizado para todas as cidades encontradas na fase I e fase II, sendo estimados pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), conforme metodologia utilizada por Pereira (2005), através de dados fornecidos pela base de dados INMET, e calculado por meio de planilhas eletrônicas conforme metodologia proposta por Rolim *et al.* (1998).

Foi possível obter o BHC para todas as estações próximas às áreas de cultivo do lúpulo, utilizando-se apenas a introdução das variáveis de entrada como a temperatura do ar, precipitação, latitude, e a capacidade de água disponível no solo que varia em função da textura do solo, e segundo Doorenbos e Kassam (1994), a Capacidade de Água Disponível (CAD) média para solos de textura argilosa é de 2,0 mm/cm, para solos de textura média é de 1,4 mm/cm e de textura arenosa é de 0,6 mm/cm, sendo assim estes valores foram utilizados em função da textura do solo para a região de estudo.

Para que o BHC seja calculado é necessário que seja obtida a evapotranspiração potencial (ETP), sendo também definida pelo método de Thornthwaite (1948) através da equação 4.

$$ETP = 16 \times \left(10 \times \frac{T}{I}\right)^a \quad (4)$$

Onde T é a temperatura média do mês (°C), I é o índice térmico (°C), dado pela equação 5.

$$I = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514} \quad (5)$$

Onde a é uma função de I, dado pela equação 6 (Pereira; Angelocci; Sentelhas, 2002).

$$a = 0,675 \cdot 10^{-6} \times I^3 - 0,771 \times 10^{-4} \times I^2 + 1,792 \times 10^{-2} \times I + 0,49239 \quad (6)$$

A ETP caracteriza o valor total mensal de evapotranspiração que aconteceria em condições térmicas de um mês padrão de 30 dias, em que cada dia ocorreria 12 horas de fotoperíodo (N), sendo assim a ETP precisa ser corrigida em função do número de dias do período (NDP) pela equação 7. Desse modo, a obtenção de ETP do mês correspondente, deve ser corrigido através do valor de ETP em função do número real de dias do fotoperíodo do mês.

$$COR = \left(\frac{N}{12}\right) \times \left(\frac{NDP}{31}\right) \quad (7)$$

Onde NDP é o número de dias do mês em questão, N é o fotoperíodo médio do mês.

Para estimar da evapotranspiração da cultura (ETc) foi utilizada a metodologia proposta por Allen *et al.* (1998), usando o coeficiente da cultura (adimensional), para o ciclo do lúpulo de 155 dias, através da equação 8. Os valores de Kc inicial, intermediário e final foram de 0,3, 1,05 e 0,85, respectivamente.

$$ETc = Kc \times ETP \quad (8)$$

Onde Kc é o coeficiente da cultura.

3.4.7 Classificação pedológica

Para a análise de aptidão edáfica para o cultivo de lúpulo, foi realizado um levantamento de revisão de literatura, pois é importante caracterizar os níveis de umidade do solo, sabendo-se que é um fator de suma relevância para o crescimento e desenvolvimento das plantas, por isso o estudo também visou analisar o tipo de solo de cada região e sua capacidade de retenção de água, assim a suplementação hídrica não é apenas um condicionante de restauração, mas atua também como um agente que regula a temperatura. Dessa forma, a planta tem necessidades diferentes de umidade em seus estágios de desenvolvimento e crescimento e assim torna-se dependente das condições climáticas.

3.5 Análise estatística

Foi desenvolvida uma análise estatística descritiva, com o intuito de delinear, sintetizar, caracterizar, relatar e comparar com os parâmetros observados de temperatura, precipitação, fotoperíodo, e comparações entre regiões de referencial nacional e internacional quanto às demandas edafoclimáticas do lúpulo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fase I – Mapa geral do Estado de São Paulo (Van de Bergen)

4.1.1 Cidades produtoras de lúpulo no Estado de São Paulo

Através do mapa disponibilizado pelo viveiro de mudas VAN DE BERGEN, foi possível localizar o cultivo de lúpulo no Estado de São Paulo, pois cada símbolo verde representa uma propriedade, e assim foram encontrados 20 municípios onde há produção de lúpulo e suas respectivas coordenadas geográficas, altitude, área de ocupação do município e população (Tabela 11) (Cidade-Brasil, 2023; IBGE, 2022).

Tabela 11 – Municípios com cultivo de lúpulo no Estado de São Paulo

(continua)

Município	Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Área (km ²)	População estimada (habitantes)
Aguai	Latitude 22° 04' 09" S; Longitude 46° 58' 52" O	661	474,554	32.072
Aramina	Latitude 20° 05' 28" S; Longitude 47° 47' 22" O	605	202,829	5.420
Avaré	Latitude 23° 06' 16" S; Longitude 48° 56' 23" O	786	1.213,055	92.805
Boa esperança do Sul	Latitude 21° 59' 42" S; Longitude 48° 23' 29" O	484	690,748	12.978
Bragança Paulista	Latitude 22° 57' 07" Sul; Longitude 46° 32' 31" O	852	512,584	176.811
Cruzeiro	Latitude 22° 34' 35" S; Longitude 44° 57' 48" O	514	305,699	74.691
Fartura	Latitude 23° 23' 18" S; Longitude 49° 30' 55" O	525	429,171	16.641
Holambra	Latitude 22° 37' 60" S; Longitude 47° 03' 23" O	604	65,577	15.094
Itapetininga	Latitude 23° 35' 40" S; Longitude 48° 03' 14" O	636	1.789,350	157.790

Tabela 11 – Municípios com cultivo de lúpulo no Estado de São Paulo

(conclusão)

Município	Coordenadas geográficas	Altitude (m)	Área (km²)	População estimada (habitantes)
Jarinu	Latitude 23° 06' 07" S; longitude 46° 43' 41" O	781	207,549	37.535
Juquiá	Latitude 24° 19' 17" S; Longitude 47° 38' 14" O	18	812,799	17.154
Mira Estrela	Latitude 19° 58' 46" S; Longitude 50° 08' 16" O	456	216,825	3.126
Mogi das Cruzes	Latitude 23° 31' 29" S; Longitude 46° 11' 14" O	740	712,541	451.505
Piracicaba	Latitude 22° 43' 30" S; Longitude 47° 38' 51" O	524	1.378,069	423.323
Ribeirão Preto	Latitude 21° 10' 36" S; Longitude 47° 49' 15" O	531	650.916	698.642
São Bento do Sapucaí (Entre Vilas)	Latitude 22° 41' 18" S; Longitude 45° 44' 11" O	874	252,579	11.674
São José do Rio Preto	Latitude 20° 49' 13" S; Longitude 49° 22' 47" O	510	431,944	489.393
Sete Barras	latitude 24° 22' 34" S; Longitude 47° 56' 00" O	53	1.062,699	12.730
Sorocaba	Latitude 23° 30' 22" S; Longitude 47° 27' 21" O	562	449,872	723.682
Taguaí	Latitude 23° 26' 28" S; Longitude 49° 24' 34" O	546	145,332	12.669

Através das coordenadas geográficas, é possível constatar as latitudes de cultivo de lúpulo no estado de São Paulo, estando entre 19° e 24°C, em que, o município de Mira Estrela apresenta a menor latitude de 19°58'46" S, e os municípios de Juquiá e Sete Barras possuem as maiores latitudes de 24°19'15"S e 24°23'16" S respectivamente.

A média de altitude para os municípios é de 563 m, sendo possível observar que existe uma amplitude de 856 m, sendo o município de Juquiá com a menor altitude (18 m) e São Bento do Sapucaí com a maior altitude (874 m).

No caso específico do Estado de São Paulo, as altitudes variaram de 18 a 874 m para as cidades que cultivam o lúpulo. O cultivo segue em ascensão sendo que a

altitude não é um parâmetro único para identificar a produção, segundo estudos recentes como o de Stark e Gillespie (2021).

Devido ao cultivo de lúpulo ocorrer em áreas de baixa latitude, entre 15°S e 30°S, esse fator pode influenciar a floração da cultura e ocorrer uma baixa produtividade, sendo esse aspecto mencionado por Spósito *et al.* (2019).

Mesmo em países, que se encontram em faixas de latitudes consideradas ideais para o cultivo de lúpulo, podem não obter resultados semelhantes de produção, ainda que, usando variedades populares como Cascade, Nugget e Chinook. Como exemplo, a Carolina do Norte (EUA) em que a maior parte do estado possui clima subtropical úmido (Cfa), enquanto as regiões produtoras de lúpulo possuem clima temperado.

Em uma pesquisa realizada por Qu e Davis (2019) consta que na Carolina do Norte (sudoeste dos EUA), em que a latitude é de 35,5° N, e altitude de aproximadamente 740 m, os produtores obtiveram baixos rendimentos em comparação com as principais áreas de produção de lúpulo (Noroeste do Pacífico), onde na Carolina do Norte a produção de cone seco é de aproximadamente 90 a 181 kg a cada 0,5 hectares, enquanto a Noroeste do Pacífico a ocorrência de produção é de 454 kg a 907 kg a cada 0,5 hectares.

Para muitos pesquisadores, o Brasil não podia ser considerado um país produtor de lúpulo antes do início das inúmeras tentativas de cultivo, devido sua posição geográfica (latitude), entretanto Carvalho (2018), realizando uma pesquisa de zoneamento agroclimático para a cultura do lúpulo no Estado do Rio de Janeiro, relata que o engenheiro agrônomo Rodrigo Veraldi conseguiu cultivar lúpulo de forma eficiente, e hoje possui um projeto relacionado ao melhoramento de cultivo da espécie.

O autor ainda relata que tal perspectiva encoraja os produtores e cervejeiros que estão tentando cultivar lúpulo em grande quantidade, desafiando assim a ideia de especialistas de que só é possível plantar lúpulo entre as latitudes de 30 a 55°. Assim sendo, o autor obteve o contato com pequenos agricultores, certificando-se de que há produção de lúpulo nas cidades do Estado de São Paulo, Paraná e Distrito Federal, onde as cidades estão situadas geograficamente em latitudes inferiores a 30° Sul.

Para o Estado de São Paulo existem alguns estudos como o de Fortuna *et al.* (2023) que avaliaram o desempenho agrônômico de variedades de lúpulo em Botucatu– SP, onde a altitude é de 791 m, apresentando desempenho morfológico e produtivo satisfatório nas condições edafoclimáticas do centro-oeste de São Paulo, Brasil.

Diversos autores como Fortuna (2023), Neves (2022), Jastrombek *et al.* (2022), Sasso (2021), Gonsaga (2021), Sousa (2021) e Fagherazzi (2020) realizaram pesquisas em solo brasileiro, com latitudes que variam de 21 a 27° S, e altitudes que diferem entre 641 a 1.003 m, e concluíram que o cultivo de lúpulo é uma alternativa próspera para os agricultores, ocorrendo produção de cones desde a primeira safra. Sendo assim, os resultados são positivos tanto para a produtividade quanto para a qualidade, entretanto pode ocorrer influências na produção e nos atributos de qualidade do lúpulo devido ao manejo.

Assim pode ser inferido que, o cultivo nas regiões do estado de São Paulo, tem perspectiva positiva, visto os resultados das pesquisas em solo brasileiro, fato que pode ser explicado devido a planta de lúpulo ter características rústicas e adaptativas a diferentes condições edafoclimáticas. É relevante ressaltar que os produtores tenham entendimento sobre as cultivares/variedades de lúpulo, escolhendo aquela que melhor apresenta desempenho fisiológico e crescimento com maior potencial de produção, para as condições climáticas brasileiras.

4.1.2 Pedologia e relevo das regiões produtoras de lúpulo no Estado de São Paulo

A maior parte dos tipos de solos encontrados nas regiões produtoras (Tabela 12) são latossolos, seguidos por argissolos, Cambissolos, Neossolos e Gleissolos.

De acordo com o IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), os Latossolos são solos profundos, com boa drenagem e com baixa capacidade de trocas catiônicas, sendo pouco férteis. Os Argissolos são solos com fertilidade variável, possuem maior capacidade de retenção de água em horizontes abaixo da superfície. Os Cambissolos são solos com menor profundidade e elevado teor de minerais primários. Os Neossolos são solos com menor desenvolvimento pedogenético, sendo caracterizado pela menor profundidade ou por predominância de areias e possuem baixa retenção de água. Os Gleissolos são solos minerais formados onde há saturação de água, possuem cores acinzentadas, de textura e fertilidade variável.

**Tabela 12 – Características do relevo e solos dos municípios produtores de
lúpulo, do estado de São Paulo.**

(continua)

Município	Relevo	Solos
Aguai	Suave ondulado e ondulado	Latossolo vermelho-amarelos
Aramina	Plano e ondulado	Latossolos vermelho e Argissolos Vermelho-Amarelo
Avaré	Planícies, colinas e morros	Latossolo e solos litólicos
Boa esperança do Sul	Plano	Latossolos; Planossolos e solos litofílicos
Bragança Paulista	Ondulado com presença de morros	Latossolos; Cambissolos e litólicos
Cruzeiro	Depressões e declives	Latossolo Vermelho-Amarelo
Fartura	Morros baixos com topos íngrimes	Latossolos; argissolos; nitossolos e litólicos
Holambra	Plano	Argissolos
Itapetininga	Suave ondulado	podzólico vermelho-amarelo
Jarinu	Acidentado, montanhoso e de morros	Latossolos Vermelho- Amarelos; Cambissolos Háplicos e Gleissolos
Juquiá	Planaltos, morros litorâneos e pequenas planícies fluviais	Latossolos; argissolos e solos aluviais
Mira Estrela	Acidentado	Latossolo vermelho distrófico e neossolos litolítico

Tabela 12 – Características do relevo e solos dos municípios produtores de lúpulo, do estado de São Paulo.

Município	Relevo	(conclusão)
		Solos
Mogi das Cruzes	Acidentado e ondulado	Latossolos; argissolos e solos aluviais
Piracicaba	Acidentado, colinas baixas e suavizadas	Latossolos; solos aluviais e argissolos
Ribeirão Preto	Pequenos declives, ondulações naturais, colinas amplas, morros amplos e morros arredondados	Gleissolos; latossolos e neossolos
São Bento do Sapucaí (Entre Vilas)	Declives, aclives e topos planos	Latossolos vermelho-amarelo
São José do Rio Preto	colinas médias, colinas amplas, morros paralelos e planícies aluviais	Latossolos e Podzólicos
Sete Barras	declives e ondulações naturais, colinas amplas, morros amplos e morros arredondados	Argissolos; Cambissolos; Latossolos; Neossolos e organossolos
Sorocaba	Ondulado suave, planalto cristalino, depressão periférica, e planalto atlântico	Latossolos Vermelhos e Argissolos
Taguaí	Morros baixos com topos curvados e declividades	Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelhos, Nitossolos Vermelhos e Neossolos Litólicos

Assim, o relevo é fundamental no cultivo de lúpulo, pois em relevos com maior grau de aclives ou declives, pode favorecer a ocorrência de lixiviação dos nutrientes, erosão e dificuldades para mecanização agrícola, porém há o cultivo em lugares como

na região de Hallertau, no Sul da Alemanha, em que o relevo é descrito como suavemente ondulado.

Autores como Burgess (1964), Mahaffee *et al.* 2009, Afonso *et al.* (2017), Dodds (2017) e Paguet *et al.* (2022) relatam que o lúpulo pode ser cultivado em vários tipos de solo, devendo estes serem profundos, com boa drenagem e que tenham umidade suficiente para ocorrer o pleno desenvolvimento da parte radicular da planta.

Conforme encontrado na literatura, os tipos de solo e relevo podem não ser os mesmos encontrados nas propriedades onde ocorre o cultivo de lúpulo no Estado de São Paulo, sendo assim, e devido a implantação da cultura nas propriedades, acredita-se que o tipo de solo e relevo não são empecilhos para a produção de lúpulo, fato que pode ser explicado pelos relatos de diversos autores mencionados anteriormente.

4.1.3 Parâmetros climáticos das regiões de cultivo de lúpulo no Estado de São Paulo

O ciclo de crescimento e desenvolvimento do lúpulo é induzido devido aos parâmetros meteorológicos, como temperatura, horas de luz solar, precipitação e pela própria cultivar/variedade de lúpulo, assim, pode-se constatar os tipos climáticos das regiões produtoras de lúpulo no estado de São Paulo, bem como a temperatura média, temperatura máxima na primavera – verão e temperatura máxima no outono – inverno (Tabela 13).

Os municípios de Holambra, Mogi das Cruzes e Piracicaba possuem mais de um tipo climático de acordo com o preconizado na literatura encontrada. Os tipos climáticos encontrados são Cwa, Cfa, Aw e Cfb, fato que pode ser atribuído devido as mudanças climáticas, podendo ser confirmado por autores como Dias, Alvares e Sentelhas (2017).

Aguaí, Avaré, Boa Esperança do Sul, Cruzeiro, Holambra, Jarinu, Mogi das Cruzes, Piracicaba e Taguaí possuem classificação climática de acordo com Köppen-Geiger, como tipo Cwa. As temperaturas médias anuais ficam em torno de 20 a 22 °C, e nos meses em que ocorre as estações de primavera – verão (outubro a março), as temperaturas máximas são de aproximadamente 28,1 a 31,3 °C, e nas estações que abrangem o outono – inverno (abril a setembro), as temperaturas máximas são de 24,3 a 27,7°C.

Tabela 13 – Características climáticas dos municípios do estado de São Paulo

Município	Tipo climático	Temperatura média (°C)	Temperatura máxima na primavera – verão (°C)	Temperatura máxima no outono – inverno (°C)
Aguai, Avaré, Boa Esperança do Sul, Cruzeiro, Holambra, Jarinu, Mogi das Cruzes, Piracicaba e Taguaí	Cwa	20 a 22	28,1 a 31,3	24,3 a 27,7
Bragança Paulista, Fartura, Holambra, Itapetininga, Juquiá, Mogi das Cruzes, Piracicaba, Sete Barras e Sorocaba	Cfa	19 a 22	28 a 30,2	23,7 a 26,9
Aramina, Holambra, Mira Estrela, Piracicaba, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto	Aw	22 a 24	30,2 a 32,4	26,9 a 30,4
São Bento do Sapucaí (Entre Vilas)	Cfb	15	23,1	19,7

Os municípios de Bragança Paulista, Fartura, Holambra, Itapetininga, Juquiá, Mogi das Cruzes, Piracicaba, Sete Barras e Sorocaba estão classificados de acordo com Köppen-Geiger como tipo Cfa. Ao observar as médias anuais de temperatura é possível notar que as médias são próximas de 19 a 22°C, e nas estações de primavera – verão, as temperaturas máximas média podem permanecer entre 28 e 30,2°C. As temperaturas máximas médias para as estações de outono – inverno é de 23,7 a 26,9°C.

Os municípios de Aramina, Holambra, Mira Estrela, Piracicaba, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto estão classificados de acordo com Köppen-Geiger como tipo Aw. A temperatura média é de 22 a 24 °C, e as temperaturas máximas médias durante as estações de primavera – verão podem atingir de 30,2 a 32,4°C. Durante as estações de outono – inverno ficam em torno de 26,9 a 30,4°C.

O município de São Bento do Sapucaí está classificado de acordo com Köppen-Geiger, como tipo Cfb, possuindo temperaturas amenas durante o ano todo, e

precipitação uniforme ao longo do ano, sendo a média anual de temperatura de 15°C. Na estação de primavera – verão, a temperatura máxima é de 23,°C, e nas estações de outono – inverno é de 19,7°C.

Estudos como de Eriksen *et al.* (2020) mencionam que as plantas de lúpulo em umidade adequada de solo obtêm máxima assimilação de carbono em temperaturas entre 21 e 39°C, e que as variedades como Cascade, Willamette e Southern Brewer são mais indicadas para climas com temperaturas elevadas, pois não há redução na taxa de assimilação de carbono.

Autores como Marceddu, Carrubba e Sarno (2020), estudando o cultivo de lúpulo na Itália, inferem que o cultivo de lúpulo é promissor para ambientes mediterrâneos semiáridos, pois obtiveram rendimentos significativos para a variedade Chinook, com média de 41 g de cone seco por planta, enquanto as variedades Cascade e Nugget obtiveram 29,1 e 18,7 g de cone seco por planta respectivamente, onde as temperaturas no período de verão ficaram acima de 30°C.

Para o Estado de São Paulo há alguns estudos como o de Barreto (2022), Gonsaga (2021) e Neves (2021), sobre o comportamento das plantas de lúpulo, nos municípios de Piracicaba, Jaboticabal e Botucatu, onde foi observado que a temperatura não é um fator limitante para que a planta tenha pleno desenvolvimento e nem para que o cultivo ocorra, sendo assim um referencial para estudos como este, pois as temperaturas encontradas pelos autores, variaram de 20 a 35°C, proporcionando pleno desenvolvimento, crescimento e ciclo completo para plantas de lúpulo, não havendo período de dormência, e com produção de cones desde a primeira safra.

As temperaturas para os municípios de cultivo do lúpulo estão de acordo, conforme relatado acima, pois as temperaturas médias variam de 11,5 a 25,6°C, e as máximas médias de 23,7 a 30,4°C, exceto para o município de São Bento do Sapucaí, que possui temperaturas, tanto máxima média quanto média consideradas amenas.

Dentre os municípios observados, é possível inferir que, as cidades onde há predominância de clima Aw, as temperaturas médias e máximas são mais elevadas, e atendem aos quesitos para propagação da cultura em ambientes com temperaturas elevadas. Assim, quando comparadas as temperaturas em regiões produtoras de lúpulo no Hemisfério Norte, é possível inferir que as faixas de temperatura no Hemisfério Sul podem ser ideais ao cultivo de lúpulo.

Leite e Pandolfo (2022) reportam que não há uma faixa ideal de temperatura para que o lúpulo desenvolva. Com essas informações, pode-se atestar que as temperaturas obtidas através das estações meteorológicas, não afetam de forma negativa as plantas de lúpulo para as regiões em estudo, estando de acordo com o que foi mencionado.

Entretanto, existem algumas questões que demandam maior atenção acerca da temperatura que podem influenciar a qualidade e a produtividade de forma negativa, quando olhadas ao nível comercial. Assim, autores como Mozny *et al.* (2009) e Rybacek *et al.* (1980) relatam que com o aumento de temperatura, ocorre o início precoce das fases fenológicas do lúpulo. Dessa forma é necessário que o produtor tenha um maior cuidado com o monitoramento meteorológico em relação ao desenvolvimento da cultura e use manejos e técnicas que visam otimizar o momento da colheita.

Os parâmetros de precipitação (Tabela 14) inferem que na maioria dos municípios, o mês de maior ocorrência de precipitação corresponde a janeiro, sendo assim ocorre também o maior volume de precipitação, com exceção do município de São Bento do Sapucaí, onde o mês com maior volume de precipitação corresponde a dezembro. Os meses com menores médias acumuladas de precipitação correspondem a agosto, e variam de 8,5 a 52,2 mm.

O volume de precipitação anual, para as cidades do Estado de São Paulo, que cultivam lúpulo, é maior do que o observado no Hemisfério Norte, podendo ser visto que o referencial teórico (Tabela 6) apresenta valores variados, entre 140,0 e 1.329,0 mm anual, entretanto é possível constatar que para as regiões de cultivo de lúpulo, em Prosser – Washington, e Toppenish – Washington o valor acumulado anual é de 140,0 e 232 mm. Tal valor corresponde a 12,3 e 20% do menor acúmulo observado nas cidades de Juquiá e Sete Barras.

Nas regiões produtoras do Hemisfério Norte, as cidades de Corvallis, Mount Angel, situadas no Estado de Oregon, e Lanuvio – Itália, possuem as maiores médias acumuladas anuais de 1.311,1, 1.329,0 e 1.304,0 mm respectivamente, e que quando comparadas a região produtora com a maior média acumulada anual do Estado de São Paulo (São Bento do Sapucaí), é possível inferir que os índices correspondem a aproximadamente 82% do acumulado, para mais ou para menos.

