

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 21/08/2023

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until August 21, 2023



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



CAIO SCARDINI NEVES

**DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO E PRODUTIVO DE VARIEDADES DE
LÚPULO CULTIVADAS EM BOTUCATU, SÃO PAULO, BRASIL**

Botucatu

2022

CAIO SCARDINI NEVES

**DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO E PRODUTIVO DE VARIEDADES DE
LÚPULO CULTIVADAS EM BOTUCATU, SÃO PAULO, BRASIL**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Horticultura)

Orientador: Prof. Dr. Filipe Pereira Giardini
Bonfim

Coorientadora: Prof. Dra. Elizabeth Orika
Ono

Botucatu

2022

N518d

Neves, Caio Scardini

Desempenho ecofisiológico e produtivo de variedades de
lúpulo cultivadas em Botucatu, São Paulo, Brasil / Caio Scardini
Neves. -- Botucatu, 2022

62 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu

Orientador: Filipe Pereira Giardini Bonfim

Coorientadora: Elizabeth Orika Ono

1. Agronomia. 2. Horticultura. 3. Fisiologia vegetal. 4.
Fenologia vegetal. 5. Produtividade agrícola. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO E PRODUTIVO DE VARIEDADES DE LÚPULO CULTIVADAS EM BOTUCATU, SÃO PAULO, BRASIL

AUTOR: CAIO SCARDINI NEVES

ORIENTADOR: FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM

COORIENTADORA: ELIZABETH ORIKA ONO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP



Prof. Dr. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES (Participação Virtual)
Departamento de Bioestatística, Biologia Vegetal, Parasitologia e Zoologia / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP



Dra. JORDANY APARECIDA DE OLIVEIRA GOMES (Participação Virtual)
Pós-Doutoranda - Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais / Instituto Agrônomo de Campinas

Botucatu, 21 de fevereiro de 2022

*Com todo o meu amor,
dedico aos meus pais, Jucinéa e Welington
e à minha companheira de vida, Larissa.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Jucinéa e Welington, sou muito grato por sempre me apoiarem e terem me feito chegar até aqui, me dando todo o suporte necessário para realizar os planos traçados. Todo o meu agradecimento à minha madrastra, Janine, por todo o apoio e companheirismo, aos meus irmãos, Warlen, Lucas e Ana Clara, por serem zelosos e por estarem sempre na minha torcida, à minha companheira Larissa, por estar sempre ao meu lado, me ensinando, me levantando e me fazendo ir mais longe, por vocês eu sou sempre muito grato.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Filipe Pereira Giardini Bonfim, por ter me recebido em sua equipe e por ter me ensinado e orientado em todas as etapas do meu mestrado.

À minha coorientadora, Profa. Dra. Elizabeth Orika Ono, pelos ensinamentos que tanto agregaram ao meu trabalho.

À pós-doutoranda, Jordany Gomes, que nunca negou esforços para compartilhar o conhecimento e me auxiliou em várias etapas deste processo.

Aos meus queridos amigos, Gabriel Fortuna e Olivia Campos, que me receberam de braços abertos e só me fizeram o bem, o trabalho sempre foi leve e fácil na companhia de vocês. À Victoria Trevisan e Bárbara Claro, também sou muito grato pelas trocas, amizades construídas e todo o suporte sempre que necessário. Aos estagiários da graduação que somaram forças ao time Lúpulo, sou muito grato também, sem cada um de vocês este trabalho não seria possível. A toda equipe HorgBio, eu agradeço.

Aos meus amigos Laura Ribera e Eduardo Aires, sou muito grato pela amizade construída, pelas descontrações em momentos pesados, pelas inúmeras risadas, e ainda, por toda a força me auxiliando na pesquisa e nas disciplinas, sempre dispostos a me ensinar com toda a paciência.

Ao Programa de Pós-Graduação, a FCA-UNESP, e seus professores e funcionários pelo profissionalismo e assistência.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do experimento.

RESUMO

O cultivo de lúpulo é direcionado principalmente para o mercado cervejeiro, por causa de sua rica composição química que confere aroma e amargor às estas bebidas. O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de cerveja no mundo e por isso, um dos maiores importadores de lúpulo. Dessa forma, se torna essencial o desenvolvimento de pesquisas que fomentem a sua produção nacional. Neste trabalho objetivou-se analisar a produção e o desenvolvimento fenológico de cinco variedades de lúpulo. O experimento foi realizado no pomar da Fazenda Lageado da UNESP em Botucatu, São Paulo, Brasil e foi adotado o delineamento em blocos casualizados contendo cinco tratamentos com quatro blocos e duas plantas por parcela, totalizando 20 parcelas e 40 unidades amostrais, com os tratamentos correspondendo às variedades de *Humulus lupulus*, Comet, Chinook, Cascade, Nugget e a Columbus. Foi realizado o acompanhamento fenológico dos estádios de desenvolvimento, coletados dados fotossintéticos durante o estágio reprodutivo e dados morfométricos e produtivos. A fenologia foi realizada através do acompanhamento semanal do desenvolvimento das plantas. Os dados fotossintéticos foram coletados utilizando o analisador de gás por infravermelho (IRGA) acoplado com fluorômetro portátil sendo obtidos os seguintes dados, fluorescência basal, fluorescência máxima, fluorescência variável, rendimento quântico máximo do PSII e o rendimento efetivo do PSII, mais a taxa de transferência relativa de elétrons, taxa de assimilação de CO₂, taxa de transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO₂ na folha, além da eficiência do uso da