Tabela 14 – Característica de precipitação, para as regiões de cultivo de lúpulo, no Estado de São Paulo

Município	Média acumulada anual de precipitação (mm)	Mês com maior média acumulada de precipitação (mm)	Mês com menor média acumulada de precipitação (mm)
Aguai, Avaré, Boa Esperança do Sul, Cruzeiro, Holambra, Jarinu, Mogi das Cruzes, Piracicaba e Taguaí	1.260,6 a 1587,4mm	Janeiro – 242,4 a 316,9mm	Agosto – 23,0 a 39,9mm
Bragança Paulista, Fartura, Holambra, Itapetininga, Juquiá, Mogi das Cruzes, Piracicaba, Sete Barras e Sorocaba	1138,8 a 1587,4mm	Janeiro – 175,4 a 299,2mm	Agosto – 23,0 a 52,2mm
Aramina, Holambra, Mira Estrela, Piracicaba, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto	1247,2 a 1384,6mm	Janeiro – 239,7 a 299,5mm	Agosto – 8,5 a 39,9mm
São Bento do Sapucaí	1606,7mm	Dezembro – 253,4mm	Agosto – 33,0 mm

Outro importante parâmetro para o cultivo de lúpulo é o fotoperíodo (Tabela 15). É através do fotoperíodo é possível observar os meses com maior e menor média de duração do dia. Os meses com maiores médias de fotoperíodo são dezembro, janeiro e fevereiro, com duração acima de 13 horas, exceto para os municípios de Aramina, Ribeirão Preto, Mira Estrela e São José do Rio Preto, em que os meses de dezembro e janeiro possuem as maiores médias de fotoperíodo. Os meses com menores médias de fotoperíodo são maio, junho e julho, variando de 10,6 a 10,8 horas para os municípios encontrados através do mapeamento.

O município de Bragança Paulista e Fartura, possuem as maiores médias de fotoperíodo para dezembro e janeiro, sendo 13,4 e 13,5 horas, respectivamente, e meses com menores médias para os meses de junho, julho e agosto, de 10,6, 10,5 e 10,9 horas, na devida ordem.

Tabela 15 – Duração média do dia, em horas, para os municípios produtores de lúpulo, no Estado de São Paulo

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Aguai e Holambra;	13,3	13,0	12,5	11,8	11,2	10,7	10,6	11,0	11,6	12,2	12,9	13,3
Avaré e Taguaí	13,4	13,0	12,5	11,8	11,1	10,7	10,6	10,9	11,6	12,2	12,9	13,3
Boa Esperança do Sul	13,3	13,0	12,5	11,8	11,2	10,7	10,6	11,0	11,6	12,2	12,9	13,3
Cruzeiro	13,4	13,0	12,5	11,8	11,1	10,7	10,6	10,9	11,6	12,2	12,9	13,3
Jarinu e Piracicaba	13,4	13,0	12,5	11,8	11,1	10,7	10,6	11,0	11,6	12,2	12,9	13,3
Mogi das Cruzes	13,4	13,1	12,5	11,8	11,1	10,6	10,6	10,9	11,5	12,2	12,9	13,4
Bragança Paulista e Fartura	13,5	13,1	12,5	11,8	11,1	10,6	10,5	10,9	11,5	12,3	12,9	13,4
Itapetininga e Sorocaba	13,4	13,0	12,5	11,8	11,1	10,7	10,6	10,9	11,6	12,2	12,9	13,4
Juquiá e Sete Barras	13,4	13,1	12,5	11,8	11,1	10,6	10,5	10,9	11,5	12,2	12,9	13,4
Aramina e Ribeirão Preto	13,2	12,9	12,4	11,8	11,2	10,8	10,8	11,1	11,6	12,2	12,8	13,2
Mira Estrela e São José do Rio Preto	13,2	12,9	12,4	11,8	11,2	10,8	10,8	11,1	11,6	12,2	12,8	13,2
São Bento do Sapucaí	13,4	13,0	12,5	11,8	11,1	10,7	10,6	11,0	11,6	12,2	12,9	13,3

Os municípios de Aramina, Ribeirão Preto, Mira Estrela e São José do Rio Preto apresentam as menores médias de fotoperíodo, em relação as demais regiões, nos meses de dezembro e janeiro, entretanto nos meses de maio, junho e junho, que predominam as estações de outono – inverno, podem ser observadas as maiores médias, em relação as demais cidades, sendo 11,2, 10,8 e 10,8 horas, respectivamente.

Conforme relatado por Agehara (2020), na Flórida a latitude é inferior a 30 N, e a duração da luz solar é menor que 14 horas, sendo necessário o uso de iluminação suplementar para não ocorrer a floração. Tal situação pode ser comparada ao cultivo brasileiro, onde os meses com maiores fotoperíodos correspondem, dezembro e janeiro, com estimativa de aproximadamente 13,3 horas de duração.

Os estudos brasileiros, relatam sobre a necessidade do fotoperíodo para o cultivo de lúpulo, entretanto poucas pesquisas têm sido realizadas com o uso de

suplementação luminosa no Brasil. Mesmo com o que tem sido relatado sobre a necessidade do fotoperíodo para o cultivo de lúpulo, mesmo com o fotoperíodo menor do que no Hemisfério Norte, durante a fase de desenvolvimento vegetativo, estudos indicam que a produtividade está de acordo com o preconizado pela literatura.

Em um estudo recente, Sousa *et al.* (2024) reportam que no Brasil ainda não há um entendimento claro sobre o perfil dos compostos dos lúpulos, quando comparados aos cultivos no Hemisfério Norte, com ou sem suplementação luminosa.

Faguerazzi (2020) aborda que na literatura ocorre carência de dados que correlacione a quantidade de horas de brilho solar e produção de cones e desenvolvimento do lúpulo, sendo imprescindível compreender a quantidade de brilho solar em horas, já que isso reflete na disponibilidade efetiva de horas de sol em uma determinada região, assim a produção é um fator que está relacionando com a quantidade de horas efetivas de brilho solar. Dessa forma é necessário que mais pesquisas sejam realizadas, para fornecer melhor entendimento.

No Hemisfério Norte (Tabela 6) as regiões produtoras de lúpulo possuem fotoperíodo médio no verão acima de 14 horas, onde as cidades de Majdany – Polónia, Zatec e Postoloprty na República Tcheca contabilizam média de 15,7 horas. Ao comparar o fotoperíodo das regiões produtoras de lúpulo no Estado de São Paulo, é possível inferir que a média de fotoperíodo no verão para as cidades de Bragança Paulista e Fartura é de 13,5 horas, ou seja 0,5 horas a menos do que a maioria das regiões produtoras do Hemisfério Norte, e quando comparado as maiores médias (15,7 horas), o valor é de 2,2 horas a menos.

De acordo com os dados obtidos de precipitação, para este estudo, os acúmulos anuais de precipitação são maiores do que as regiões do Hemisfério Norte, entretanto devido a má distribuição das chuvas nas regiões do Estado de São Paulo, é necessário a implementação de um sistema de irrigação para o pleno crescimento e desenvolvimento da planta.

As cidades produtoras de lúpulo no Estado de São Paulo possuem temperatura média dentro da faixa considerada ideal para a máxima assimilação de carbono (21 a 39°C), e quando comparadas as regiões de cultivo no Hemisfério Norte, observa-se que as temperaturas no verão são semelhantes as temperaturas das regiões de produção de lúpulo deste estudo.

Tendo em vista que o fotoperíodo é menor para todas as cidades do estudo, torna-se uma alternativa o uso de suplementação luminosa no período de desenvolvimento

da planta, sendo a região de Bragança Paulista e Fartura com média de fotoperíodo de 13,5 horas durante o período de desenvolvimento. Assim, essa alternativa pode ajudar os produtores a obter maior produtividade.

Entre as regiões produtoras de lúpulo no Estado de São Paulo, o município de São Bento do Sapucaí possui as maiores indicações para o cultivo, podendo ser explicado pelo maior índice de precipitação acumulada, temperaturas médias entre 11,5 e 17,2°C e fotoperíodo de 13,4 horas durante a fase de desenvolvimento, seguido pelas regiões de Bragança Paulista e Fartura, que possuem media acumulada de precipitação de 1.352,7 mm e temperaturas entre 16,1 e 22,8°C, entretanto o fotoperíodo é 0,1 hora maior do que São Bento do Sapucaí para a mesma fase de desenvolvimento.

Juquiá e Sete Barras, apesar do menor acúmulo anual de precipitação (1.138,9 mm), correspondendo cerca de 71% do volume acumulado de São Bento do Sapucaí, possui fotoperíodo semelhante, de 13,4 horas no mês de janeiro durante a fase de florescimento, e temperaturas de acordo com a faixa de máxima assimilação de carbono, estando entre 15,7 a 22,7°C. As demais cidades também se encontram dentro das faixas de estudo de temperatura, precipitação e fotoperíodo.

4.2 Fase II (Estudo de Caso)

4.2.1 Regiões de cultivo de lúpulo na Fase II

O questionário foi respondido por produtores de lúpulo das seguintes regiões do Estado de São Paulo: sudeste, com produtores representados pelas cidades de Saltinho, Sete Barras e Sorocaba; nordeste, com produtores representados pela cidade de Cajuru; sudoeste, com produtores da cidade de Itapetininga; leste: representada pelos produtores da cidade de Mogi das Cruzes; e região noroeste, sendo representada por produtores da cidade de Nova Granada, podendo observar os tipos climáticos das regiões produtoras de lúpulo no estado de São Paulo, bem como o ano de implantação e área cultivada (Tabela 16).

Para a fase II, os tipos climáticos das cidades produtoras foram classificados de acordo com Koppem e Geiger por Cwa e Cfa, correspondendo a 16% dos tipos climáticos encontrados na fase I.

Tabela 16 – Regiões produtoras de lúpulo - Estudo de Caso

Município	Características climáticas	Implantação da área com lúpulo	Área cultivada (em hectares)
Cajuru	Cwa – clima temperado com inverno seco	2022	0,2
Itapetininga	Cfa – clima temperado com verão quente	2017	0,2
Mogi das Cruzes	Cwa – clima temperado com inverno seco;	2016	0,8
	Cfa – clima temperado com verão quente		
Nova Granada	Cwa – clima temperado com inverno seco	2022	0,04
Saltinho	Cwa – clima temperado com inverno seco	2022	0,3
Sete Barras	Cfa – clima temperado com verão quente	2022	0,1
Sorocaba	Cfa – clima temperado com verão quente	2021	0,25

Mendonça e Galter (2023) investigando o desenvolvimento e a adaptação das variedades de lúpulo na cidade de Viana – ES, menciona que é possível e viável o plantio e cultivo de lúpulo em condições de clima tropical, quando usadas técnicas adequadas de cultivo e que o uso de iluminação artificial durante um período de 5 horas tornaram o desenvolvimento das plantas de lúpulo mais robustas . Este estudo utilizou de iluminação artificial, a região possui classificação climática de acordo com Alvares *et al.* (2013) como tipo Am (clima tropical chuvoso de monção (Fernandes; Trazzi; Schwanz, 2020), possuindo fotoperíodo médio durante a primavera-verão de 12,9 horas. O experimento foi realizado durante a estação de outono-inverno cujo fotoperíodo médio é de 11,3 horas (Seather Spark, 2023),

Dagostim (2019) estudando o crescimento do lúpulo, no município de Praia Grande – SC, em que a classificação climática de acordo com koppen-Geiber é do tipo Cfa, obtiveram que para as condições de plantas iniciais, o lúpulo se desenvolve nas condições adequadas conforme referencial internacional.

Barreto (2022) avaliando a temperatura basal da cultura de lúpulo no município de Piracicaba-SP, com classificação climática de acordo com Koppen-Geiger como do

tipo Cwa, mostrou que as condições climáticas de temperatura promoveram adequadas condições de crescimento e sem a necessidade de período de dormência.

Pode-se perceber que houve um aumento no número de propriedades que implantaram a cultura de lúpulo, fato que pode ser exibido por Ferraz Junior, Stella e Marchiori (2021) através do levantamento feito pelo MAPA, que a área de produção cresceu cerca de 110% em comparação com os anos anteriores, pois a área de plantio passou de 25 hectares para aproximadamente 40 hectares em todo o Brasil. Da mesma forma, Teresa Yoshiko Ozassa, proprietária dos Lúpulos Ninkasi, relata que a expansão do plantio de lúpulo no Brasil se deve a legalização dentro do MAPA devido as análises de riscos e pragas, além disso várias empresas privadas e instituições governamentais estão investindo em pesquisas e produção (Guia da Cerveja, 2022).

4.2.2 Tipos de solo

Foi possível constatar a classe textural que predominam os locais de produção da cultura do lúpulo informado pelos produtores, em que os municípios de Mogi das Cruzes, Nova Granada e Sorocaba possuem solo de textura arenosa. Pasa (2013), verificou que na região de Mogi das Cruzes o solo possui classe textural arenosa em camadas mais profundas, sendo constatado que no horizonte A predomina cerca de 40% de areia fina, no horizonte B há cerca de 45% de areia fina e no horizonte C contém aproximadamente 76% de areia fina. Assim, pode-se concluir que solos arenosos retêm menor quantidade de água.

Em Sorocaba também foi possível inferir a textura do solo, fato corrobora com o trabalho de Lopes *et al.* (2016), onde observou solo arenoso dominante, portanto solos com alto teor de areia tem menor disponibilidade de água.

Em Cajuru foi observado que o solo possui textura mista, e de acordo com o Rossi *et al.* (2014) os solos da região possuem textura arenosa e média. Sendo assim é possível inferir que solos iguais a estes possuem baixa e média retenção de água.

Em Saltinho, foi relatado que o tipo de solo para a produção de lúpulo é do tipo calcário, fato comprovado por Merino (1999) ao estudar a mineralogia e morfologia dos solos na região de Piracicaba. O autor ainda relata que esse comportamento se deve ao fato de a região ser exposta a rochas calcárias.

Com os dados obtidos até aqui é possível concordar com Baierle (2020), que relata que a cultura de lúpulo opta por solos de textura arenosa a argilosa.

O autor Terra (2001), através de sua pesquisa em nutrição e adubação em videiras, relata que vários tipos de solos têm sido utilizados para o plantio de uva, entretanto solos com boa drenagem, profundo e de textura leve possuem melhor eficiência para a produção da videira.

4.2.3 Método de irrigação e uso de fertirrigação

Na atualidade, o método com maior eficiência do uso de água na agricultura é a irrigação localizada, podendo chegar a 90%. Faustino (2020), analisando algodoeiro utilizando 2 métodos de irrigação, relatou que a irrigação por gotejamento oferece baixo risco de propagação de doenças e pragas quando comparado a outros sistemas de irrigação.

Com o resultado do questionário, foi possível averiguar que o método mais usual de irrigação dos produtores de lúpulo é o sistema de irrigação localizada por gotejamento (Quadro 1), entretanto também foi possível constatar que não há um manejo da quantidade de água utilizada, seja por métodos diretos e indiretos.

Quadro 1 – Quantidade de água utilizada através de irrigação localizada via gotejamento, das regiões produtoras de lúpulo

Irrigação Localizada via Gotejamento
3 a 10 L/dia

2,2 L/dia
5 L/dia
5 mm a cada 2 dias no início da brotação
15 L/dia desenvolvimento

1 h/dia brotação
2 h/dia desenvolvimento

O lúpulo é uma planta que tolera o estresse hídrico e algumas vezes fornece uma produção com alta qualidade e rendimento combinados com programas de irrigação,

entretanto existem danos em plantas jovens onde os solos são rasos e com menor capacidade de retenção de água adequada para a cultura, assim se o suprimento de água no decorrer do desenvolvimento for restrito, ocorre reduções na produtividade. Evans (2003) estudando a cultura de lúpulo com restrição de água pôde concluir que a maioria das cultivares no Vale do Yakima usa em torno de 610 a 712 mm de água por ano durante a estação normal de crescimento.

Na Virginia Tech é usando o sistema de irrigação localizada via gotejo, com vazão de 4,35 L/h, assim durante o experimento havia para cada planta de lúpulo 3 emissores, onde foi estabelecido que o número total de horas de irrigação por semana se não houvesse precipitação seria de 4,4 horas por semana (Jackson; Siegle; Scoggins, 2019).

Dessa forma, Baierle (2020) relata que a necessidade de água varia entre 8 a 20 L/dia, onde existem fatores que podem influenciar a necessidade da planta como o solo, clima e idade da planta, sendo crucial não deixar o solo inundado. Portanto, é necessário que pesquisas relacionadas ao uso adequado de irrigação para o lúpulo sejam realizadas a fim de evitar desperdícios e promover sustentabilidade do setor.

É desejável em todo sistema de irrigação que a planta tenha pleno suprimento de água, assim como a garantia de suprimento nutricional de forma equilibrada de acordo com a cultura do lúpulo, assim foi informado através do questionário o uso de fertirrigação, bem como os nutrientes usados. Do total de produtores que responderam, foi possível constar que 3 produtores não fazem uso de fertirrigação, e 4 fazem uso de fertirrigação, utilizando macronutriente, micronutrientes, nutrikelp, soilset e biológicos.

É de fundamental importância que os produtores de lúpulo saibam que o nitrogênio (N) é um nutriente essencial para que a cultura alcance maiores rendimentos, assim como outros cultivos agrícolas.

Stampfl (2021) pesquisando sobre irrigação por gotejamento e fertirrigação para o cultivo de lúpulo conclui que fertirrigação é muito mais eficaz do que a adubação convencional, pois na adubação convencional uma menor quantidade desse nutriente estaria disponibilizada para a planta, devido a ocorrência de chuvas irregulares, afetando assim a disponibilidade de absorção da planta pelo nutriente mesmo quando existe um sistema de irrigação, em suma pode-se concluir que a fertirrigação aumentou a biomassa das plantas de lúpulo nas fases de crescimento e desenvolvimento e o autor ainda relata que uma aplicação de 150 a 180 kg/ha de N

via fertirrigação aumenta o rendimento em até 7% e o teor de alfa-ácido em 15%, entretanto se dividir a aplicação de um terço de forma convencional e os outros 2/3 forem aplicados via fertirrigação pode promover o aumento do rendimento em até 15%, e o teor de alfa-ácidos em até 23%.

Para os outros nutrientes na fertirrigação usados nos resultados do questionário não foram encontradas evidências na literatura. Dessa forma, é possível inferir que a fertirrigação de N aumenta o rendimento das plantas de lúpulo.

4.2.4 Variedades e problemas fitossanitários

As variedades utilizadas nas propriedades onde há a produção de lúpulo são AlphAroma, Brewer's Gold, Cascade, Centenial, Chinook, Columbus, Comet, Crystal, Hallertau, Magnum, Mitelfru, Northern Brewer, Nugget, Pacific Gem, Saaz, Soracchi, Southern Cross, Tea Maker, Triumph, Zeus. Através de viveiros legalizados houve a permissão para o cultivo de novas variedades no Brasil. Conforme Guimarães *et al.* (2021), outro fator que estimulou a produção de lúpulo no Brasil é que a cultura tem tido de 2 a 3 colheitas anuais.

Em recente estudo, Sousa *et al.* (2024) mencionam que as variedades Cascade e Chinook, possuem compostos com as mesmas qualidades, quando comparados com a matéria prima obtida de outros lugares, e que a partir da 2ª safra, ocorre um aumento desses compostos. Os autores ainda estabelecem que a cultivar/variedade tem maior implicação nas características sensoriais, do que o lugar de origem, ou seja, em cultivares/variedades diferentes tem maiores discrepâncias, do que em lúpulos produzidos no Brasil e os comerciais.

Entre os principais problemas fitossanitários descritos pelos produtores estão os pulgões, lagartas, abelha, formigas, míldio, ácaros e fungos. Fernandez (2020) estudando ácaros e insetos no lúpulo em municípios do Rio de Janeiro identificou que o ácaro rajado possui maior infestação em algumas regiões do que outras, porém as populações do ácaro rajado tem igual infestação para as variedades Brazylinsk, Cascade, Hallertau, Saaz e Victoria nas condições edafoclimáticas de Nova Friburgo e Cordeiro.

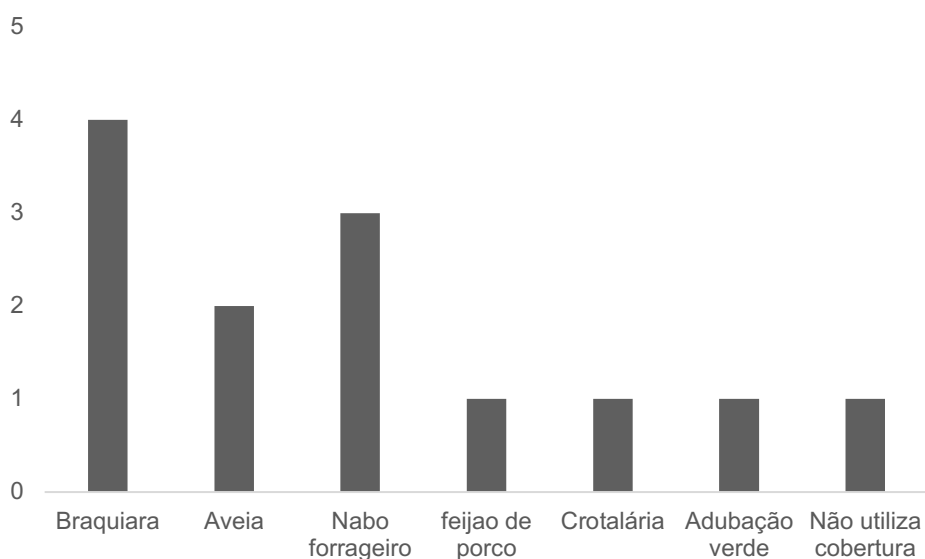
4.2.5 Cobertura de solo utilizada

O uso de plantas de cobertura, além de melhorar a fixação de nitrogênio, mantém o teor de umidade no solo, protege solo contra possíveis adversidades como, erosão, impacto das gotas de chuva, além de manter os níveis de matéria orgânica, assim as principais coberturas de solo utilizadas pelos produtores de lúpulo do Estado de São Paulo estão expostas na Figura 9.

Conforme estudado por Portugal (2020), a utilização de coberturas no solo no cultivo de lúpulo é capaz de oferecer benefícios à cultura, fato que ocorre devido a alta demanda hídrica do lúpulo. E o uso de cobertura fornece maior conservação de água no solo e aumento do teor de matéria orgânica. Carvalho (2014) estudando cobertura de solo sob o desenvolvimento da videira verificou que a cobertura possui efeito semelhante à adubação nitrogenada mineral.

Através das repostas obtidas, e conforme mencionado na literatura, os produtores têm utilizado as principais plantas de cobertura no cultivo de lúpulo, entretanto devem levar em conta que as plantas de cobertura devem ser adaptadas às suas condições climáticas, ter uma boa resistência aos patógenos, e estas não devem sobrepor o cultivo de lúpulo, devendo ter um manejo adequado para não dificultar o acesso do produtor às plantas de lúpulo.

Figura 9 – Principais coberturas de solo nas regiões produtoras de lúpulo no Estado de São Paulo



Na literatura, é mencionado sobre a época de aplicação das plantas de cobertura, que ocorrem em novembro, dezembro e janeiro, entretanto não foi mencionado essa questão aos produtores, sendo assim não há respostas referentes ao tempo em que fazem uso.

4.3 Balanço hídrico climatológico comuns entre Fases I e II

4.3.1 Balanço hídrico climatológico normal

O BHC (balanço hídrico climatológico) para os municípios caracterizados com tipo climático Cwa, Cfa, Aw e Cfb foram gerados de acordo com Thornthwaite e Mather (1955), sendo o armazenamento de água no solo determinado pela capacidade de água disponível, o qual foi adotado o valor padrão de 100 mm. Para os municípios de Holambra, Mogi das Cruzes e Piracicaba, que possuem mais de um tipo climático, foram descritos conforme a caracterização e tipo a que pertenciam.

4.3.1.1 Municípios caracterizados com tipo climático Cwa

Para os municípios de Aguai e Holambra (Tabela 17), Avaré e Taguaí (Tabela 18), Boa Esperança do Sul (Tabela 19), Cruzeiro (Tabela 20), Jarinu e Piracicaba (Tabela 21) e Mogi das Cruzes (Tabela 22) foram utilizados dados de estações meteorológicas automáticas de Itapira (A – 739), Avaré (A – 725), Barra Bonita (A – 741), Taubaté (A – 728), Piracicaba (A – 726) e Mirante de Santana (A – 701), respectivamente.

Tabela 17 – Balanço Hídrico Climatológico, para as regiões de Aguai e Holambra, no período de 2007 a 2022, representados pela estação meteorológica automática de Itapira (A – 739)

(continua)									
Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	24,2	285,2	124,6	160,6	100,0	0,0	124,6	0,0	160,6
Fev	24,3	155,5	111,2	44,3	100,0	0,0	111,2	0,0	44,3
Mar	23,5	157,9	108,9	49,0	100,0	0,0	108,9	0,0	49,0
Abr	21,8	85,4	82,6	2,8	100,0	0,0	82,6	0,0	2,8
Mai	18,9	53,8	57,0	-3,2	96,9	-3,1	56,9	0,0	0,0
Jun	17,9	29,0	46,5	-17,4	81,4	-15,5	44,5	1,9	0,0

Tabela 17 – Balanço Hídrico Climatológico, para as regiões de Aguai e Holambra, no período de 2007 a 2022, representados pela estação meteorológica automática de Itapira (A – 739)

(conclusão)									
Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jul	18,1	23,0	48,4	-25,4	63,1	-18,3	41,3	7,2	0,0
Ago	19,4	38,6	59,9	-21,3	51,0	-12,1	50,7	9,2	0,0
Set	21,8	64,0	81,1	-17,1	43,0	-8,0	72,0	9,1	0,0
Out	23,4	117,2	105,3	11,9	54,9	11,9	105,3	0,0	0,0
Nov	23,3	161,9	106,0	55,9	100,0	45,1	106,0	0,0	10,8
Dez	24,0	213,1	122,5	90,6	100,0	0,0	122,5	0,0	90,6
Total	260,6	1384,6	1054,0	330,5		0,0	1026,6	27,4	357,9
Média	22	115	88			± 57	86	2	30

Tabela 18 – Balanço Hídrico Climatológico, para as regiões de Avaré e Taguaí, no período de 2007 a 2022, representados pela estação meteorológica automática de Avaré (A – 725)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	22,6	242,7	110,2	132,5	100,0	0,0	110,2	0,0	132,5
Fev	23,1	176,1	101,9	74,1	100,0	0,0	101,9	0,0	74,1
Mar	22,5	97,2	101,1	-3,9	96,1	-3,9	101,0	0,0	0,0
Abr	21,1	82,9	80,0	2,7	98,9	2,9	80,0	0,0	0,0
Mai	17,9	80,2	54,5	25,8	100,0	1,0	54,5	0,0	24,7
Jun	16,9	66,0	44,9	21,2	100,0	0,0	44,9	0,0	21,2
Jul	17,1	40,8	46,9	-6,1	94,1	-5,9	46,7	0,2	0,0
Ago	18,3	38,9	56,0	-17,2	79,2	14,8	53,7	2,3	0,0
Set	19,4	77,2	68,7	8,5	87,8	8,5	68,7	0,0	0,0
Out	21,3	122,6	88,2	34,4	100,0	12,2	88,2	0,0	22,2
Nov	21,2	126,9	89,4	36,9	100,0	0,0	89,4	0,0	36,9
Dez	22,7	186,1	110,9	75,2	100,0	0,0	110,9	0,0	75,2
Total	244,7	1337,2	953,0	384,2		0,0	950,4	2,6	386,8
Média	20	111	79			± 25	79	0	32

Valores médios dos componentes do balanço hídrico climático, T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, ETP = evapotranspiração potencial, ARM = armazenamento de água no solo, ALT = alteração do armazenamento de água do solo, ETR = evapotranspiração real, DEF = deficiência hídrica, EXC = excedente hídrico.

Tabela 19 – Balanço Hídrico Climatológico, para as regiões de Boa Esperança do Sul, no período de 2008 a 2022, representado pela estação meteorológica automática de Barra Bonita (A – 741)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	24,8	316,9	132,0	184,9	100,0	0,0	132,0	0,0	184,9
Fev	25,1	149,9	120,6	29,4	100,0	0,0	120,6	0,0	29,4
Mar	24,3	140,2	117,1	23,1	100,0	0,0	117,1	0,0	23,1
Abr	22,7	70,5	89,4	-19,0	82,7	-17,3	87,8	1,7	0,0
Mai	19,7	60,7	61,1	-0,4	82,4	-0,3	61,0	0,1	0,0
Jun	18,3	44,6	46,5	-2,0	80,8	-1,6	46,2	0,4	0,0
Jul	18,6	29,9	50,3	-20,5	65,8	-14,9	44,8	5,5	0,0
Ago	19,8	28,3	61,0	-32,7	47,5	-18,4	46,7	14,3	0,0
Set	21,9	69,0	80,3	-11,3	42,4	-5,1	74,1	6,2	0,0
Out	23,3	108,2	103,5	4,7	47,2	4,7	103,5	0,0	0,0
Nov	23,8	143,5	110,6	32,8	80,0	32,8	110,6	0,0	0,0
Dez	24,9	194,7	133,5	61,3	100,0	20,0	133,5	0,0	41,2
Total	267,3	1356,4	1105,9	250,5		0,0	1077,7	28,2	278,6
Média	22	113	92			± 58	90	2	23

Tabela 20 – Balanço Hídrico Climatológico, para a região de Cruzeiro, no período de 2007 a 2022, representados pela estação meteorológica automática de Taubate (A – 728)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	24,0	230,5	124,4	106,1	100,0	0,0	124,4	0,0	106,1
Fev	23,9	175,9	108,2	67,7	100,0	0,0	108,2	0,0	67,7
Mar	23,3	156,5	108,0	48,5	100,0	0,0	108,0	0,0	48,5
Abr	21,4	69,0	81,2	-12,2	88,5	-11,5	80,5	0,7	0,0
Mai	18,4	48,7	55,6	-7,0	82,6	-5,9	54,6	1,0	0,0
Jun	17,2	40,8	44,5	-3,6	79,6	-3,0	43,8	0,7	0,0
Jul	16,8	32,9	42,9	-10,1	72,0	-7,6	40,5	2,4	0,0
Ago	18,1	25,1	52,6	-27,5	54,7	-17,3	42,4	10,2	0,0
Set	20,3	49,8	70,2	-20,5	44,5	-10,1	59,9	10,4	0,0
Out	22,2	101,6	94,7	6,9	51,4	6,9	94,7	0,0	0,0
Nov	22,2	158,2	96,9	61,3	100,0	48,6	96,9	0,0	12,7
Dez	23,5	188,2	118,2	70,1	100,0	0,0	118,2	0,0	70,1
Total	251,0	1277,2	997,5	279,7		0,0	972,1	25,4	305,1
Média	21	106	83			± 55	81	2	25

Valores médios dos componentes do balanço hídrico climático, T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, EPT = evapotranspiração potencial, ARM = armazenamento de água no solo, ALT = alteração do armazenamento de água do solo, ETR = evapotranspiração real, DEF = deficiência hídrica, EXC = excedente hídrico.

Tabela 21 – Balanço Hídrico Climatológico, para as regiões de Jarinu e Piracicaba, no período de 2007 a 2022, representados pela estação meteorológica automática de Piracicaba (A – 726)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	Mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	24,0	242,3	123,2	119,1	100,0	0,0	123,3	0,0	119,1
Fev	24,4	150,7	112,5	38,2	100,0	0,0	112,5	0,0	38,2
Mar	23,8	120,1	112,0	8,0	100,0	0,0	112,0	0,0	8,0
Abr	22,1	77,4	85,9	-8,6	91,7	-8,3	85,6	0,4	0,0
Mai	19,0	55,3	58,4	-3,0	89,0	-2,7	58,1	0,3	0,0
Jun	18,0	47,4	47,5	-0,1	88,9	-0,1	47,5	0,0	0,0
Jul	17,9	39,9	48,3	-8,3	81,8	-7,1	47,1	1,2	0,0
Ago	19,2	32,2	58,2	-25,9	63,1	-18,7	50,9	7,2	0,0
Set	20,8	63,1	72,5	-9,4	57,4	-5,7	68,8	3,8	0,0
Out	22,8	105,4	99,1	6,3	63,7	6,3	99,1	0,0	0,0
Nov	22,9	146,7	102,9	43,7	100,0	36,3	102,9	0,0	7,4
Dez	24,0	179,9	122,9	57,0	100,0	0,0	122,9	0,0	57,0
Total	259,0	1260,6	1043,7	216,9		0,0	1030,8	12,9	229,7
Média	22	105	87			± 43	86	1	19

Tabela 22 – Balanço Hídrico Climatológico, para a região de Mogi das Cruzes, no período de 2007 a 2022, representados pela estação meteorológica automática de São Paulo - Mirante de Santana (A – 701)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	23,0	299,2	114,7	184,5	100,0	0,0	114,7	0,0	184,5
Fev	23,4	234,9	104,4	130,6	100,0	0,0	104,4	0,0	130,6
Mar	22,5	188,2	102,2	86,1	100,0	0,0	102,2	0,0	86,1
Abr	20,9	85,6	78,8	6,8	100,0	0,0	78,8	0,0	6,8
Mai	18,3	51,3	57,5	-6,1	94,1	-5,9	57,3	0,2	0,0
Jun	17,4	74,4	47,7	26,7	100,0	5,9	47,7	0,0	20,8
Jul	17,3	57,0	48,5	8,6	100,0	0,0	48,5	0,0	8,6
Ago	17,9	39,9	53,9	-14,1	86,9	-13,1	53,0	0,9	0,0
Set	19,6	68,1	66,7	1,5	88,3	1,5	66,7	0,0	0,0
Out	20,5	118,6	81,4	37,2	100,0	11,7	81,4	0,0	25,5
Nov	20,9	144,8	86,0	58,9	100,0	0,0	86,0	0,0	58,9
Dez	22,5	225,1	108,5	116,6	100,0	0,0	108,5	0,0	116,6
Total	244,4	1587,4	950,3	637,1		0,0	949,1	1,1	638,2
Média	20	132	79			± 19	79	0	53

Valores médios dos componentes do balanço hídrico climático, T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, EPT = evapotranspiração potencial, ARM = armazenamento de água no solo, ALT = alteração do armazenamento de água do solo, ETR = evapotranspiração real, DEF = deficiência hídrica, EXC = excedente hídrico.

A média de T (temperatura) anual para as regiões de Aguaí, Holambra, Boa Esperança do Sul, Jarinu e Piracicaba é de 22°C, enquanto para Cruzeiro corresponde a 21°C, para Avaré, Taguaí e Mogi das Cruzes é de 20°C. As menores médias de T são registradas nos meses de junho e julho, com aproximadamente 18 °C, em contrapartida, os meses de maio a agosto não ultrapassam os 20°C. As maiores médias de T ocorrem durante as estações de primavera – verão, com aproximadamente 24°C.

Os resultados deste estudo estão de acordo com os dados apresentados por Paula, Ferreira e Silva (2012) que inferiram que a T média anual para São Jose dos Campos – SP, que possui classificação climática como tipo Cwa, é de 21,3°C, sendo fevereiro o mês com a maior média de T, de 24,3°C, e o mês de julho com a menor média de 17,5°C.

A P (precipitação) anual corresponde a 1.384,6mm (Aguaí e Holambra), 1.337,2mm (Avaré e Taguaí), 1.356,4mm (Boa Esperança do Sul), 1.277,2mm (Cruzeiro), 1260,6mm (Jarinu e Piracicaba) e 1.587,4mm (Mogi das Cruzes), onde o período de maior volume hídrico ocorre entre os meses de outubro a março, os quais abrangem as estações da primavera-verão, representando um total ao longo do ano de 1.090,7mm (79%), 951,1mm (71%), 1.053,5mm (78%), 1.011,0mm (79%), 945,1mm (75%) e 1.211,0mm (76%), na devida ordem. de 78,8%.

O período de menor índice acumulado de precipitação, ocorre entre os meses de abril a setembro, abrangendo as estações de outono-inverno, representando um total do volume anual de 293,8 mm (21%) para Aguaí e Holambra, 386,1mm (29%) para Avaré e Taguaí, 302,9mm (22%), 266,2mm (21%) para Boa Esperança do Sul, 315,5mm (25%) para Jarinu e Piracicaba e 376mm (24%) para Mogi das Cruzes, fato que pode ser explicado pela má distribuição das chuvas na região.

Os meses mais críticos, para os municípios de Aguaí, Holambra, Avaré, Boa Esperança do Sul são junho, julho e agosto, e para Cruzeiro, Jarinu, Piracicaba e Mogi das Cruzes ocorrem de maio a setembro.

A média acumulada de ETP (evapotranspiração potencial) ao longo do ano foi de 1054,0mm para Aguaí e Holambra, 953,0mm para Avaré e Taguaí, 1.105,9mm para Boa Esperança do Sul, 997,5mm para Cruzeiro, 1.043,7mm para Jarinu e Piracicaba e 950,3 para Mogi das Cruzes, o que representou uma média mensal de aproximadamente 88, 79, 92, 83, 87 e 79 mm, respectivamente.

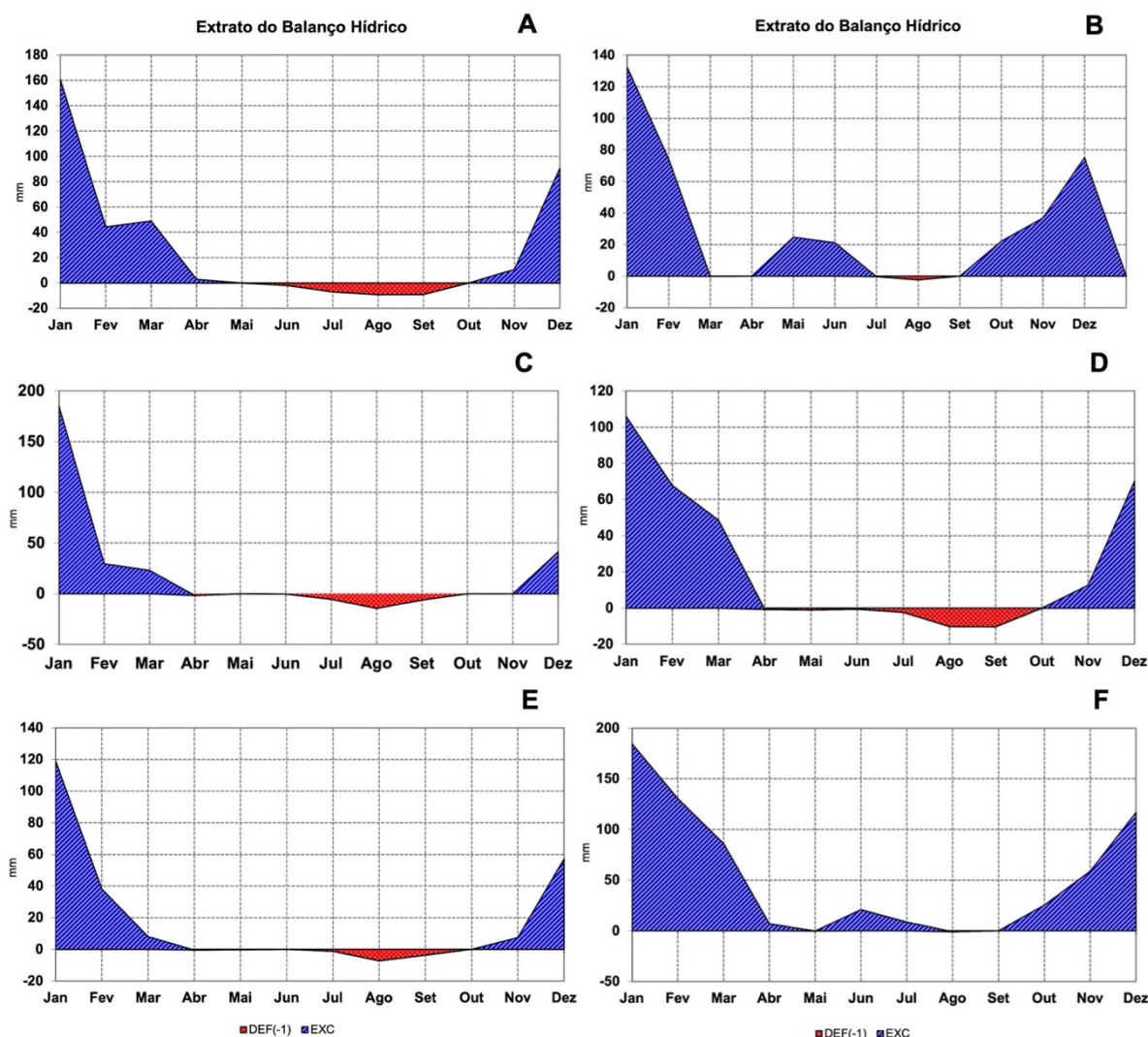
Os maiores índices de ETP acumulada ocorrem nos meses de dezembro e janeiro de 122,5, 124,6mm para Aguai e Holambra, 110,9 e 110,2 mm para Avaré e Taguaí, 133,5 e 132,0mm para Boa Esperança do Sul, 118,2 e 124,4 mm para Cruzeiro, 122,9 e 123,2 mm para Jarinu e Piracicaba, e 108,5 e 114,7 mm para Mogi das Cruzes, e os menores taxas acumuladas ocorrem em junho e julho, 46,5 e 48,4 mm, 44,9 e 46,9 mm, 46,5 e 50,3 mm, 44,5 e 42,9 mm, 47,5 e 48,3, 47,7 e 48,7 mm, na devida ordem.

A ETR (evapotranspiração real) acumulada anual foi de 1026,6 mm para Aguaí e Holambra, 950,4mm para Avaré e Taguaí, 1.077,7 mm para Boa Esperança do Sul, 972,1mm para Cruzeiro, 1.030,8 mm para Jarinu e Piracicaba e 949,1 mm para Mogi das Cruzes, correspondendo a médias acumuladas mensais de 86, 79, 90, 81, 86 e 79 mm na devida ordem.

Ao verificar os dados obtidos pelo extrato do BHC (Figura 10), é visível a existência de duas estações distintas, sendo uma estação chuvosa, ocorrendo entre outubro a março, e uma estação seca, acontecendo entre abril a setembro.

As cidades que foram caracterizadas como tipo climático Cwa, nota-se que o comportamento do regime de chuvas é semelhante para Avaré, Taguaí (Figura 10 B) e Mogi das Cruzes (Figura 10 F), pois nos meses de menor intensidade pluviométrica, o índice de déficit hídrico é menor em agosto, quando comparado as demais cidades (Figura 10 A; C; D e E), em que o déficit hídrico é maior para os meses de agosto e setembro.

Figura 10 – Extrato do Balanço Hídrico Climatológico Normal mensal, para as cidades de Aguai e Holambra (A), Avaré e Taguaí (B), Boa Esperança do Sul (C), Cruzeiro (D), Jarinu e Piracicaba (E) e Mogi das Cruzes (F)

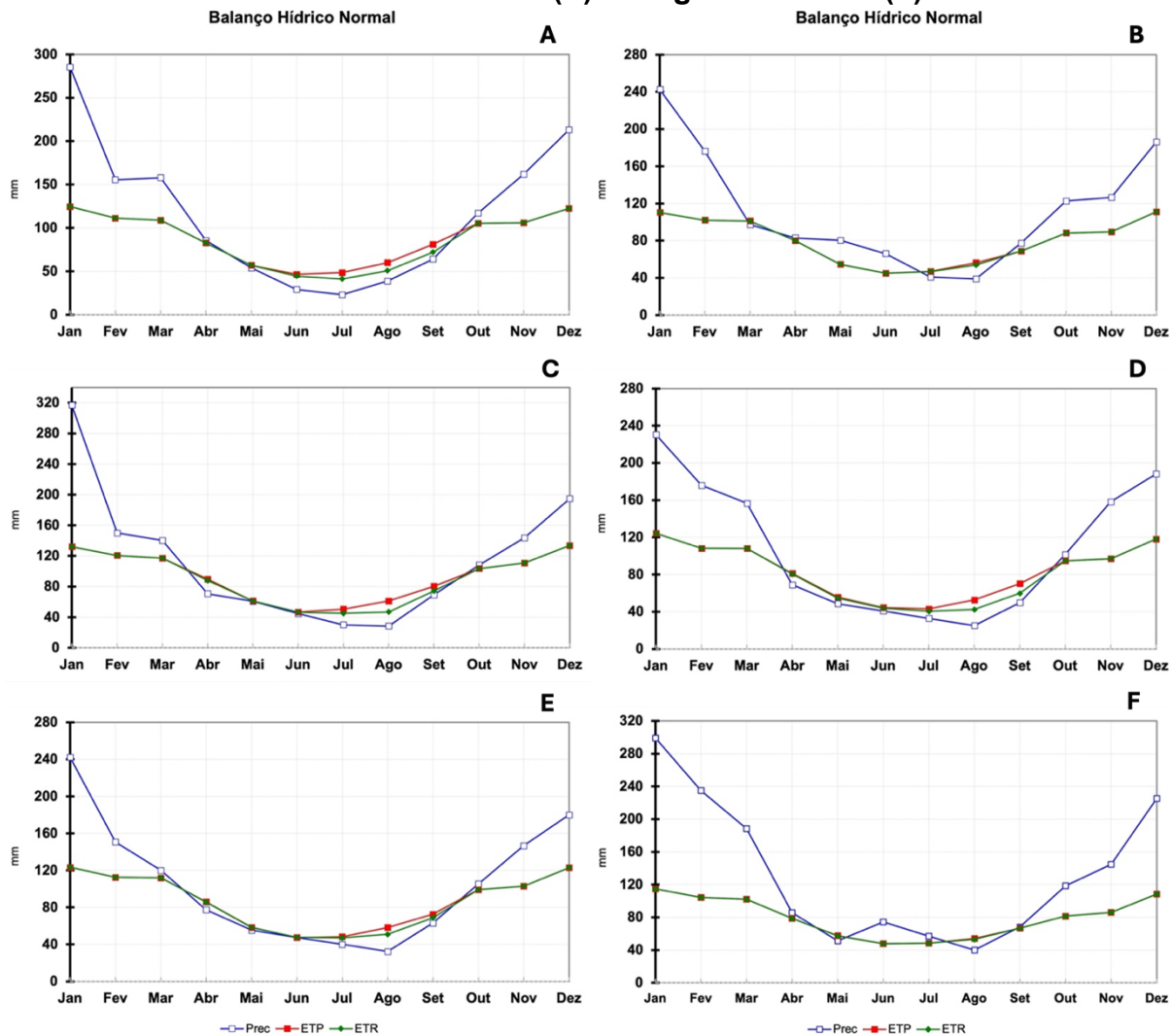


Os maiores índices de AMR (armazenamento de água no solo) são observados nos meses que constituem o período de primavera – verão (Figura 11), diminuindo nos meses de menor intensidade de P, configurando o período de estiagem. Estes resultados corroboram com os autores Souza *et al.* (2013), que mencionam que o AMR é influenciado pela P, ou seja, seguem as tendências de maior ou menor intensidade de P, ocorrendo a variação de AMR.

Avaré, Taguaí (Figura 11 B) e Mogi das Cruzes (Figura 11 F), possuem os menores índices de variação no AMR ao longo do ano, sendo agosto o mês com menor índice de AMR de 79,2 e 86,9 mm, respectivamente. Para as cidades de Aguai, Holambra (Figura 11 a), Boa Esperança do Sul (Figura 11 C), Cruzeiro (Figura 11 D)

Jarinu e Piracicaba (Figura 11 E), o menor índice de AMR ocorre em setembro, sendo 43,0, 42,4, 44,5, 57,4 mm, na devida ordem.

Figura 11 – Balanço hídrico normal mensal, para as cidades de Aguai e Holambra (A), Avaré e Taguaí (B), Boa Esperança do Sul (C), Cruzeiro (D), Jarinu e Piracicaba (E) e Mogi das Cruzes (F)



Observa-se as médias mensais para períodos de deficiência, retirada, excedente e reposição hídrica para os municípios caracterizados como tipo climático Cwa na Figura 12. Nas cidades de Aguai e Holambra (Figura 12 A) o processo de retirada de água no solo ocorre a partir de maio, fato que pode ser explicado pelo menor volume de precipitação, e início de déficit hídrico a partir do mês de junho, estendendo até o mês de setembro, quando finaliza o ciclo da estação de inverno. Nas cidades de Avaré, Taguaí (Figura 12 B) e Mogi das Cruzes (Figura 12 F), é visto que o mês de retirada de água no solo ocorrem em maio, julho e agosto.

Boa Esperança do Sul (Figura 12 C), Cruzeiro (Figura 12 D) Jarinu e Piracicaba (Figura 12 E), verifica-se que nos meses de abril a setembro, há retirada e deficiência hídrica, tendo fim quando o volume de precipitação tende a aumentar.

As reposições hídricas acontecem nos meses de outubro e novembro para a maioria dos municípios, assim quando a CAD foi reposta ocorre os excedentes hídricos, que variam de outubro a março, sendo assim constado o período de estação chuvosa (Figura 13).

Figura 12 – Capacidade de armazenamento de água no solo, para as regiões de Aguai e Holambra (A), Avaré e Taguaí (B), Boa Esperança do Sul (C), Cruzeiro (D), Jarinu e Piracicaba (E) e Mogi das Cruzes (F)

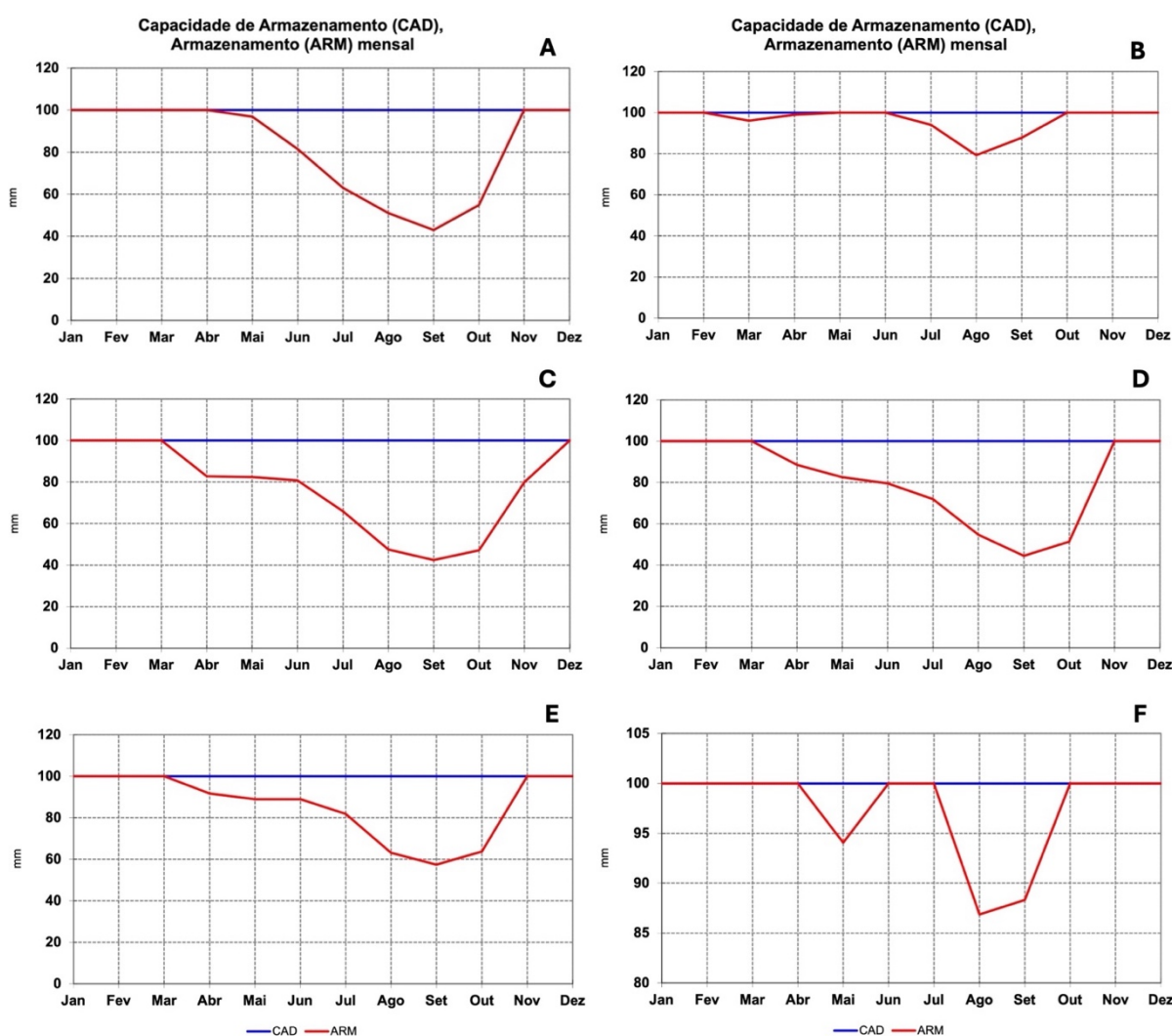
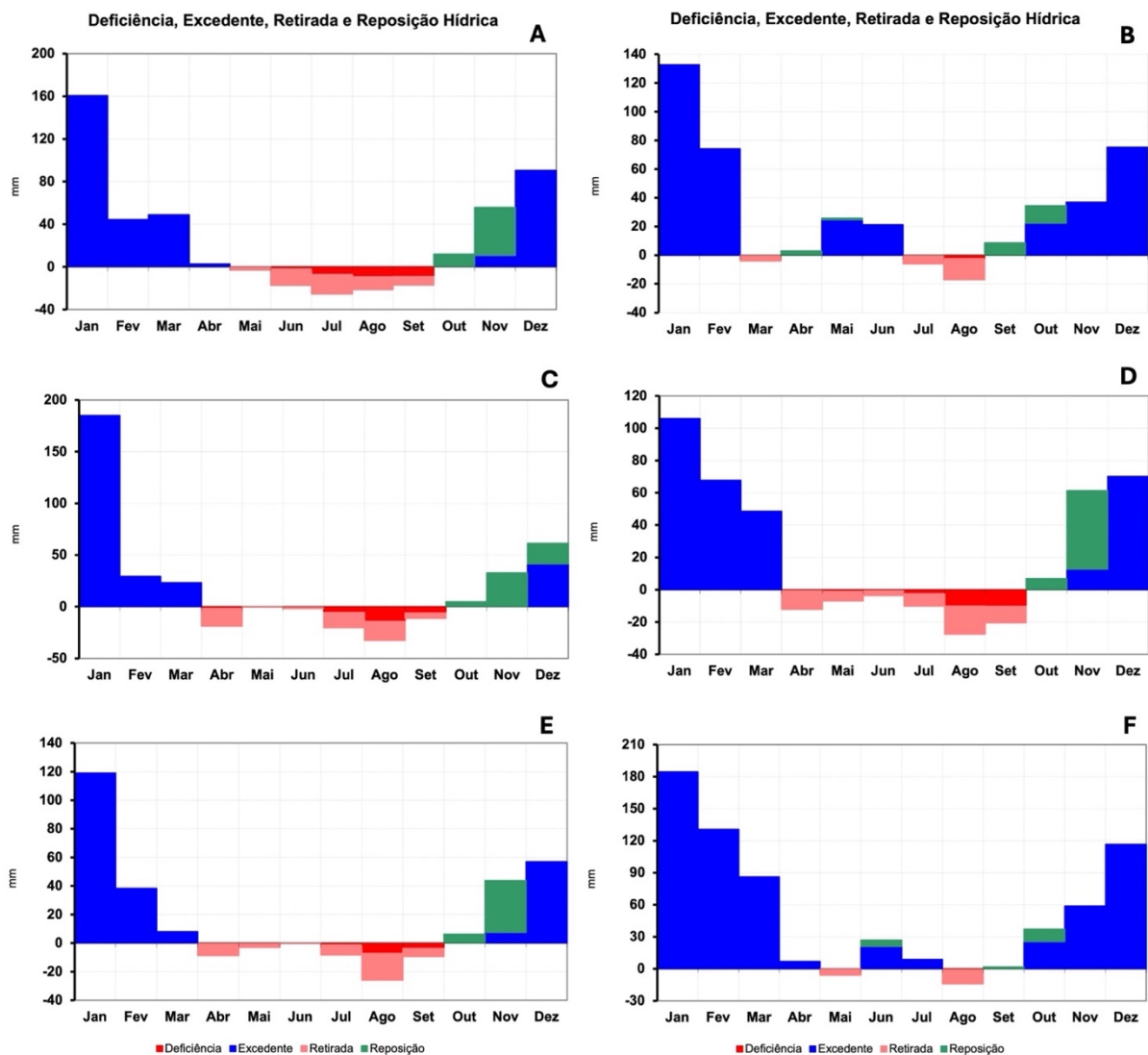


Figura 13 – Média mensal de Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica, para as regiões de Aguai e Holambra (A), Avaré e Taguaí (B), Boa Esperança do Sul (C), Cruzeiro (D), Jarinu e Piracicaba (E) e Mogi das Cruzes (F)



4.3.1.2 Municípios caracterizados como tipo climático Cfa

O demonstrativo do BCH (balanço hídrico climatológico), para os municípios de Bragança Paulista, Fartura (Tabela 23), Itapetininga, Sorocaba (Tabela 24), Juquiá, Sete Barras (Tabela 25), Holambra (Tabela 26), Mogi das Cruzes (Tabela 27) e Piracicaba (Tabela 28), foram determinados pelos dados meteorológicos das estações de Itapeva (A – 714), Sorocaba (A – 713), São Miguel Arcanjo (A – 715), Itapira (A – 739), Mirante de Santana (A – 701) e Piracicaba (A – 726) , respectivamente.

Tabela 23 – Balanço Hídrico Climatológico, para as regiões de Bragança Paulista e Fartura, no período de 2007 a 2022, representados pela estação meteorológica automática de Itapeva (A – 714)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	22,6	196,2	112,1	84,1	100,0	0,0	112,2	0,0	84,1
Fev	22,8	142,1	100,6	41,5	100,0	0,0	100,6	0,0	41,5
Mar	22,0	122,9	98,5	24,4	100,0	0,0	98,5	0,0	24,2
Abr	20,4	75,9	76,2	-0,3	99,7	-0,3	76,1	0,0	0,0
Mai	17,5	75,5	53,2	21,6	100,0	0,3	53,8	0,0	21,3
Jun	16,1	97,9	42,1	55,8	100,0	0,0	42,1	0,0	55,8
Jul	16,2	74,2	46,3	30,5	100,0	0,0	43,6	0,0	30,5
Ago	17,1	52,2	50,9	1,3	100,0	0,0	50,9	0,0	1,3
Set	18,9	89,0	64,0	25,0	100,0	0,0	64,0	0,0	25,0
Out	20,2	127,6	80,5	47,1	100,0	0,0	80,5	0,0	47,1
Nov	20,7	125,9	86,5	39,5	100,0	0,0	86,5	0,0	39,5
Dez	22,3	173,5	108,6	65,0	100,0	0,0	108,6	0,0	65,0
Total	236,9	1352,7	917,3	435,4		0,0	917,3	0,0	435,4
Média	20	113	76				76	0	36

Tabela 24 – Balanço Hídrico Climatológico, para os municípios de Itapetininga e Sorocaba no período de 2007 a 2022, representados pela estação meteorológica automática de Sorocaba (A – 713)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	Mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	23,3	229,7	117,8	111,9	100,0	0,0	117,8	0,0	111,9
Fev	23,5	156,6	105,4	51,2	100,0	0,0	105,4	0,0	51,2
Mar	22,7	108,7	103,4	5,4	100,0	0,0	103,4	0,0	5,4
Abr	21,0	67,9	78,9	-11,0	89,6	-10,2	78,3	0,6	0,0
Mai	18,2	52,3	55,4	-3,1	86,8	-2,7	55,0	0,4	0,0
Jun	17,1	55,6	44,9	10,7	97,6	10,7	44,9	0,0	0,0
Jul	17,3	47,8	47,1	0,7	98,3	0,7	47,1	0,0	0,0
Ago	18,2	37,1	54,4	17,3	82,7	-15,6	52,7	1,7	0,0
Set	20,0	69,8	69,5	0,3	83,0	0,3	69,5	0,0	0,0
Out	21,6	88,2	89,8	-1,6	81,7	-1,3	89,6	0,0	0,0
Nov	21,7	133,5	92,6	40,9	100,0	18,3	92,6	0,0	22,6
Dez	22,9	185,5	113,0	72,4	100,0	0,0	113,0	0,0	72,4
Total	247,6	1232,6	972,1	260,6		0,0	969,2	2,9	263,5
Média	21	103	81				81	0	22

Valores médios dos componentes do balanço hídrico climático, T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, EPT = evapotranspiração potencial, ARM = armazenamento de água no solo, ALT = alteração do armazenamento de água do solo, ETR = evapotranspiração real, DEF = deficiência hídrica, EXC = excedente hídrico.

Tabela 25 – Balanço Hídrico Climatológico, para os municípios de Juquiá e Sete Barras, no período de 2007 a 2022, representados pela estação meteorológica automática de São Miguel Arcanjo (A – 715)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	22,3	175,6	109,8	65,8	100,0	0,0	109,8	0,0	65,8
Fev	22,7	129,5	99,6	29,9	100,0	0,0	99,6	0,0	29,9
Mar	21,9	113,8	98,9	14,9	100,0	0,0	98,9	0,0	14,9
Abr	20,1	53,2	74,6	-21,5	80,7	-19,3	72,5	2,1	0,0
Mai	17,2	63,5	53,1	10,5	91,1	10,5	53,1	0,0	0,0
Jun	16,1	84,9	42,5	42,5	100,0	8,9	42,5	0,0	33,6
Jul	15,7	32,6	41,7	-9,1	91,3	-8,7	41,4	0,4	0,0
Ago	16,8	40,7	49,5	-8,9	83,6	-7,7	48,4	1,1	0,0
Set	18,5	55,5	62,3	-6,8	78,1	-5,5	61,0	1,3	0,0
Out	20,0	111,4	79,9	31,5	100,0	21,9	79,9	0,0	9,5
Nov	20,3	119,9	84,3	35,5	100,0	0,0	84,4	0,0	35,5
Dez	21,9	158,1	106,1	52,0	100,0	0,0	106,1	0,0	52,0
Total	233,7	1138,8	902,5	236,3		0,0	897,5	5,0	241,3
Média	19	95	75				75	0	20

Tabela 26 – Balanço Hídrico Climatológico, para a região de Holambra, no período de 2007 a 2022, representado pela estação meteorológica automática de Itapira (A – 739)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	24,2	285,2	124,6	160,6	100,0	0,0	124,6	0,0	160,6
Fev	24,3	155,5	111,2	44,3	100,0	0,0	111,2	0,0	44,3
Mar	23,5	157,9	108,9	49,0	100,0	0,0	108,9	0,0	49,0
Abr	21,8	85,4	82,6	2,8	100,0	0,0	82,9	0,0	2,8
Mai	18,9	53,8	57,0	-3,2	96,9	-3,1	56,9	0,0	0,0
Jun	17,9	29,0	46,5	-17,4	81,4	-15,5	44,5	1,9	0,0
Jul	18,1	23,0	48,4	-25,4	63,1	-18,3	41,3	7,2	0,0
Ago	19,4	38,6	59,9	-21,3	51,0	-12,1	50,7	9,2	0,0
Set	21,8	64,0	81,1	-17,1	43,0	-8,0	72,0	9,1	0,0
Out	23,4	117,2	105,3	11,9	54,9	11,9	105,3	0,0	0,0
Nov	23,3	161,9	106,0	55,9	100,0	45,1	106,0	0,0	10,8
Dez	24,0	213,1	122,5	90,6	100,0	0,0	122,5	0,0	90,6
Total	260,6	1384,6	1054,0	330,5		0,0	1026,6	27,4	357,9
Média	22	115	88				86	2	30

Valores médios dos componentes do balanço hídrico climático, T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, EPT = evapotranspiração potencial, ARM = armazenamento de água no solo, ALT = alteração do armazenamento de água do solo, ETR = evapotranspiração real, DEF = deficiência hídrica, EXC = excedente hídrico.

Tabela 27 – Balanço Hídrico Climatológico, para a região de Mogi das Cruzes, no período de 2007 a 2022, representado pela estação meteorológica automática de São Paulo - Mirante de Santana (A – 701)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	23,0	299,2	114,7	184,5	100,0	0,0	114,7	0,0	184,5
Fev	23,4	234,9	104,4	130,6	100,0	0,0	104,4	0,0	130,6
Mar	22,5	188,2	102,2	86,1	100,0	0,0	102,2	0,0	86,1
Abr	20,9	85,6	78,8	6,8	100,0	0,0	78,8	0,0	6,8
Mai	18,3	51,3	57,5	-6,1	94,1	-5,9	57,3	0,2	0,0
Jun	17,4	74,4	47,7	26,7	100,0	5,9	47,7	0,0	20,8
Jul	17,3	57,0	48,5	8,6	100,0	0,0	48,5	0,0	8,6
Ago	17,9	39,9	53,9	-14,1	86,9	-13,1	53,0	0,9	0,0
Set	19,6	68,1	66,7	1,5	88,3	1,5	66,7	0,0	0,0
Out	20,5	118,6	81,4	37,2	100,0	11,7	81,4	0,0	25,5
Nov	20,9	144,8	86,0	58,9	100,0	0,0	86,0	0,0	58,9
Dez	22,5	225,1	108,5	116,6	100,0	0,0	108,5	0,0	116,6
Total	244,4	1587,4	950,3	637,1		0,0	949,1	1,1	638,2
Média	20	132	79			± 19	79	0	53

Tabela 28 – Balanço Hídrico Climatológico, para a região de Piracicaba, no período de 2007 a 2022, representado pela estação meteorológica automática de Piracicaba (A – 726)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	24,0	242,3	123,2	119,1	100,0	0,0	123,3	0,0	119,1
Fev	24,4	150,7	112,5	38,2	100,0	0,0	112,5	0,0	38,2
Mar	23,8	120,1	112,0	8,0	100,0	0,0	112,0	0,0	8,0
Abr	22,1	77,4	85,9	-8,6	91,7	-8,3	85,6	0,4	0,0
Mai	19,0	55,3	58,4	-3,0	89,0	-2,7	58,1	0,3	0,0
Jun	18,0	47,4	47,5	-0,1	88,9	-0,1	47,5	0,0	0,0
Jul	17,9	39,9	48,3	-8,3	81,8	-7,1	47,1	1,2	0,0
Ago	19,2	32,2	58,2	-25,9	63,1	-18,7	50,9	7,2	0,0
Set	20,8	63,1	72,5	-9,4	57,4	-5,7	68,8	3,8	0,0
Out	22,8	105,4	99,1	6,3	63,7	6,3	99,1	0,0	0,0
Nov	22,9	146,7	102,9	43,7	100,0	36,3	102,9	0,0	7,4
Dez	24,0	179,9	122,9	57,0	100,0	0,0	122,9	0,0	57,0
Total	259,0	1260,6	1043,7	216,9		0,0	1030,8	12,9	229,7
Média	22	105	87			± 43	86	1	19

Valores médios dos componentes do balanço hídrico climático, T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, ETP = evapotranspiração potencial, ARM = armazenamento de água no solo, ALT = alteração do armazenamento de água do solo, ETR = evapotranspiração real, DEF = deficiência hídrica, EXC = excedente hídrico.

A média anual de T (temperatura) é de 19 °C para Juquiá e Sete Barras, 20 °C para Bragança Paulista, Fartura e Mogi das Cruzes, 21 °C para Itapetininga e Sorocaba, e de 22 °C para Holambra e Piracicaba. O volume anual acumulado de P (precipitação) corresponde a 1.138,8 mm para Juquiá e Sete Barras, 1.352,7 mm para Bragança Paulista e Fartura, 1.587,4 mm para Mogi das Cruzes, 1.232,4 mm para Itapetininga e Sorocaba, 1.384,6 mm para Holambra, e 1.260,6 mm para Piracicaba.

As menores médias de T são observadas nos meses de junho e julho, das quais não ultrapassam 19°C, assim corresponde a 16,1 e 16,2°C para Bragança Paulista e Fartura, 17,1 e 17,3°C para Itapetininga e Sorocaba, 16,1 e 15,7°C para Juquiá e Sete Barras, 17,9 e 18,1°C para Holambra, 17,4 e 17,3°C para Mogi das Cruzes, 18,0 e 17,9°C para Piracicaba. No mês de fevereiro ocorrem as maiores médias de T, sendo 23,4, 24,4, 22,8, 23,5, 22,7 e 24,3°C, na devida ordem.

Os menores índices de média acumulada de P ocorrem nos meses de agosto, sendo 52,2 mm para Bragança Paulista e Fartura, 37,1 mm para Itapetininga e Sorocaba, 39,9 mm para Mogi das Cruzes, e 32,2 mm para Piracicaba, exceto para os municípios de Juquiá, Sete Barras e Holambra, sendo as menores médias acumuladas no mês de julho, de 32,6 e 23,0 mm respectivamente.

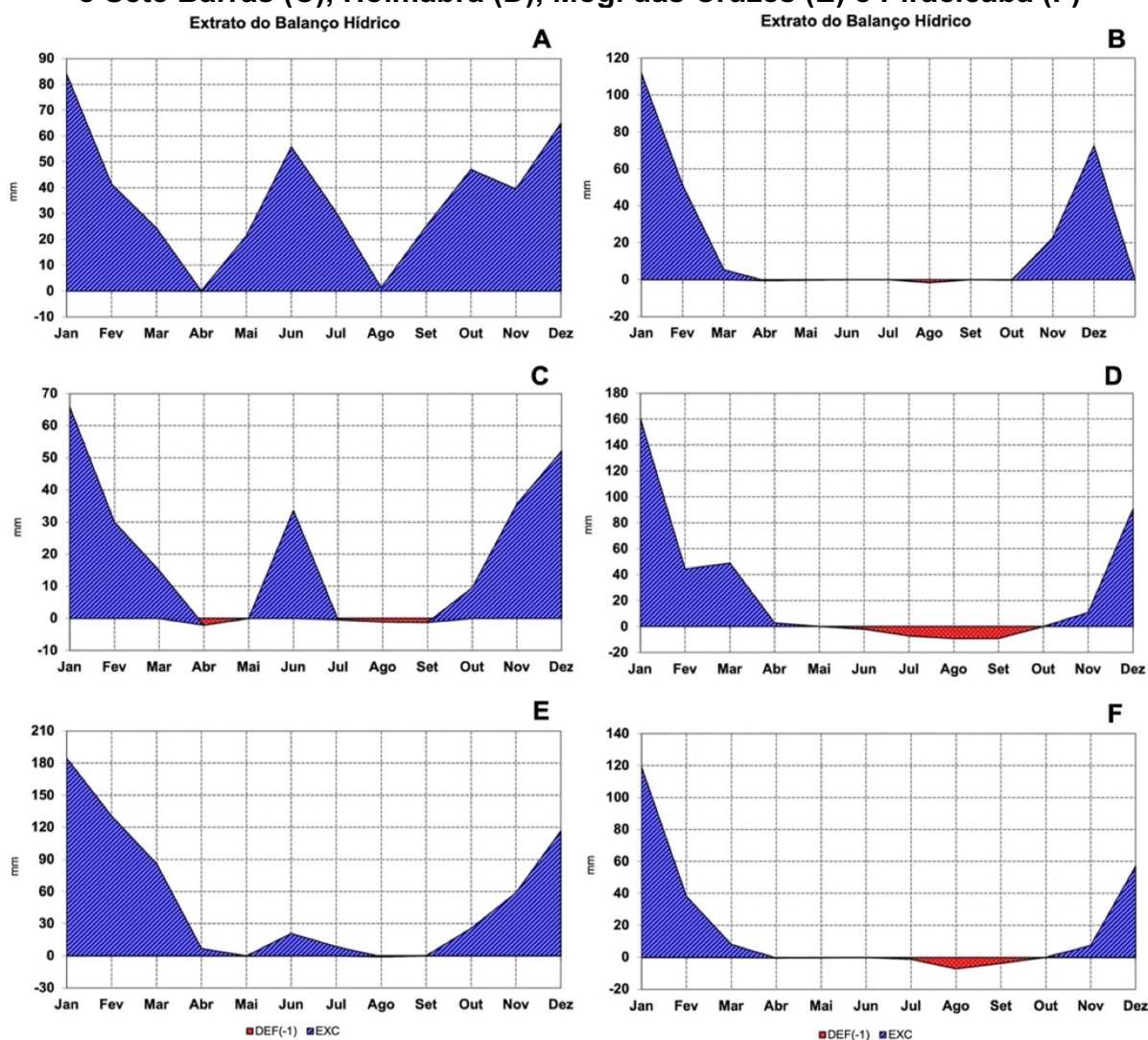
Os maiores volumes acumulados ocorrem nos meses de dezembro e janeiro, com médias acumuladas de 173,5 e 196,2 mm (Bragança Paulista e Fartura), 185,5 e 229,7 mm (Itapetininga e Sorocaba), 158,1 e 175,6 mm (Juquiá e Sete Barras), 213,1 e 285,2 mm (Holambra), 225,1 e 299,2 mm (Mogi das Cruzes) e 179,9 e 242,3 mm (Piracicaba), nesta ordem.

A ETP (evapotranspiração potencial) anual acumulada corresponde a 917,3, 972,1, 902,5, 1.054,0, 950,3 e 1.043,7 mm, para as cidades citadas acima, em que a média acumulada mensal é de 76, 81, 75, 88, 79 e 87 mm, na devida ordem. Durante o período de primavera – verão, as médias de T e P são maiores, aumentando assim a taxa de ETP.

Através do extrato do BHC (balanço hídrico climatológico), é possível observar os períodos de DEF (deficiência hídrica) e EXC (excedente hídrico), para as cidades caracterizadas como tipo climático Cfa (Figura 14). Para as cidades de Bragança Paulista, Fartura (Figura 14 A), Juquiá e Sete Barras (Figura 14 C) e Mogi das Cruzes (Figura 14 E), ocorre um maior volume de precipitação na seca, no mês de junho, com médias acumuladas de 97,9, 84,9, e 74,4 mm, respectivamente.

Para as cidades de Itapetininga, Sorocaba (Figura 14 B), Holambra (Figura 14 D) e Piracicaba (Figura 14 F), ocorre um padrão semelhante para DEF e EXC, pois os meses em que ocorrem estiagem são marcados por maior intensidade de DEF no solo.

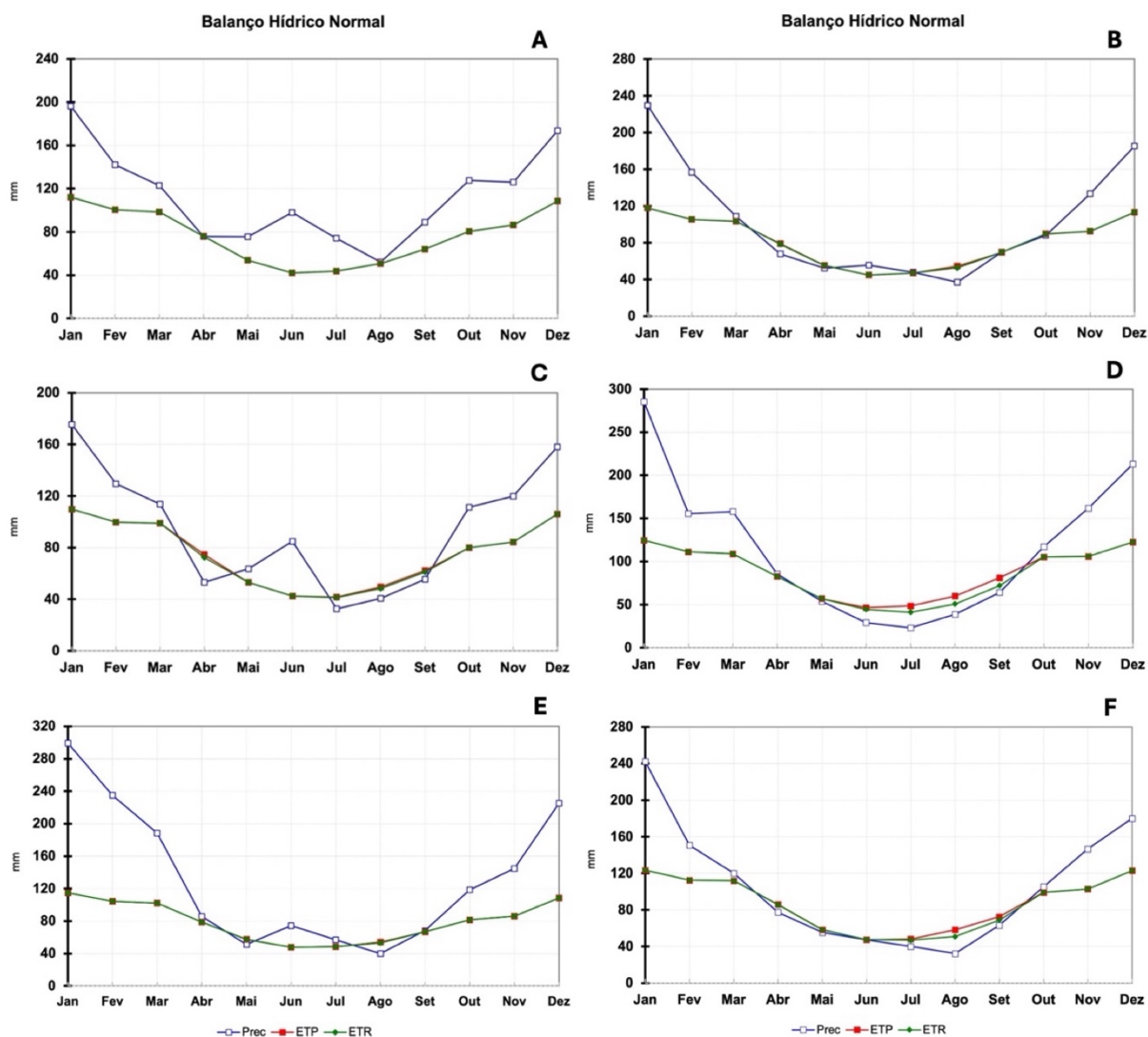
Figura 14 – Extrato do Balanço Hídrico Climatológico Normal mensal, para as cidades de Bragança Paulista (A), Itapetininga, Saltinho e Sorocaba (B), Juquiá e Sete Barras (C), Holambra (D), Mogi das Cruzes (E) e Piracicaba (F)



Ocorre um padrão semelhante para a ETP e ETR (evapotranspiração real), onde os maiores volumes são observados nas estações de primavera – verão (Figura 16). Mesmo com maiores índices de P no mês de junho (Figura 15 A, C e E), as taxas de ETP e ETR mantem-se baixa devido as menores T. É observado um padrão semelhante para todas as cidades, em relação a ETP, pois é semelhante a ETR,

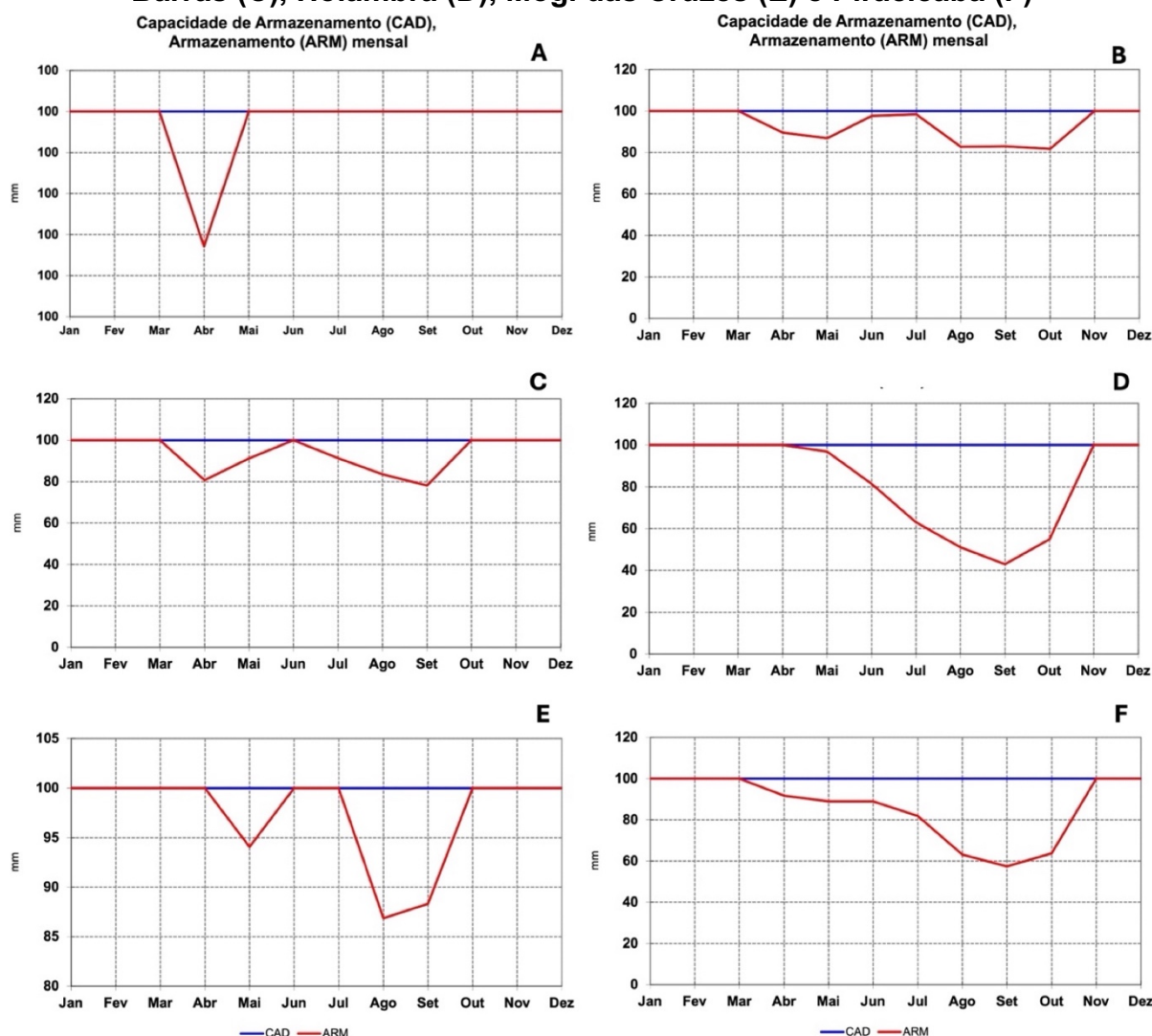
exceto para Itapetininga e Sorocaba, Holambra, e (Figura 15 B, D e F), pois a ETP supera a ETR nos meses de junho a setembro.

Figura 15 – Balanço hídrico normal mensal, cidades de Bragança Paulista (A), Itapetininga, Saltinho e Sorocaba (B), Juquiá e Sete Barras (C), Holambra (D), Mogi das Cruzes (E) e Piracicaba (F)



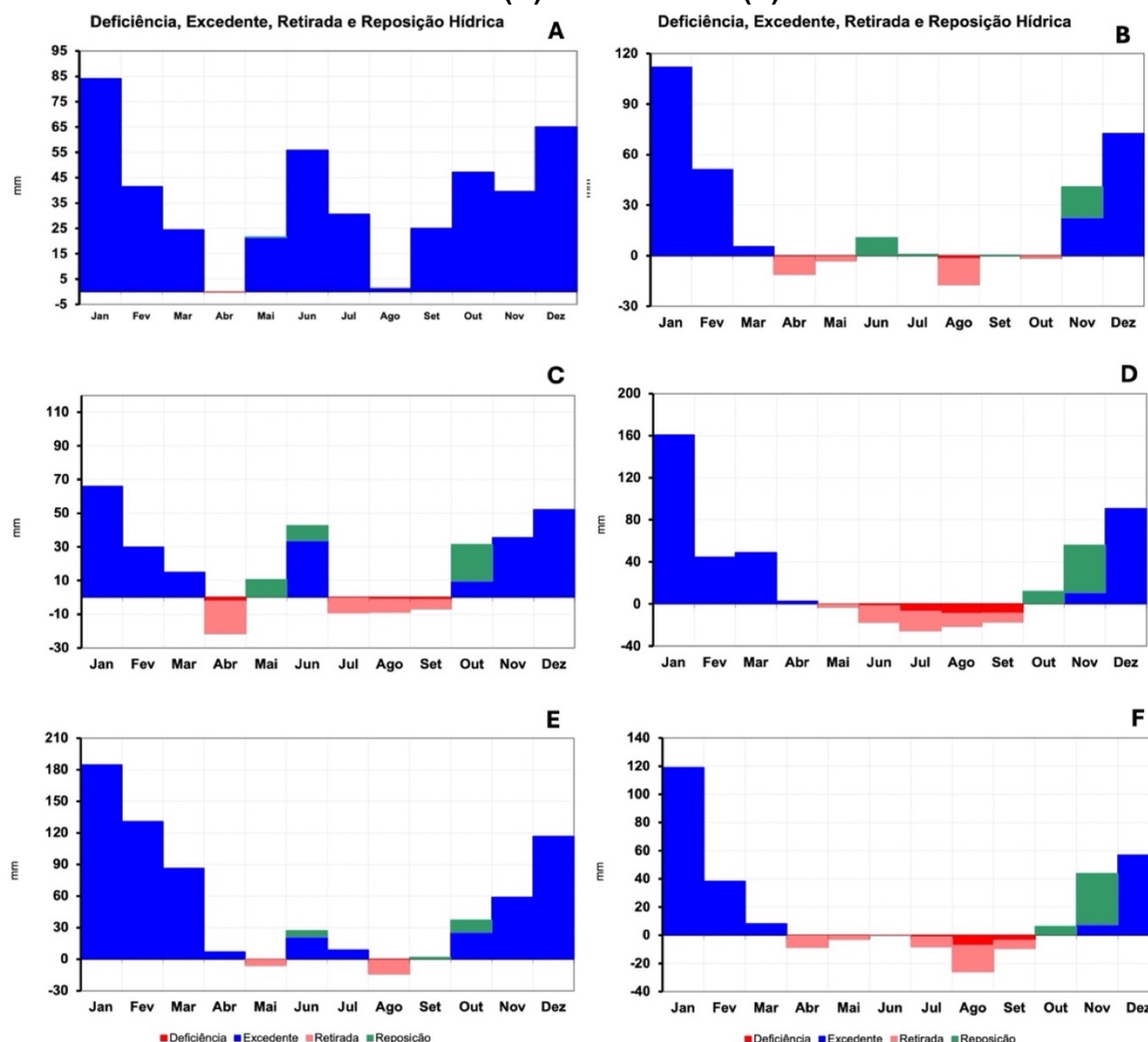
Corroborando com os dados apresentados, é visível que o ARM (armazenamento de água no solo) diminui quando ocorre os menores índices de precipitação para a estação seca (Figura 16).

Figura 16 – Capacidade de armazenamento de água no solo, para as regiões de Bragança Paulista (A), Itapetininga, Saltinho e Sorocaba (B), Juquiá e Sete Barras (C), Holambra (D), Mogi das Cruzes (E) e Piracicaba (F)



Através dos dados obtidos, pode-se observar os períodos mensais em que ocorrem deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no solo, sendo o BHC um fator que contribui para o planejamento do plantio de lúpulo. É notável que, para as cidades de Bragança, Fartura (Figura 17 A), Itapetininga, Sorocaba (Figura 17 B), Juquiá, Sete Barras (Figura 17 C) e Mogi das Cruzes (Figura 17 E), ocorre uma variação no ARM de 100 a 78,1 mm. Para Holambra (Figura 17 D) e Piracicaba (Figura 17 F) a variação no armazenamento é maior, ocorrendo de 100 a 43,0mm, e 100 a 57,4 mm.

Figura 17 – Média mensal de Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica, para as regiões de Bragança Paulista e Fartura (A), Itapetininga, Saltinho e Sorocaba (B), Juquiá e Sete Barras (C), Holambra (D), Mogi das Cruzes (E) e Piracicaba (F)



4.3.1.3 Municípios caracterizados com tipo climático Aw

O resultado do BHC (balanço hídrico climatológico), para os municípios de Aramina, Ribeirão Preto (Tabela 29), Mira Estrela, Nova Granada e São José do Rio Preto (Tabela 30), Holambra (Tabela 31) e Piracicaba (Tabela 32), foram realizados com dados obtidos de estações automáticas de Ituverava (A – 753), Votuporanga (A – 729), Itapira (A – 739) e Piracicaba (A – 726), na devida ordem, mostram a variabilidade anual das variáveis analisadas.

Tabela 29 – Balanço Hídrico Climatológico, para as regiões de Aramina e Ribeirão Preto, no período de 2008 a 2022, representados pela estação meteorológica automática de Ituverava (A – 753)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	22,0	231,7	98,3	133,4	100,0	0,0	98,3	0,0	133,4
Fev	22,4	132,5	90,2	42,3	100,0	0,0	90,2	0,0	42,3
Mar	22,0	137,8	92,0	45,8	100,0	0,0	92,0	0,0	45,8
Abr	20,7	66,1	72,8	-6,7	93,5	-6,5	72,5	0,2	0,0
Mai	18,3	31,0	52,9	-21,9	75,1	-18,4	49,4	3,5	0,0
Jun	17,7	23,7	46,0	-22,3	60,1	-15,0	38,7	7,3	0,0
Jul	19,1	9,5	56,6	-47,2	37,5	-22,6	32,0	24,6	0,0
Ago	20,9	8,5	72,9	-64,5	19,7	-17,8	26,3	46,7	0,0
Set	23,9	51,2	102,5	-51,3	11,8	-7,9	59,1	43,4	0,0
Out	24,6	106,7	119,6	-12,9	10,4	-1,4	108,1	11,5	0,0
Nov	23,9	209,7	112,9	96,8	100,0	89,6	112,9	0,0	7,1
Dez	24,1	239,0	122,4	116,6	100,0	0,0	122,4	0,0	116,6
Total	259,5	1247,2	1039,1	208,1		0,0	902,0	137,2	345,3
Média	22	104	87			± 90	75	11	29

Tabela 30 – Balanço Hídrico Climatológico, para para as regiões de Mira Estrela, Nova Granada e São José do Rio Preto, no período de 2007 a 2022, representados pela estação meteorológica automática de Votuporanga (A – 729)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	25,4	299,5	137,3	162,2	100,0	5,3	137,3	0,0	156,9
Fev	25,6	187,5	123,5	64,0	100,0	0,0	123,5	0,0	64,0
Mar	25,4	152,2	128,6	23,7	100,0	0,0	128,6	0,0	23,7
Abr	24,4	73,7	104,1	-30,3	73,8	-26,2	99,9	4,2	0,0
Mai	21,7	51,3	71,9	-20,6	60,1	-13,8	65,1	6,9	0,0
Jun	20,9	23,1	60,2	-37,1	41,4	-18,6	41,7	18,5	0,0
Jul	21,0	14,0	62,9	-48,8	25,4	-16,0	30,1	32,8	0,0
Ago	22,9	19,3	83,4	-64,0	13,4	-12,0	31,4	52,0	0,0
Set	25,4	65,6	115,7	-50,1	8,1	-5,3	70,9	44,8	0,0
Out	26,1	88,9	136,9	-48,0	5,0	-3,1	92,0	44,9	0,0
Nov	25,6	161,8	130,7	31,1	36,1	31,1	130,7	0,0	0,0
Dez	25,8	199,9	141,3	58,6	94,7	58,6	141,3	0,0	0,0
Total	290,0	1337,0	1296,4	40,6		0,0	1092,4	204,0	244,6
Média	24	111	108			± 95	91	17	20

Valores médios dos componentes do balanço hídrico climático, T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, EPT = evapotranspiração potencial, ARM = armazenamento de água no solo, ALT = alteração do armazenamento de água do solo, ETR = evapotranspiração real, DEF = deficiência hídrica, EXC = excedente hídrico.

Tabela 31 – Balanço Hídrico Climatológico, para a região de Holambra, no período de 2007 a 2022, representado pela estação meteorológica automática de Itapira (A – 739)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	24,2	285,2	124,6	160,6	100,0	0,0	124,6	0,0	160,6
Fev	24,3	155,5	111,2	44,3	100,0	0,0	111,2	0,0	44,3
Mar	23,5	157,9	108,9	49,0	100,0	0,0	108,9	0,0	49,0
Abr	21,8	85,4	82,6	2,8	100,0	0,0	82,6	0,0	2,8
Mai	18,9	53,8	57,0	-3,2	96,9	-3,1	56,9	0,0	0,0
Jun	17,9	29,0	46,5	-17,4	81,4	-15,5	44,5	1,9	0,0
Jul	18,1	23,0	48,4	-25,4	63,1	-18,3	41,3	7,2	0,0
Ago	19,4	38,6	59,9	-21,3	51,0	-12,1	50,7	9,2	0,0
Set	21,8	64,0	81,1	-17,1	43,0	-8,0	72,0	9,1	0,0
Out	23,4	117,2	105,3	11,9	54,9	11,9	105,3	0,0	0,0
Nov	23,3	161,9	106,0	55,9	100,0	45,1	106,0	0,0	10,8
Dez	24,0	213,1	122,5	90,6	100,0	0,0	122,5	0,0	90,6
Total	260,6	1384,6	1054,0	330,5		0,0	1026,6	27,4	357,9
Média	22	115	88			± 57	86	2	30

Tabela 32 – Balanço Hídrico Climatológico, para a região de Piracicaba, no período de 2007 a 2022, representado pela estação meteorológica automática de Piracicaba (A – 726)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	Mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	24,0	242,3	123,2	119,1	100,0	0,0	123,3	0,0	119,1
Fev	24,4	150,7	112,5	38,2	100,0	0,0	112,5	0,0	38,2
Mar	23,8	120,1	112,0	8,0	100,0	0,0	112,0	0,0	8,0
Abr	22,1	77,4	85,9	-8,6	91,7	-8,3	85,6	0,4	0,0
Mai	19,0	55,3	58,4	-3,0	89,0	-2,7	58,1	0,3	0,0
Jun	18,0	47,4	47,5	-0,1	88,9	-0,1	47,5	0,0	0,0
Jul	17,9	39,9	48,3	-8,3	81,8	-7,1	47,1	1,2	0,0
Ago	19,2	32,2	58,2	-25,9	63,1	-18,7	50,9	7,2	0,0
Set	20,8	63,1	72,5	-9,4	57,4	-5,7	68,8	3,8	0,0
Out	22,8	105,4	99,1	6,3	63,7	6,3	99,1	0,0	0,0
Nov	22,9	146,7	102,9	43,7	100,0	36,3	102,9	0,0	7,4
Dez	24,0	179,9	122,9	57,0	100,0	0,0	122,9	0,0	57,0
Total	259,0	1260,6	1043,7	216,9		0,0	1030,8	12,9	229,7
Média	22	105	87			± 43	86	1	19

Valores médios dos componentes do balanço hídrico climático, T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, EPT = evapotranspiração potencial, ARM = armazenamento de água no solo, ALT = alteração do armazenamento de água do solo, ETR = evapotranspiração real, DEF = deficiência hídrica, EXC = excedente hídrico.

Observa-se que a T (temperatura) média anual corresponde a 22°C para Aramina, Ribeirão Preto, Holambra e Piracicaba, ocorrendo temperaturas amenas nos meses de junho e julho, em que as médias não ultrapassam os 19°C. Para a cidade de Mira Estrela e São Jose do Rio Preto, a T média anual corresponde a 24°C, evidenciando o mês de junho, para T amena, de 20,9°C. Quando comparada as medias de temperatura, observa-se que para Mira Estrela e São Jose do Rio Preto, ocorre um aumento de 2°C.

As temperaturas elevadas ocorrem nos meses de primavera – verão, sendo fevereiro o mês com a temperatura mais elevada, podendo chegar a 25,6°C para os municípios de Mira Estrela e São José do Rio Preto, enquanto as demais cidades ficam em torno de 24°C.

A P (precipitação) acumulada anual é de 1.247,2, 1.337,0, 1384,6 e 1260,6 mm, na devida ordem, podendo inferir que os maiores acúmulos ocorrem nos meses de dezembro e janeiro, enquanto que os menores acúmulos são observados nos meses de julho e agosto para Aramina, Ribeirão Preto, Mira Estrela, São Jose do Rio Preto e Piracicaba, em que a média acumulada para o período é de 9,5 e 8,5mm, 14,0 e 19,3 mm, 39,9 e 32,2 mm, respectivamente, enquanto Holambra o volume acumulado é de 29,0 e 23,0 mm para os meses de junho e julho.

Ao analisar o extrato do BHC (balanço hídrico climatológico), para as regiões caracterizadas com tipo climático Aw, é possível observar os meses com DEF (deficiência hídrica) e EXC (excedente hídrico) (Figura 18).

Os meses de EXC, ocorrem de outubro a março, exceto para Mira Estrela, Nova Granada e São Jose do Rio Preto (Figura 18 B), onde nos meses característicos de maior intensidade de precipitação, entre outubro a dezembro, ocorre DEF ou nenhum EXC.

Nos meses de abril a meados de outubro, observa-se o período de estiagem, onde os maiores índices de DEF estão inseridos, para todas as regiões. Os maiores índices de DEF ocorrem em Aramina, Ribeirão Preto (figura 18 A) e para Mira Estrela, Nova Granada e São Jose do Rio Preto (Figura 18 B), nos meses de agosto e setembro, sendo considerados períodos críticos.

A ETP (evapotranspiração potencial) é maior do que a ETR (evapotranspiração real), sendo semelhante para as regiões de Aramina, Ribeirão Preto (figura 19 A) e para Mira Estrela, Nova Granada e São Jose do Rio Preto (Figura 19 B), fato que pode ser explicado pelo menor volume de precipitação ao longo dos meses característicos

de estação seca (abril a setembro). Ocorre um padrão semelhante para Holambra (Figura 19 C) e Piracicaba (Figura 19 D), onde é visto um aumento não tão significativo para a ETP em relação a ETP, como nas demais regiões analisadas, fato que pode ser explicado aos índices pluviométricos maiores e menores temperaturas nos meses avaliados.

Esse fato corrobora com Abreu e Hernandez (2021), observando o comportamento do BHC normal e sequencial no município de Pereira Barreto–SP, encontraram os maiores índices de ETP e ETR para os meses que vão de novembro a março, e os menores índices ocorrendo de maio a agosto.

O ARM (armazenamento de água no solo), diminui nos meses de menor intensidade de precipitação, sendo visto assim duas estações bem definidas e chuvas mal distribuídas para as regiões (Figura 20).

O menor volume de ARM ocorre para as regiões de Aramina e Ribeirão Preto (Figura 20 A), Mira Estrela, Nova Granada e São Jose do Rio Preto (Figura 20 B), variando de 100,0 a 10,4 mm para outubro, e de 100 a 5,0 mm para outubro, respectivamente.

Figura 18 – Extrato do Balanço Hídrico Climatológico Normal mensal, para regiões de Aramina e Ribeirão Preto (A), Mira Estrela, Nova Granada e São Jose do Rio Preto (B), Holambra (C) e Piracicaba (D)

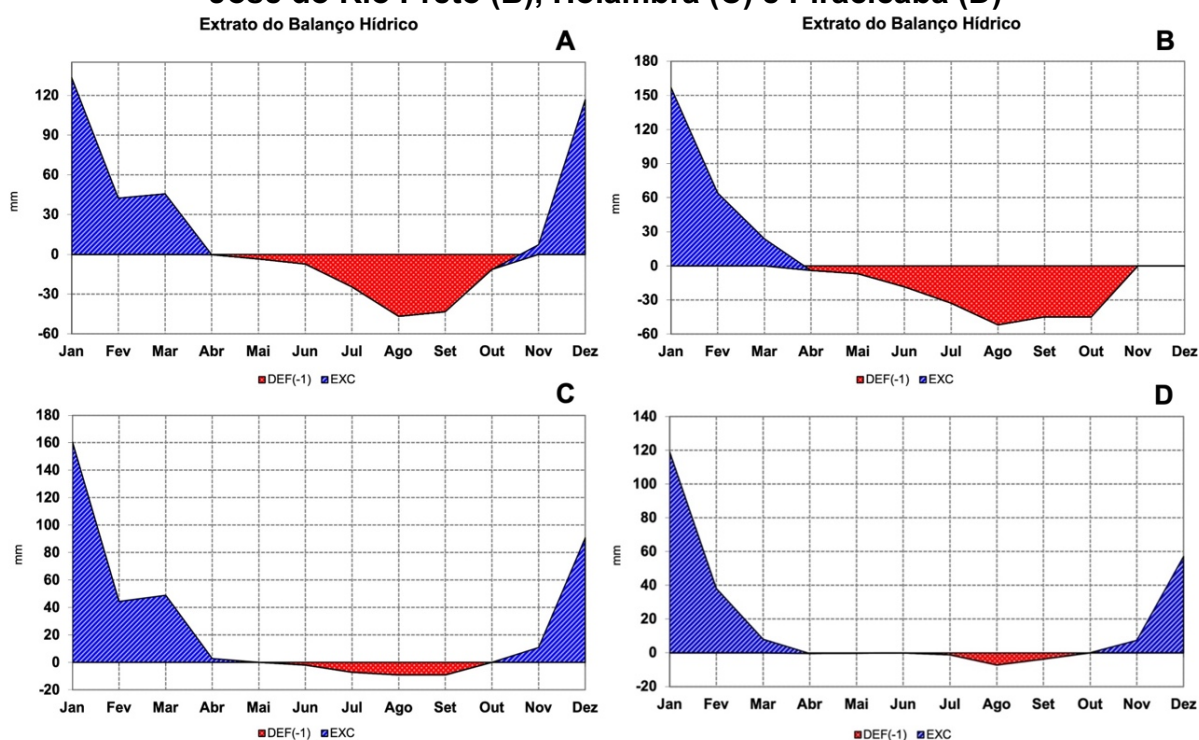


Figura 19 – Balanço hídrico norma mensal, para regiões de Aramina e Ribeirão Preto (A), Mira Estrela, Nova Granada e São Jose do Rio Preto (B), Holambra (C) e Piracicaba (D)

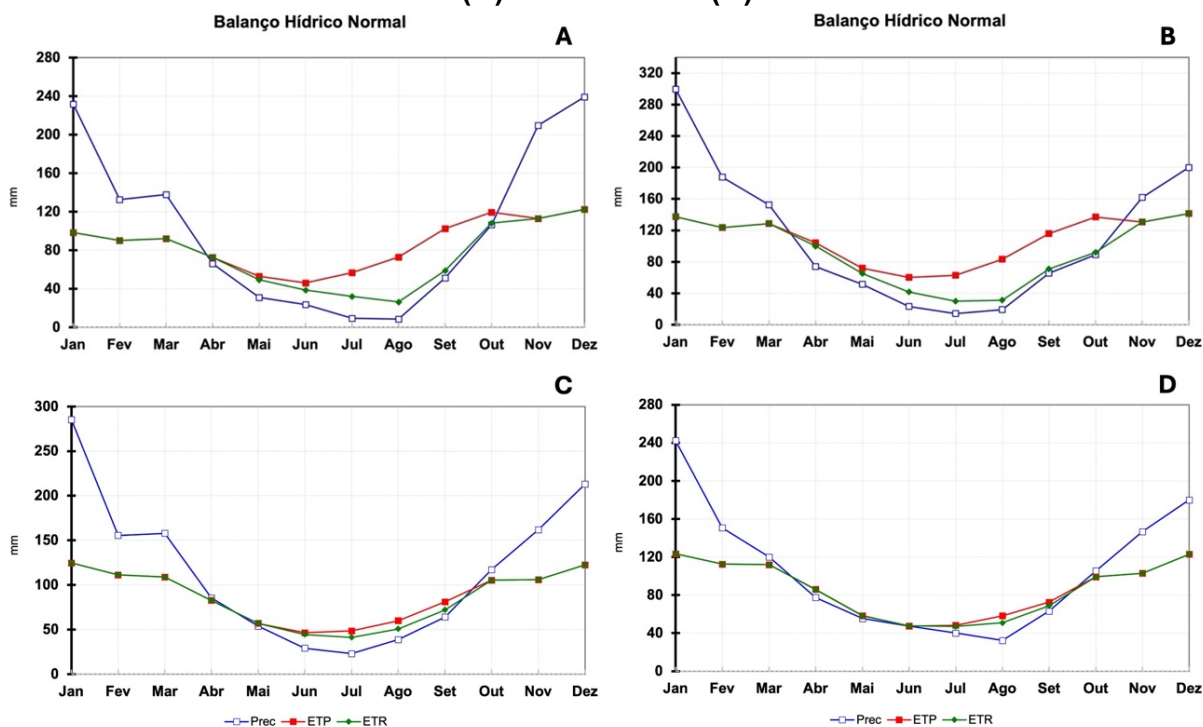
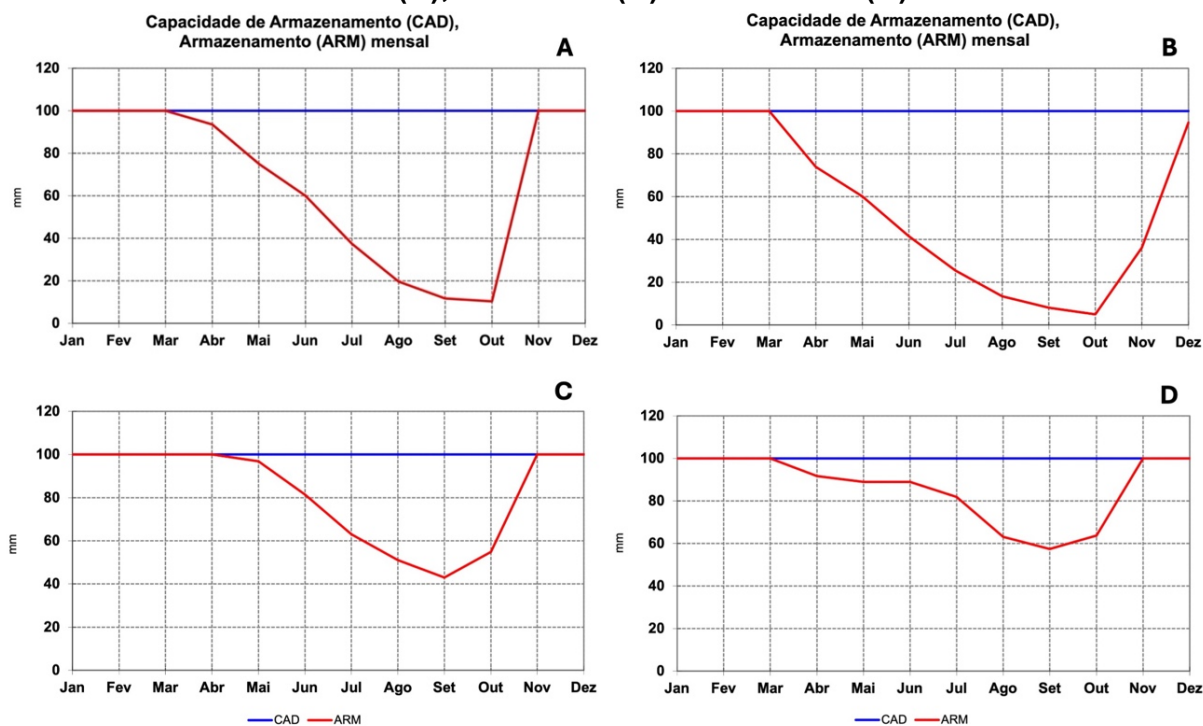


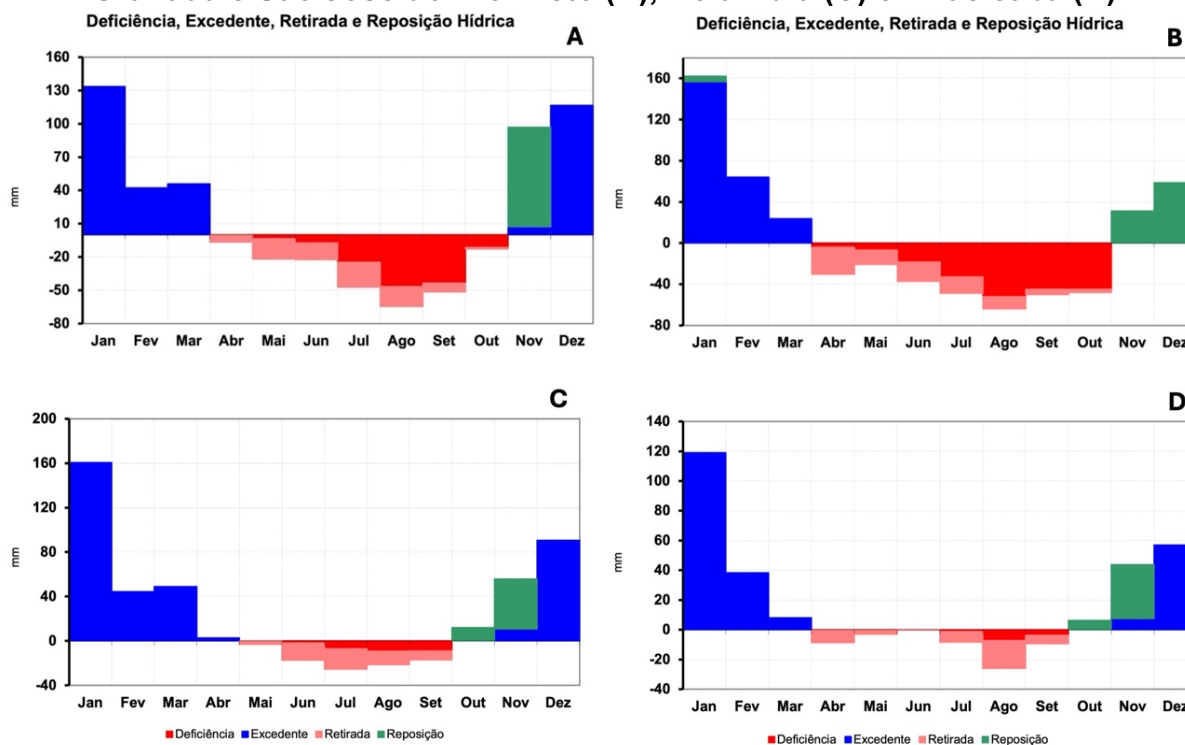
Figura 20 – Capacidade de armazenamento de água no solo, para as regiões de Aramina e Ribeirão Preto (A), Mira Estrela, Nova Granada e São Jose do Rio Preto (B), Holambra (C) e Piracicaba (D)



De uma forma geral, com a ajuda do BHC é possível inferir que para as regiões tem-se uma média de 6 meses de deficiência hídrica e retirada de água no solo, com maior intensidade entre agosto e setembro (Figura 21), sendo necessário a utilização de sistemas de irrigação para o cultivo de lúpulo.

Os meses marcados pela reposição hídrica ocorrem em novembro e dezembro, sendo marcados pelo maior volume hídrico na região, assim ocorrendo o excedente entre os meses de novembro a março.

Figura 21 – Média mensal de Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica, para as regiões de Aramina e Ribeirão Preto (A), Mira Estrela, Nova Granada e São Jose do Rio Preto (B), Holambra (C) e Piracicaba (D)



4.3.1.4 Municípios caracterizados com tipo climático Cfb

O resultado do BHC (balanço hídrico climatológico) para São Bento do Sapucaí, foi gerado com os dados da estação automática de Campos do Jordao (A – 706) (Tabela 33).

Tabela 33 – Balanço Hídrico Climatológico, para a região de São Bento do Sapucaí, no período de 2007 a 2022, representado pela estação meteorológica automática de Campos do Jordão (A – 706)

Mês	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	°C	mm	Mm	mm	mm	mm	mm	mm	Mm
Jan	17,5	241,7	84,2	157,5	100,0	0,0	84,2	0,0	157,5
Fev	17,4	207,7	73,1	134,6	100,0	0,0	73,1	0,0	134,6
Mar	16,7	204,1	72,9	131,2	100,0	0,0	73,0	0,0	131,2
Abr	15,2	98,0	58,1	39,9	100,0	0,0	58,1	0,0	39,9
Mai	12,4	62,4	41,8	20,6	100,0	0,0	41,8	0,0	20,6
Jun	11,9	53,5	36,8	16,6	100,0	0,0	36,8	0,0	16,6
Jul	11,5	43,1	35,6	7,5	100,0	0,0	35,6	0,0	7,5
Ago	12,5	33,0	41,7	-8,7	91,7	-8,3	41,3	0,4	0,0
Set	14,9	68,4	55,4	13,0	100,0	8,3	55,4	0,0	4,7
Out	15,8	145,9	66,3	79,6	100,0	0,0	66,3	0,0	79,6
Nov	15,9	195,4	68,0	127,3	100,0	0,0	68,0	0,0	127,3
Dez	17,2	253,4	81,2	172,3	100,0	0,0	81,2	0,0	172,3
Total	179,0	1606,7	715,2	891,5		0,0	714,8	0,4	891,9
Média	15	134	60			± 8	60	0	74

Valores médios dos componentes do balanço hídrico climático, T = temperatura média do ar, P = precipitação pluviométrica, EPT = evapotranspiração potencial, ARM = armazenamento de água no solo, ALT = alteração do armazenamento de água do solo, ETR = evapotranspiração real, DEF = deficiência hídrica, EXC = excedente hídrico.

Por meio do BHC, é visto que a média anual de T (temperatura) é de 15°C, sendo que nenhum mês ultrapassa 18°C, e a média acumulada anual de P (precipitação) é de 1606,7 mm. A média de T nos meses de outubro a março, período de primavera - verão o qual é caracterizado pelo período chuvoso, é de 16,7°C, e a P para o período referido é de 1248,2 mm, o que corresponde a 77,7% do volume anual, sendo que o mês de dezembro possui o maior volume de P, com média acumulada de 253,45 mm.

A média de T nos meses de abril a setembro, quando acontece o período de outono – inverno, é de 13°C, e a média acumulada de P para o mesmo período é de 358,48 mm, representando 22,3% do volume anual, em que o mês de agosto possui o menor índice de P de 33,01 mm.

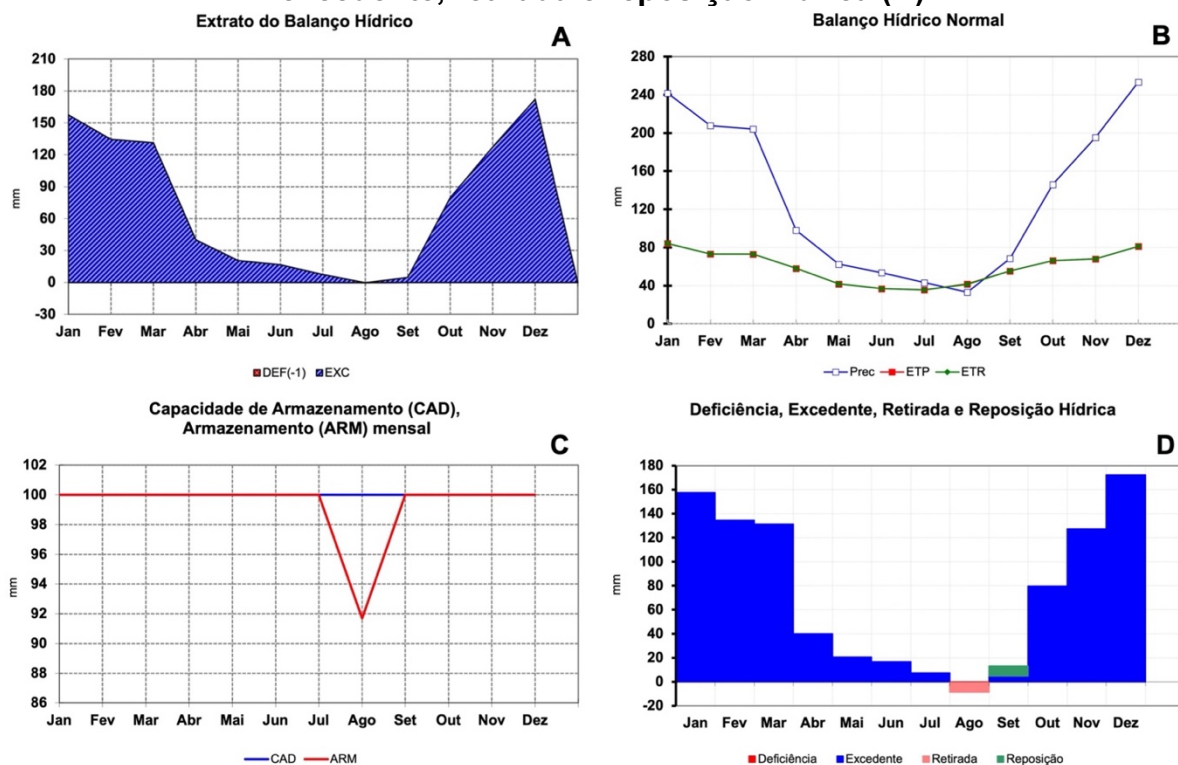
A ETP (evapotranspiração potencial) anual foi de 715,2 mm, o que representou uma média mensal de 60 mm, sendo os meses de dezembro e janeiro com os maiores índices de ETP, o que pode ser explicado pelo maior índice de T e P nestes respectivos meses, e nos meses de junho e julho são observados os menores acúmulos médios de ETP, sendo de 36,8 e 35,6 mm, o qual coincide com o período

de inverno, entretanto não ocorre DEF (deficiência hídrica) com severidade no período de inverno, onde o DEF é de 0,4 mm para o mês de agosto (Figura 22 A).

A ETR (evapotranspiração real) acumulada média anual foi de 714,8 mm, sendo também os meses de dezembro e janeiro com os maiores índices de ETR, porém a ETP e ETR tem um padrão semelhante de comportamento. O volume de P nos meses de abril a setembro diminui, entretanto com a baixa T ocorre menor evapotranspiração, assim a demanda hídrica supre a CAD (capacidade de água disponível) (Figura 22 B).

Por meio do BHC foi possível constatar o índice AMR (armazenamento de água) no solo ao longo do ano, podendo inferir que ocorre a retirada de água no mês de agosto (Figura 22 C). Além disso, verifica-se através do extrato do BHC que os meses de outubro a julho possuem excedente hídrico, indicando que, para o período em questão, o suprimento de água para o solo é suficiente, e que nos meses de agosto ocorre a retirada devido ao menor volume de P para o referido mês, ocorrendo mês de setembro reposição de água no solo (Figura 22 D). Também é possível mencionar que ao longo do ano não ocorre déficit hídrico para as regiões estudadas.

Figura 22 – Extrato do balanço hídrico climatológico mensal (A e B), distribuição da precipitação e dos valores médios mensais acumulados evapotranspiração potencial e real (C) e média mensal de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica (D)



4.3.2 Demanda Hídrica para a cultura do lúpulo

Os valores estimados de evapotranspiração da cultura (ETc) para as regiões produtoras de lúpulo do Estado de São Paulo foram realizados com ciclo de 155 dias, com início de plantio nos meses de setembro e outubro (Figura 14). É visto que a demanda hídrica da cultura de lúpulo possui padrões semelhantes para as regiões analisadas, quando comparados aos meses de plantio.

Foi verificado que a demanda hídrica do lúpulo variou entre 308,0 a 560,5 mm por ciclo para o plantio no mês de setembro, e de 327,7 a 572,3 mm por ciclo para o plantio no mês de outubro.

Para o plantio com início no mês de setembro a ETc para as regiões de Aguaí e Holambra (Figura 23 A), Avaré e Taguaí (Figura 23 B), Boa Esperança do Sul (Figura 23 C), Cruzeiro (Figura 23 D), Jarinu e Piracicaba (Figura 23 E), Mogi das Cruzes (Figura 23 F), Bragança Paulista e Fartura (Figura 23 G), Itapetininga, Saltinho e Sorocaba (Figura 23 H), Juquiá e Sete Barras (Figura 23 I), Aramina e Ribeirão Preto (Figura 23 J), Mira Estrela, Nova Granada e São José do Rio Preto (Figura 23 K) e São Bento do Sapucaí (Figura 23 L) é de 25,1, 21,3, 24,8, 21,7, 22,4 e 20,6, 19,8, 21,5, 19,3, 31,7, 35,8 e 17,1 mm, respectivamente.

Quando ocorre o plantio nas regiões analisadas durante o mês de outubro, a ETc é de 34,0, 28,5, 33,4, 30,6, 32,0, 26,3, 26,0, 29,0, 25,8, 38,6, 44,2 e 21,4 mm, na devida ordem. Quando comparado as épocas de plantio é visto que para o mês de setembro os valores estimados de requerimento hídrico pela cultura são menores do que em outubro, fato que pode ser explicado pelas médias de temperaturas encontrarem-se mais baixas e menores demandas de ETP durante a fase de crescimento e inicial e intermediário.

As informações a respeito do início de cultivo em outubro corroboram com os estudos de Dodds (2017), pois durante o período de primavera – verão o índice de temperatura tende a aumentar, juntamente com a ETP e maiores volumes de precipitação, e em regiões onde a precipitação não ocorre de forma favorável é necessário o uso de suplementação hídrica através de um sistema de irrigação.

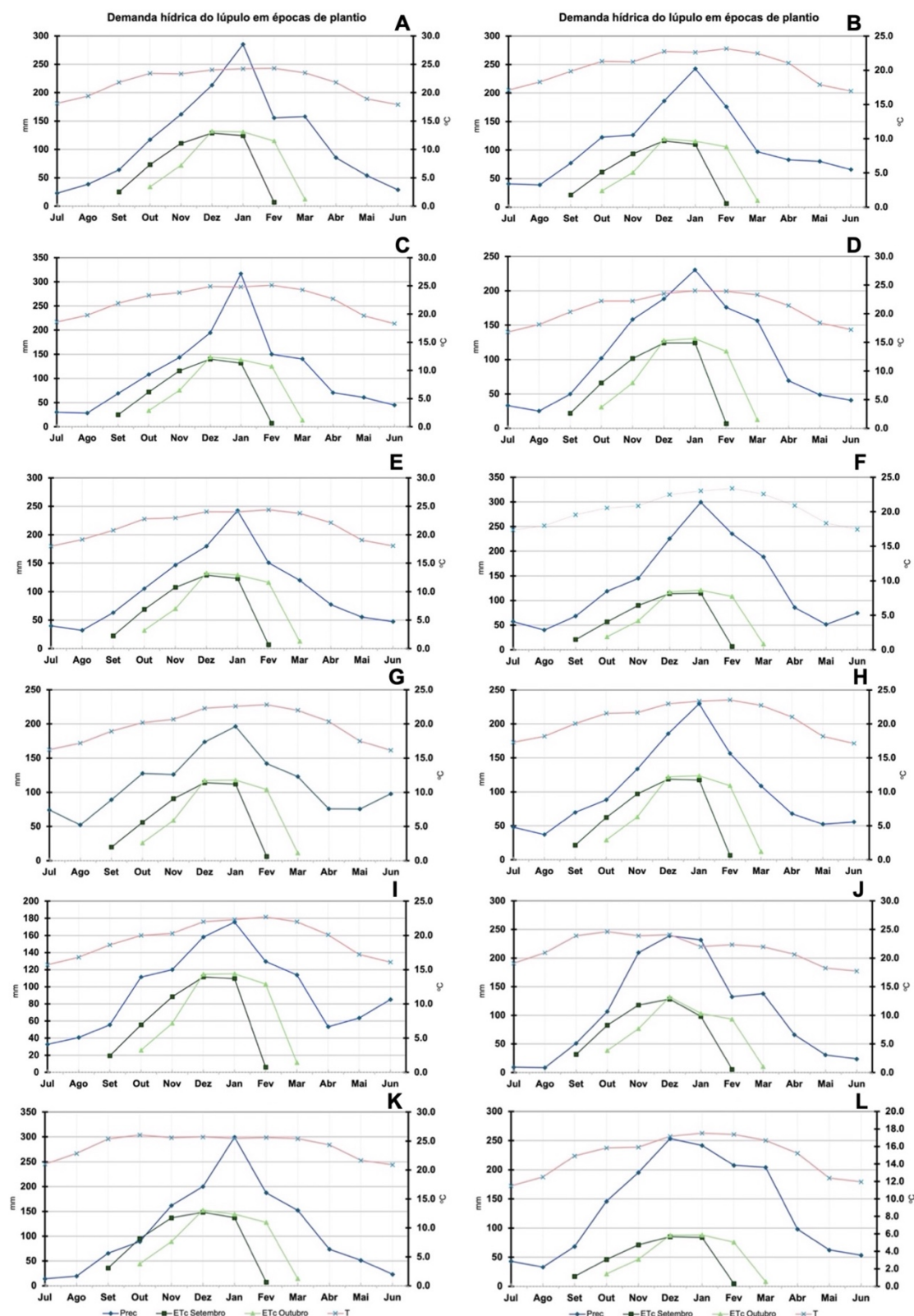
A junção das variáveis climáticas para o período de plantio no mês de setembro resulta em DEF para a maioria das regiões analisadas, exceto para Bragança Paulista, Fartura e São Bento do Sapucaí que não possuem DEF ao longo do ano para a CAD de 100 mm. O fato que explica os gráficos obtidos para a demanda hídrica da cultura

do lúpulo está relacionado aos parâmetros climáticos e com o AMR, pois nas regiões de cultivo de lúpulo no Estado de São Paulo, as médias de temperatura e acúmulos de ETP são relativamente mais baixas, e a P acumulada é maior nos meses de outono – inverno, do que os parâmetros observados por Guimaraes *et al.* (2020), ao analisar o BHC para o cultivo de lúpulo na região de Marinópolis – SP.

Na fase inicial e final do cultivo de lúpulo é observado que as exigências hídricas são menores, fato que corrobora com o estudo de Sousa (2021), que reporta que o motivo para menor demanda hídrica é devido a menor área foliar das plantas de lúpulo. Foi relatado ainda que para solos de textura mista, os valores de demanda hídrica inicial são de 100,2 mm e final de 78,81 mm, em estufa. Visto que o cultivo nas regiões ocorre em campo aberto, os valores de ETc são relativamente menores, devido a incidência de precipitação.

Assim, nos meses de setembro e outubro são propícios ao cultivo de lúpulo nas regiões do Estado de São Paulo analisadas, tanto na Fase I quanto para a Fase II, pois mesmo com a má distribuição de chuva para a maioria das regiões, o AMR de água no solo supre a demanda da cultura, e ainda considerando as mudanças climáticas, é interessante que os produtores façam o monitoramento das condições climáticas visando a suplementação hídrica nos meses em que a demanda de precipitação não satisfaça a cultura em anos atípicos.

Figura 23 – Demanda hídrica da cultura do lúpulo, para as regiões de Aguai e Holambra (A), Avaré e Taguaí (B), Boa Esperança do Sul (C), Cruzeiro (D), Jarinu e Piracicaba (E), Mogi das Cruzes (F), Bragança Paulista e Fartura (G), Itapetininga, Saltinho e Sorocaba (H), Juquiá e Sete Barras (I), Aramina e Ribeirão Preto (J), Mira Estrela, Nova Granada e São José do Rio Preto (K) e São Bento do Sapucaí (L)



5 CONCLUSÃO

A cultura do lúpulo ainda enfrenta várias adversidades, principalmente no que diz respeito a irrigação, nutrição e problemas fitossanitários, devido a maioria dos referencias teóricos não corresponderem ao clima do Brasil. Porém, a literatura nacional referente às pesquisas realizadas em solo brasileiro está em franca evolução, com necessidades ainda de estudos sobre demanda hídrica para melhor planejamento do uso da água.

Com o auxílio do Balanço Hídrico Climatológico foi possível identificar informações sobre precipitação e temperatura do ar, como atributos para caracterização climática, para o cultivo de lúpulo na região do Estado de São Paulo.

As regiões de São Bento do Sapucaí, Bragança Paulista e Fartura possuem os menores índices de déficit hídrico e temperaturas considerada ideais para o cultivo do lúpulo, estando de acordo com as temperaturas observadas nas regiões produtores do Hemisfério Norte (16,4 a 32,0 °C), possivelmente não precisando utilizar sistema de irrigação em algumas épocas do ciclo, o que gera menores custos produtivos, sendo consideradas regiões com melhores indicativos ao cultivo de lúpulo neste aspecto. Em relação ao fotoperíodo para as regiões mencionadas, foi observado que no período de desenvolvimento e inflorescência os valores são de aproximadamente 13,5 horas para Bragança Paulista e Fartura, e 13,4 horas para São Bento do Sapucaí.

Mira Estrela, Nova Granada e São José do Rio Preto possuem as temperaturas mais elevadas (20,9 a 25,7 °C), entretanto ainda se encontram na faixa de temperatura considerada ideal. O fotoperíodo para as regiões de Aramina, Ribeirão Preto, Mira Estrela, Nova Granada e São José do Rio Preto são menores do que as demais regiões analisadas nas fases de desenvolvimento chegando a 13,2 horas. A demanda hídrica da cultura também é maior para essas regiões, cerca de 454,6 a 572,3 mm por ciclo, necessitando o uso de sistema de irrigação para atender a demanda hídrica da planta tanto no mês de setembro quanto outubro.

As demais regiões de estudo, encontram-se na faixa de temperatura ideal para o cultivo de lúpulo, onde o fotoperíodo varia entre 13,3 e 13,4 horas nas fases de desenvolvimento. É possível que para as regiões o AMR de água no solo supra a demanda hídrica da planta, entretanto recomenda-se que os produtores tenham um sistema de irrigação e façam o monitoramento para evitar estresse hídrico e perdas de produtividade devido as mudanças climáticas.

Diante do exposto, este estudo faz uma síntese da variabilidade de condições edafoclimáticas em que o lúpulo é cultivado no Brasil, e com isso, além das informações apontadas ao longo das discussões, é necessário também registrar que a pesquisa nacional está em fase de amadurecimento acerca de identificação de pontos importantes de análises serem melhor exploradas como eficiência do uso da água e suplementação luminosa. O manejo é importante para a complementação das condições adequadas de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. A. DA S.; HERNANDEZ, F. B. T. Balanço hídrico climatológico normal e sequencial do município de Pereira Barreto – SP como auxílio para o planejamento da agricultura irrigada. **Irriga**, v. 1, n. 3, p. 530–545, 21 dez. 2021.
- ABREU, M. C.; TONELLO, K. C. Estimate of the water balance of the Sorocaba river watershed – SP. **Ambiência**, v. 11, n. 3, p. 513–527, 2015
- ADAMS, R. M. *et al.* **Mudança climática global e agricultura dos EUA**. 1990. *Natureza* 345, 219–224.
- AFONSO, S. *et al.* Diagnóstico do estado nutricional do lúpulo em campos com 117 lantassas diferentes níveis de desenvolvimento e produtividade. Em: **Livro de Resumos do II Congresso Nacional das Escolas Superiores Agrárias**, Comissão Especializada das Escolas Superiores Agrárias do CCISP, 2017. P. 62–63.
- AGEHARA, S. **Simple imaging techniques for plant growth assessment**. 2020. University of Florida IFAS Extension. HS1353.
- ALADENOLA, O.; MADRAMOOTOO, C. Evaluation of solar radiation estimation methods for reference evapotranspiration estimation in Canada. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 118, p. 377–385, 2014.
- ALLEN, R. G. *et al.* Water Requirements. In: HOFFMAN, G.J. *et al.* Design and Operation of Farm Irrigation Systems. 2. ed. Nebraska: **American Society of Agricultural & Biological**, 2007. Cap. 8, p.208–288.
- ALLEN, R. G. *et al.* **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998.
- ALMAGUER, C. *et al.* Humulus lupulus – a story that begs to be told. A review. **Journal of the Institute of Brewing**, p. 26, 2014.
- ALMEIDA, J. M. **Análise do óleo essencial de variedade de lúpulo (Humulus lupulus L.) cultivadas no Brasil por cromatografia gasosa** UNI E. 2020. Tese - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) - Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Botucatu, 2020.
- ALMEIDA, H. A.; SOUZA, J. A.; ALCÂNTARA, H. M. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n.1, p.58–66, 2008.
- ALVARES, C.A. *et al.* Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, F. C. **Influência da rega na produtividade e na qualidade da produção do lúpulo (Humulus lupulus L.), variedade Nugget, na região da Galiza**.

Dissertação (Mestrado)—Lisboa: Universidade de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia, 2018.

ANDRADE JR, A. S. DE et al. Demanda hídrica da cana-de-açúcar, por balanço de energia, na microrregião de Teresina, Piauí. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, p. 229–238, 2018.

APROLÚPULO. **Aprolúpulo - Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo**. 2022. Disponível em: <<https://aprolupulo.com.br/blog/levantamento-estatistico-aprolupulo-2021>>. Acesso em: 24 set. 2023.

ASHFORD, T. **Os muitos benefícios das folhas de lúpulo**. Disponível em: <<https://cancanawards.com/hop-leaves/>>. Acesso em: 25 set. 2023.

BAIERLE, R. E. **Plantio de lúpulo - tudo que você precisa saber**. Disponível em: <<https://www.lamasbrewshop.com.br/blog/2020/09/plantio-de-lupulo-tudo-que-voce-precisa-saber.html>>. Acesso em: 22 nov. 2022.

BAIERLE, R. E. **Cultivo de Lúpulo no Brasil, história e perspectivas - Blog Lamas**. Disponível em: <<https://www.lamasbrewshop.com.br/blog/2020/07/cultivo-de-lupulo-no-brasil.html>>. Acesso em: 2 nov. 2020.

BAMFORTH, C. **Beer: Tap into the Art and Science of Brewing, Second Edition**, New York: Oxford University Press, 2003.

BARRETO, Í. A. C. **Filocrono e evapotranspiração da cultura do lúpulo em região de clima tropical**. Dissertação (Mestrado)—Piracicaba - SP: Universidade de São Paulo (USP) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2022.

BARRETO, N. J. C. *et al.* Influência dos fenômenos El Niño/La Niña no balanço hídrico do município de Jacareaganga-pa. In: **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2006, Florianópolis.

BARTH-HASS. **The Barth Report. Nuremberg: Joh.Barth & Sohn, vários números (1970- 2017)**. Disponível: < <https://www.barthhaas.com/en/downloads>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

BAXTER, E. D.; HUGHES, P. S.; **Beer: quality, safety and nutritional aspects**, 1st ed., RSC Paperbacks: Cambridge, 2001.

BENNETT, B. C. Doctrine of Signatures: An Explanation of Medicinal Plant Discovery or Dissemination of Knowledge? **Economic Botany**, v. 61, n. 3, p. 246–255, 2007.

BERBERT, S. **Conheça a produção de lúpulo brasileiro**. Disponível em: <<https://globo rural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2017/02/conheca-producao-de-lupulo-brasileiro.html>>. Acesso em: 23 ago. 2022.

BIENDL, M. *et al.* **Hops: their cultivation, composition and usage**. Nuremberg: Carl, 2014.

BIZOTTO, D. **Lúpulo nos Campos de Cima da Serra: Potencialidades Climáticas**. TCC - Trabalho de conclusão de curso—Alegre - RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, 2019.

BLAD, L. B., BAKER, D. G. Reflected radiation from a soybean crop. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, p. 277-280, 1972.

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PINÃ-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOGLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais** Brasília, DF: ABRATES, 1993. p.83-135.

BOSCUTTI, F. et al. Shrub growth and plant diversity along an elevation gradient: Evidence of indirect effects of climate on alpine ecosystems. **PLOS ONE**, v. 13, n. 4, p. e0196653, 2018.

BOUTAIN, J. R. **On the origin of hops: genetic variability, phylogenetic relationships, and ecological plasticity of *Humulus* (Cannabaceae)**. 2014. Dissertação - Hawaii: University of Hawaii at Manoa.

BRANT, V. et al. Distribution of root system of hop plants in hop gardens with regular rows cultivation. **Plant, Soil and Environment**, v. 66, 23 jun. 2020.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2019. **Portal de informações agropecuárias**. Brasília.

BRIGGS, D. E. et al. **Brewing Science and practice**, 1 ed., CRC Press: New York, 2004.

BRIGIDO, R.; NETTO, M. **Produção de cerveja**. 2006.

BRIXNER, G. F. Relatório de estágio curricular supervisionado obrigatório na área de agrometeorologia. **Revista Da Graduação**, v. 3, n. 2, p. 66, 2010.

BURGESS, A. H. **Hops: Botany, Cultivation, and Utilization**. New York: Interscience Publishers, 1964.

CALDERWOOD, L. et al. Effect of Drive Row Ground Covers on Hop (*Rosales: Cannabaceae*) Yard Arthropod Pests in Vermont, USA. **Environmental Entomology**, v. 46, n. 2, p. 183–190, 2017.

CAMARGO, A. P. DE. Zoneamento de aptidão climática para a cafeicultura de arábica e robusta no Brasil. In: **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Recursos naturais, meio ambiente e poluição**, Rio de Janeiro, v. 1, p.67-76, 1977.

CANBAŞ, A.; ERTEN, H.; ÖZŞAHİN, F. The effects of storage temperature on the chemical composition of hop pellets. **Process Biochemistry**, v. 36, n. 11, p. 1053–1058, maio 2001.

CARRILHO, F. Necessidades do lúpulo do ponto de vista do clima e trabalhos culturais. **1as Jornas Técnicas sobre a Cultura do Lúpulo**, Braga. 1981.

CARVALHO, M. W. L. *et al.* Comparação de dados meteorológicos e estimativa da radiação líquida e evapotranspiração de referência utilizando estações convencional e automática. **Agrometeoros**, v. 27, n. 2, p. 285–292, 2019.

CARVALHO, V. P. D. **Zoneamento agroclimático da cultura de lúpulo para o estado do rio de janeiro: uma aplicação da lógica fuzzy**. Dissertação (Mestrado). UFRJ, 115p., 2018.

CARVALHO, J. F. C. **Desenvolvimento da videira e composição química dos frutos: relações com a cobertura do solo**. Tese (Doutorado) - Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2014.

CARVALHO, I. R. *et al.* Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 9, n. 17, p. 969–985, 2013.

CERQUEIRA, C. **Produção de lúpulo brasileiro aumenta 160% em 2021**. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/noticias/producao-de-lupulo-brasileiro-aumenta-160percent-em-2021>>. Acesso em: 30 jul. 2023.

CORAL, G. *et al.* Relações entre a temperatura do ar, a radiação solar e a temperatura das folhas de cafeeiros, em dia com alta nebulosidade. **XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, p. 5, 2009.

COUDUN, C. *et al.* Soil nutritional factors improve models of plant species distribution: an illustration with *Acer campestre* (L.) in 5. France. **J.Biogeog**, v.33, p.1750-1763, 2006.

COUTO, L.; SANS, L. M. A. Requerimento de água das culturas. **Circular Técnica** 20, n. 1, p. 10, 2000.

CRAIN, M. N. **Factors controlling hop flowering and their potential and their potential for use in the brewing and pharmaceutical industries**. 2011. Teses do Programa de Honra - Universidade do Norte de Iowa, Iowa, 2011.

CORRER, T. T.; GARCIA, A. Classificação climática para a cidade de Ituverava/SP. **Nucleus**, v. 4, n. 1, p. 29–38, 2007.

DAGOSTIM, M. D. **Crescimento do lúpulo (*Humulus lupulus* L.) em função da adubação nitrogenada e da aplicação de ácido giberélico foliar**. Dissertação (Mestrado)—Lages - SC: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2019.

DANTAS, D. *et al.* Temperatura do ar e do solo em diferentes profundidades, em Diamantina - MG. v. 9, n. 3, p. 6, 2017.

DE-SOUZA, R. *et al.* Growth regulators and their reflection on different hop genotypes cultivated under in vitro conditions. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, p. 1–8, 2022.

DENOMA, J. S. **Humulus Genetic Resources**. Hop. USDA ARS National Clonal Germplasm Repository: Corvallis - Oregon, 2000.

DIAS, H.; ALVARES, C. A.; SENTELHAS, P. Um século de dados meteorológicos em Piracicaba, SP: Mudanças do clima pela classificação de Köppen. **A Agrometeorologia na Solução de Problemas Multiescala**, XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação do Semiárido Brasileiro. 2017.

DODDS, K. **Hops: a guide for new growers**. 1. ed. NSW Department of Primary industries, 2017.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. M. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO – Irrigação e Drenagem n.33, 1994. 306p. (Traduzido por Gheyi, H.R. et al. – UFPB).

DURELLO, R.; SILVA, L.; BOGUSZ JR., S. Química do lúpulo. **Química Nova**, v. 42, n. 8, p. 900–919, 2019.

EBLINGER H. M. **Handbook of Brewing. Processes, Technology**. Markets. Wiley-VCH, 2009.

EDWARDSON, J. R. Hops - Their botany, history, production and utilization. **Economic Botany**, v. 6, n. 2, p. 160–175, 1952.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 356 p.

ENGELHARD, B.; LUTZ, A.; SEIGNER, E. **Hopfen für alle Biere der Welt**. 1. Ed, 2011.

ERIKSEN, R. L. *et al.* Photo-synthetic activity of six hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars under different temperature treatments. **HortScience**, v. 55, n. 4, p. 403-409, 2020.

EVANS, R. Hop Management in Water-Short Periods. **Drought advisory**, p. 3, 2003.

FAGHERAZZI, M. M. *et al.* First report of *Podosphaera macularis* causing hop (*Humulus lupulus*) powdery mildew in Brazil. **Plant Disease**. 2021.

FAGHERAZZI, M. M. **Adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do planalto sul catarinense**. Tese (Doutorado)—Lages - SC: Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal - PPGPV, 2020.

FAGHERAZZI, M. M. *et al.* Propagação de estacas de lúpulo sob diferentes substratos. **Congrega Urcamp**, Bagé, 15 (15): 1401-1409, 2018.

FAGHERAZZI, M. M. *et al.* Sistemas de condução para o cultivo do lúpulo. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 2018, n. 1, 2018.

FAGHERAZZI, M. M.; RUFATO, L. Produzir lúpulo no Brasil, utopia ou realidade? **Revista Agronomia Brasileira**, v. 2, 2018.

FANDIÑO, M. *et al.* 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**, v. 77, p. 204-217, 2015.

FAUSTINO, R. F. **Mortalidade do bicudo em algodoeiros irrigados por gotejamento e aspersão**. Dissertação (Mestrado)—Campina Grande - PB: Universidade Estadual da Paraíba, 2020.

FERRAZ JUNIOR; STELLA, R.; MARCHIORI, B. **Essencial na fabricação de cerveja, lúpulo brasileiro é tão bom quanto o importado, mostram estudos da USP**. Disponível em: <[FERNANDES, C. S.; TRAZZI, J. B. B.; SCHWANZ, V. S. **Viana**. INCAPER, 2020. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Viana.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2023](https://jornal.usp.br/ciencias/essencial-na-producao-de-cerveja-lupulo-brasileiro-e-tao-bom-quanto-o-importado-mostram-estudos-da-usp/#:~:text=Produção%20nacional%20de%20lúpulo%20cresce%20110%25&text=N%20ano%20passado%2C%20a%20área,Produtores%20de%20Lúpulo%20(Aprolúpulo).>. Acesso em: 12 jun. 2023.</p>
</div>
<div data-bbox=)

FERNANDEZ, P. S. DE C. **Ácaros e Insetos Associados a Diferentes Variedades de Lúpulo em Quatro Municípios do Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado) – Seropédica, RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2020.

FERREIRA, R. V. DE C.; LISKA, G. R. Análise probabilística da temperatura máxima em Uruguaiana, RS. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 3, p. 3390–3401, 2019.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. Avaliação de modelos de estimativa do saldo de radiação e do método de Priestley-Taylor para a região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 449–453, 2009.

FISHER, J.; FISHER, D. **The homebrewer's garden: How to easily grow, prepare, and use your own, hops, malts, brewing herbs**. Massachusetts: Storey, 1998.

FILIPPI, A. *et al.* Plant growth shapes the effects of elevation on the content and variability of flavonoids in subalpine bilberry stands. **Plant Biology**, v. 23, n. 2, p. 241–249, 2021.

FONTANA, D.C.; OLIVEIRA, D. Relação entre radiação solar global e insolação para o Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.4, p.87-91, 1996.

FORTUNA, G. C. *et al.* Agronomic performance of *Humulus lupulus* L. varieties cultivated in organic and conventional systems in São Paulo center-west, Brazil. **Ciência Rural**, v. 53, n. 8, p. e20210704, 2023.

FRANÇA NETO, A. C. DE *et al.* Determinação da evapotranspiração de dois cultivares de café arábica na fase de maturação dos frutos. **Anais do II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, p. 528–534, 2001.

FRANCISCO, P. R. M. *et al.* Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, n. 13, p. 135–147, 2017.

FREITAS, F. **EUA, o maior produtor de lúpulo do mundo. Cervejar**, 2022. Disponível em: <<https://cervejar.com/eua-o-maior-produtor-de-lupulo-do-mundo/>>. Acesso em: 12 ago. 2022

GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p. 139–147, 2001.

GARBER, B. *et al.* An Overview of Small-Scale Commercial Hops Production in Virginia. **Journal of Food Distribution Research**, v. 50, n. 1, p. 89–92, 2019.

GARNER, W.W.; ALLARD, H.A. Effect of relative length of day and night and others factors of the environment on growth and reproduction in plants. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.18, n.11, p.553-606, Mar. 1920.

GASPARIM, E. *et al.* Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 107-115, 2005.

GOMES, H. B.; CAVALCANTI, E. P. Balanço de radiação em diferentes biomas no estado de São Paulo mediante imagens Landsat 5. **São Paulo**, v. 28, n. 2, p. 12, 2009.

GONSAGA, R. F. **Desenvolvimento de híbridos de lúpulo adaptados às condições tropicais**. Tese (Doutorado)—Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2021, 113 p.

GRIEVE, M. A **Modern Herbal**. Dover Publications, Inc., New York. 1971.

GUIA DA CERVEJA. **Viveiro Ninkasi é autorizado a importar mudas de lúpulo ‘in vitro’ dos EUA. Guia da Cerveja**, 2021. Disponível em: <<https://guiadacervejabr.com/viveiro-ninkasi-importacao-lupulo-in-vitro/>>. Acesso em: 12 jun. 2023

GUIMARÃES, B. P.; EVARISTO, R. B. W.; GHESTI, G. F. Prospecção Tecnológica do Lúpulo (*Humulus lupulus* L.) e suas Aplicações com Ênfase no Mercado Cervejeiro Brasileiro. **Cadernos de Prospecção**, v. 14, n. 3, p. 858–872, 2021.

GUIMARÃES, J. de J. *et al.* Balanço hídrico: uma alternativa para o planejamento do plantio de lúpulo na região de Marinópolis – SP. **INOVAGRI Meeting Virtual 2020 - XXIX CONIRD Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem**, p. 1–9, 2020.

HAMPTON R., SMALL E., HAUNOLD A. Habitat and variability of *Humulus lupulus* var. *lupuloides* in upper midwestern North America: a critical source of American hop germplasm. **J. Torrey Bot. Soc** 128, p.35–46, 2001.

HARRISON, J. Effect of hop seeds on beer quality. **Jornal of The Institute of Brewing**, v. 77, n. 4, p. 350–352, 1971.

HIERONYMUS, S. **For the love of hops: the practical guide to aroma, bitterness, and the culture of hops**. 1 ed. Colorado: Brewers Association, 2012.

HILDEBRAND, R.P., KAVANAGH, T.E. AND CLARKE, B.J. **Hop lipids and beer quality**. Brewers Dig. 1975.

HILTON, J.F. **Hops**. 2002. Hopsteiner

HYUN, S. W.; KIM, K. S. Estimating Daily Solar Radiation Using Angström-Prescott Equation in Korea. In: **The Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology Conference, 2016, Seoul**. Proceedings [...]. Daejeon: Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology, 2016. p. 147-150.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Cidades e Estados**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html>>. Acesso em: 13 jun. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html>>. Acesso em 3 nov. 2022.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2022. Disponível em:<<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 3 nov. 2022.

INMET. **Inmet - Mapa de Estações**. 2022. Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 02 jan. 2023.

JACKSON, D.; SIEGLE, L.; SCOGGINS, H. Irrigation Considerations for Commercial Hop Producers. **Virginia Cooperative Extension**, p. 7, 2019.

JAHANI, B.; DINPASHOH, Y.; NAFCHI, A. R. Evaluation and development of empirical models for estimating daily solar radiation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, p. 878–891, 2017.

JASTROMBEK, J. M. *et al.* Hop: An Emerging Crop in Subtropical Areas in Brazil. **Horticulturae**, v. 8, n. 5, p. 393, 2022.

JONES, K. **Flores Silvestres Sazonais - Lúpulo**. Disponível em: <<http://www.seasonalwildflowers.com/hop.html>>. Acesso em: 25 set. 2023.

KEUKELEIRE, D. D. Fundamentals of beer and hop chemistry. **Química Nova**, 23, n. 1, p. 108–112, 2000.

KNEEN, R. **Small Scale & Organic Hops Production**. Canada: Left Fields BC, 2003.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: Gebrüder Bornträger, 1936. Banda 1, Parte C, p. 1-44.

KUNZE, W. **Tecnología para cerveceros y malteros**. 1.ed. Berlín: VLB Berlin, 2006.

KRALJ D. **Influence of temperature and rainfall on the growth of Savinja Golding**. Proceedings of I Yugoslavian symposium of hop production, Velenje, Slovenia; p.7-20.1962.

KROTTENTHALER, Martin. Hops. In: ESSLINGER, Hans Michael. **Handbook of Brewing**: Processes, Technology, Markets. Germany: Wiley-VCH, 2009. cap. 3, p. 85- 101.

LEITE, G. B.; PANDOLFO, C. Requerimentos agroclimáticos para a cultura do lúpulo. **Agropecuária Catarinense**, v. 35, n. 2, p. 83–86, 2022.

LELES, N. R. et al. Performance of Hop Cultivars Grown with Artificial Lighting under Subtropical Conditions. **Plants**, v. 12, n. 10, p. 1971, 2023.

LELES, N. R. et al. Desenvolvimento vegetativo de lúpulo cv. mapuche sob suplementação artificial de luz. In: **Anais do Seminário Mercosul de Bebidas**. Anais...Cascavel (PR) Fundetec, 2022.

LIMA, G. M. L. D. **Efeito das variáveis climáticas no crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em Rondônia**. Dissertação (Mestrado)—RIO BRANCO-AC: Universidade Federal do Acre, 2020.

LIMA, W. D. D. **Fisiologia do florescimento do cafeeiro**. Trabalho de conclusão de curso—Muzambinho - MG: Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, 2008.

LIMA, E. P. **Graus-dia, temperatura base e coeficientes de cultura para cafeeiros arábica em fase de implantação**. Tese (Doutorado)—Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras, 2006, 116 p.

LOPES, A. R. et al. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Paranavaí, Paraná. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 15, n. 3, p. 367–380, 18 out. 2021.

LOPES, W. A. et al. Caracterização físico-química dos solos em três zonas distintas do parque natural dos esportes Chico Mendes, Sorocaba- SP. **XIII Congresso Nacional do Meio Ambiente de Poços de Caldas**, p. 7, 2016.

MACÊDO, K. G.; OLIVEIRA, J. B.; ARRAES, F. D. D.; TORRES, W. L. V.; LIMA JUNIOR, J. C. Nota técnica: Estimativa da radiação solar global com dados de temperatura do ar em seis cidades do estado do Ceará. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 68-75, 2016.

MAFAKHERI, M. *et al.* Evaluating genetic diversity and structure of a wild hop (*Humulus lupulus* L.) germplasm using morphological and molecular characteristics. **Euphytica**, v. 216, n. 58, p. 1–19, 2020.

MAGIONI, I.; TORRES, K. **Três floradas em menos de um ano: lúpulo vianense quebra paradigmas**. Disponível em: <<https://www.viana.es.gov.br/noticia/ler/6558/tres-floradas-em-menos-de-um-ano-lupulo-vianense-quebra-paradigmas>>. Acesso em: 15 jan. 2023.

MAHAFFEE W. *et al.* Compendium of Hop Diseases and Pests. APS, 2009, 93 p.

MARCEDDU, R.; CARRUBBA, A.; SARNO, M. Cultivation trials of hop (*Humulus lupulus* L.) in semi-arid environments. **Heliyon**, v. 6, n. 10, p. 1-13, 2020.

MARCOS, J. A. M. *et al.* **Guia del cultivo del lúpulo**. Galícia, 2011. 32 p.

MARCUSSO, E. F.; MÜLLER, C. V. A economia e o território do lúpulo: A história, análise mercadológica e o desenvolvimento do lúpulo no Brasil e no mundo. **Revista Latino Americana de Cerveja**, n. 2, p. 21–39, 2019.

MARIN, F. R.; ASSAD, E. D.; PILAU, F. G. **Clima e Ambiente: introdução à climatologia para ciências ambientais**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2008.

MARQUES, M. C. **Adaptabilidade, estabilidade e diversidade genética de cultivares de soja em três épocas de semeadura, em Uberlândia - MG**. Dissertação—Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010.

MAVI, H.S.; TUPPER, G.J. **Agrometeorology – Principles and application of climate studies in agriculture**. New York: Food Products Press. 364p. 2004.

MENDONÇA, M. D. A.; GALTER, H. B. **Avaliação dos lúpulos (*Humulus lupulus* L.) cultivados no campo experimental de Viana para produção cervejeira**. TCC - Trabalho de conclusão de curso - Vila Velha - ES: Instituto Federal do Espírito Santo, 2023.

MENDONÇA, J. C.; GARCIA, A. D. B.; FRANCO, J. N. Coeficientes de Angström-Prescott para estimar a radiação solar global em Campos dos Goytacazes, RJ. **IRRIGA**, v. 25, n. 3, p. 481–491, 2020.

MEIRA, M. B. **Gestão de riscos associados a cultivos agroenergéticos por meio da modelagem espaço-temporal de parâmetros agrometeorológicos e do monitoramento da vegetação com imagens de sensoriamento remoto - Estudo de caso em lavouras de milho safrinha**. Dissertação—São Paulo: Fundação Getúlio Vargas - Escola de Economia de São Paulo - EESP, 2013.

MERINO, M. C. **Mineralogia e gênese de solos originados de rochas da Formação Irati: região de Piracicaba-SP.** 1999. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

MONTEIRO, J. E. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola.** Brasília, DF: INMET, 2009.

MOZNY, M. *et al.* The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic, **Agricultural and Forest Meteorology**, v.149, p. 913-919, 2009.

MOZZON, M.; FOLIGNI, R.; MANNOZZI, C. Brewing Quality of Hop Varieties Cultivated in Central Italy Based on Multivolatile Fingerprinting and Bitter Acid Content. **Foods**, v. 9, n. 5, p. 541, 2020.

NEGRI, G.; DI SANTI, R.; TABACH, R. Bitter acids from hydroethanolic extracts of *Humulus lupulus* L., Cannabaceae, used as anxiolytic. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 20, n. 6, p. 850- 859, 2010.

NETO FRANÇA, A. C. DE *et al.* Determinação da evapotranspiração de dois cultivares de café arábica na fase de maturação dos frutos. **II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, p. 528–534, 2001.

NEVE, R. A. **Hops.** 3. ed. New York: Simmonds, 1991. 223 p.

NEVES, C. S. **Desempenho ecofisiológico e produtivo de variedades de lúpulo cultivadas em Botucatu, São Paulo, Brasil.** Dissertação (Mestrado)—Botucatu - SP: Universidade Estadual Paulista - Unesp, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2022.

NOVAIS, G. T.; GALVANI, E. Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 42, p. 1–21, 2022.

OLIVEIRA, J. B. de *et al.* Análise da influência dos elementos meteorológicos sobre a evapotranspiração de referência em Tauá, no Ceará. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 403–411, 2017.

PABLOS, A.B.; IRAUNDEGUI, Y.J.G. **Medida del albedo em varios cultivos y fases de su desarrollo.** Salamandra: Centro de Edafologia y Biología Aplicada, 1975. 1-10.

PAGUET, A. S. *et al.* Multivariate analysis of chemical and genetic diversity of wild *Humulus lupulus* L. (hop) collected in situ in northern France. **Phytochemistry**, v. 205, p. 1–17, 2023.

PAGUET, A. S. *et al.* Agronomic, genetic and chemical tools for hop cultivation and breeding. **Phytochemistry Reviews**, v. 21, n. 2, p. 667–708, 2022.

PAULESCU, M. *et al.* Ångström–Prescott equation: Physical basis, empirical models and sensitivity analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Northern Ireland, v. 62, n. 10, p. 495-506, 2016.

PASA, V. **Estudo da conexão entre as drenagens do Médio Paraíba do Sul e do Alto Tietê: o caso do cotovelo de Guararema - SP, Brasil**. Dissertação (Mestrado)—São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha - MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 4, p. 758–766, 2016.

PAULA, M. B. DE; FERREIRA, A. W. S.; SILVA, I. R. DA. Análise dos fatores de classificação climática do município de São José dos Campos-SP. **Ciências sem Fronteiras - Os Desafios para o Século XXI**, XVI INIC / XII EPG / VI INIC Jr. p. 1–4, 2012.

PEARSON, B. J.; SMITH, R. M.; CHEN, J. Growth, Strobile Yield, and Quality of Four *Humulus lupulus* Varieties Cultivated in a Protected Open-sided Greenhouse Structure. **HortScience**, v. 51, n. 7, p. 838–842, 2016.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.

PEREIRA, A. B.; VRISMAN, A. L.; GALVANI, E. Estimativa da radiação solar global diária em função do potencial de energia solar na superfície do solo. **Scientia Agricola**. v. 59, n. 2, p. 211–216, 2002.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba - RS: Editora Agropecuária, 2002.

PINTO, M. B. C. **Isomerização de ácidos amargos de lúpulo Cascade cultivado no Brasil e seu desempenho durante a fermentação da cerveja**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2018.

PORTUGAL, L. **Análise de preservação de água no solo na cultura irrigada de lúpulo com o uso de cobertura morta**. Dissertação (Mestrado) - Botucatu - SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2021.

PUCCINELLI, F. **Cultivo de Lúpulo no Brasil, história e perspectivas**. 2020. Disponível em: <<https://www.lamasbrewshop.com.br/blog/2020/07/cultivo-de-lupulo-no-brasil.html>>. Acesso em: 18 fev. 2024.

PRANDI, M. **Luppolo maschio: questo sconosciuto!**. 2020. Disponível em: <https://www.hopsfarmer.it/luppolo-maschio-questo-sconosciuto/>. Acesso em: 18 fev.2024

RETTBERG, N.; BIENDL, M.; GARBE, L.A. Hop Aroma and Hoppy Beer Flavor: Chemical Backgrounds and Analytical Tools—A Review. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 76, n. 1, p. 1–20, 2018.

ROBINSON, N. The radiation emitted by the sun. In: ROBINSON, N. **Solar radiation**. Amsterdam: Elsevier, 1966. p.1-28.

ROBERTS, T.R.; WILSON, R. J. H. **Hops**. In: Priest FG, Stewart GG. Handbook of brewing. Boca Raton CRC Press LLC. p 177–280, 2006.

RODRIGUES, M. A.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P. O lúpulo: da cultura ao extrato. Técnica cultural tradicional. Em: **Jornadas de lúpulo e cerveja**. Bragança: Manuel Angelo Rodrigues, Jorge de Sá Moraes, João Paulo Castro, 2015. p. 101.

ROLIM, G. DE S. *et al.* Atualização da classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para o estado de São Paulo com o uso de sistema de informação geográfica. [s.d.].

ROLIM, G.S., SENTELHAS, P. C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p133-137, 1998.

ROSSI, M. *et al.* Caracterização do meio físico da floresta de Cajuru: Solos. Em: **Proposta de Criação Refúgio de Vida Silvestre Lobo-Guará e Floresta Estadual Ibicuí**. [s.l.] Monica Pavão, 2014. p. 12–41.

ROSSINI, F. *et al.* Hops (*Humulus lupulus* L.) as a novel multipurpose crop for the Mediterranean region of Europe: Challenges and opportunities of their cultivation. **Agriculture**, v. 11, n. 6, p. 484, 2021.

RYBÁČEK, V. **Hop Production**. NewYork: Elsevier, 1991.

S, K. **Growing Your Own Hops - The Complete Guide**. Homebrew Academy, 2021. Disponível em: <<https://homebrewacademy.com/growing-hops/>>. Acesso em: 25 set. 2023.

SANTOS, F. C. D. **Variabilidade fenotípica de alfa ácido de lúpulo (*Humulus Lupulus* L) cultivados nas regiões do Brasil**. Dissertação (Mestrado)—Lages - SC: Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias - UDESC, 2020.

SANTOS, D.; BALBINO, A. **Estação meteorológica: como funciona e sua importância na agricultura**. Agrosmart-Blog, 2016. Disponível em: <<https://agrosmart.com.br/blog/estacao-meteorologica-funciona-importancia-agricultura/>>. Acesso em: 20 nov. 2019

SARNIGHAUSEN, P; SARNIGHAUSEN, V. C. R.; DAL PAI, A. O Lúpulo e a oportunidade do Agronegócio no Brasil. **6a Jornada de Iniciação Científica da FATEC de Botucatu**, 23 a 27 de outubro de 2017, Botucatu, São Paulo, Brasil.

SASSO, A. S. **Caracterização de cultivares de lúpulo (*Humulus lupulus* L.), nos dois primeiros ciclos produtivos, em Curitiba, SC.** TCC - Trabalho de Conclusão de Curso—Curitiba - SC: Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. de A. Agrometeorologia dos cultivos: informações para uma agricultura sustentável. In: MONTEIRO, J. E. B. de A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola.** Brasília, DF: INMET, 2009. v. 1, p. 5-15.

SILVA, E. R. da. **Agrometeorologia aplicada ao cultivo do trigo catarinense.** Trabalho de conclusão de curso—Florianópolis - SC: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2013.

SILVA, D. P. Produção e avaliação sensorial de cerveja obtida a partir de mostos com elevadas concentrações de açúcares. São Paulo, FAENQUIL, 2005. **Tese de doutorado**, 175 p.

SIRRINE, J. R. *et al.* Sustainable Hop Production in the Great Lakes Region. **Michigan State University Extension**, p. 1–12, 2010.

SIVAKUMAR, M. V. K. *et al.* Agrometeorology in the 21st Century needs and perspectives. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 103, p. 1-4, 2000.

SKOF, S. *et al.* Ploidy and sex expression in monoecious hop (*Humulus lupulus* L.) **Botany**, 2012.

SMALL, E. A numerical and nomenclatural analysis of morpho-geographic taxa of *Humulus*. **Systematic Botany**, 3, p. 37–76, 1978.

SOUZA, B. *et al.* ANÁLISE DE ÓLEOS VOLÁTEIS DE LÚPULO (*Humulus lupulus* L.) CASCADE E CHINOOK CULTIVADOS SOB CLIMA TROPICAL NO ESTADO DE SÃO PAULO. **Química Nova**, v. 47, n. 3, p. 1–8, 2024.

SOUSA, R. L. D. **Saldo de radiação no cultivo do lúpulo em ambiente protegido.** Tese (Doutorado)—Botucatu - SP: Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2021.

SOUSA, F. G. G. D. **Determinação da evapotranspiração da cultura e coeficiente de cultivo do lúpulo em diferentes texturas de solo.** Tese (Doutorado)—Botucatu - SP: Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2021.

SOUZA, A. P. *et al.* Reference evapotranspiration by Penman- Monteith FAO 56 with missing data of global radiation. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 10, n. 2, p. 217-233, 2016a.

SOUZA, A. P.; *et al.* Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa, Sinop**, v. 01, n. 01, p. 34 – 43, 2013.

SOUZA, J. D.; SILVA, B. B. da; CEBALLOS, J. C. Estimativa da radiação solar global à superfície usando um modelo estocástico: caso sem nuvens. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.26, p.31- 44, 2008.

SOUSA, M. J. de A. C. De. **Obtenção de plantas de *Humulus lupulus* L. resistentes a vírus**. 2005. Tese - Universidade de Lisboa - Faculdade de Ciências, Lisboa, 2005.

SOUZA, J. R. S. et al. Temperature and moisture profiles in soil beneath forest and pasture areas in eastern Amazonian. In: **Amazonian deforestation and climate**. New York: John Wiley, 1996. p. 125-137.

SPÓSITO, M. B. *et al.* **A cultura do lúpulo**. Piracicaba - SP: ESALQ - Divisão de biblioteca, 2019.

STAMPFL, J. **Tropfbewässerung und Fertigation bei Hopfen**. 1. ed. Baviera: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2021.

STARK, C.; GILLESPIE, J. **SUITABILITY OF NEW ZEALAND CROPPING REGIONS TO SUPPORT HOP PRODUCTION**. New Zealand: 2021, 35p

TAMAYO, P. **Lúpulos Tamayo Hops**. 2018. Disponível em: <<https://www.tamayohops.com.br/lupulos>>. Acesso em: 3 nov. 2020.

TEKE, A.; YILDIRIM, H. B.; ÇELİK, Ö. Evaluation and performance comparison of different models for the estimation of solar radiation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 1097–1107, 2015.

TERRA, M. M. Nutrição e adubação da videira. In: BOLIANI, A. C; CORRÊA, L. de S. (Ed.). **Cultura de uvas de mesa: do plantio à comercialização**. Ilha Solteira: Unesp-Fapesp, 2001. p. 149-176.

THOMAS, G. G.; SCHWABE, W. W. Apical Morphology in the Hop (*Humulus lupulus*) during Flower Initiation. **Annals of Botany**, v. 34, n. 4, p. 849–859, 1970.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1

THORNTHWAITE, C. W. (1948) An Approach toward a Rational Classification of Climate. **Geographical Review**, 38(1), 55-94.

TROJAK-GOLUCH, A.; SKOMRA, U. Artificially induced polyploidization in *Humulus lupulus* L. and its effect on morphological and chemical traits. **Breeding Science**, v. 63, n. 4, p. 393–399, 2013.

TURNER, S. F. *et al.* Challenges and opportunities for organic hop production in the United States. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 6, p. 1645-1654, 2011.

VARGAS, V. P. **Uma muda de qualidade**. 2022. Disponível em: <<https://aprolupulo.com.br/blog/uma-muda-de-qualidade>>. Acesso em: 14 ago. 2023.

VENTURA, J. P. **Crescimento inicial de mudas de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) por miniestaquia em diferentes tempos de retirada de câmara de nebulização e uso de AIB (ácido indolbutírico)**. Dissertação (Mestrado) - Campos dos Goytacazes - RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2022.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas Alcoólicas: ciência e tecnologia**. 2 ed, São Paulo: Blucher, 2016.

VISWANADHAM, Y. Infrared flux and flux divergence in a clear tropical southern atmosphere. **Ciência e cultura**, São Paulo, v.33, n.3, p.380-390, 1981.

WEATHER SPARK. **O clima de qualquer lugar da Terra durante o ano inteiro**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/>>. Acesso em: 26 jun. 2023.

WMO - World Meteorological Organization. **Guide to the Global Observing System, WMO nº. 488**, 3ª ed. Genebra: WMO, 2007.

XU, M. et al. Integrating the effects of latitude and altitude on the spatial differentiation of plant community diversity in a mountainous ecosystem in China. **Plos One**, v. 12, n. 4, p. e0176866., 2017.

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

ZUCARELI, V. et al. Fotoperíodo, temperatura e reguladores vegetais na germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 9, 2009.

ZWEMMER, F. **Conferring downy mildew (*Pseudoperonospora humuli*) resistance in hop (*Humulus lupulus*)**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Iowa, Ames - Iowa, 2018.

**APENDICE A - Questionário – Caracterização dos cultivares de lúpulo do
Estado de São Paulo – Associados da APROLÚPULO**

1 – Nome do proprietário e da propriedade:
2 – Estado em que a propriedade fica localizada:
3 – Cidade em que a propriedade fica localizada:
4 – Ano de implantação:
5 – Área cultivada:
6 – Investimento inicial (aproximado):
7 – O cultivo de lúpulo é a principal atividade financeira?
8 – Quais os principais desafios enfrentados?
9 – Conhece outros produtores? Se puder, por favor, nos indique o(s) nome(s) de outro(s) produtor(es) e localidade(s)?
10 – Existe interesse em participar de uma cooperativa? O que entende por cooperativa e o que esta poderia ajudar no momento?
11 – Já realizou análise de solo na propriedade? Se sim, quais informações foram úteis?
12 – Qual o tipo de solo da propriedade caso tenha análise de solo?
13 – Utiliza cobertura de solo? Se sim, qual é o tipo de cobertura utilizada?
14 – Tipo de adubação: Qual produto é utilizado e como é feita a aplicação? Quais as quantidades?
15 – Quais as quantidades de nutrientes utilizados?
16 – Há controle de pragas?
17 – Quais pragas? Quais as medidas tomadas?
18 – Utiliza algum defensivo?
19 – Quais produtos (defensivos) são utilizados?
20 – Tem conhecimento do consumo diário ou mensal de água na irrigação do Lúpulo? Qual seria?
21 – Faz uso de algum método de manejo de irrigação? Se sim, qual o método de manejo de irrigação?
22 – Faz uso de fertirrigação? Se sim, qual a quantidade utilizada de nutrientes?

23 – Variedade(s) cultivada(s):
24 – Início do plantio:
25 – Época(s) de colheita:
26 – Época de hibernação (se houver):
27 – Produtividade:
28 – Quantas safras por ano?
29 – Tipo de plantação:
30 – Qual é o espaçamento utilizado?
31 – Qual tipo de condução?
32 – Possui análise química referente aos alfa e beta ácidos? Se sim, quando e onde foi realizada e quais os valores obtidos?
33 – Há modos de conservação dos cones? Se sim, qual modo de conservação dos cones?
34 – Qual o destino do produto? De que forma o produto é comercializado?
35 – Há processo de secagem dos cones? Se sim, qual o tipo de processo de secagem?
36 – Há processo de peletização dos cones?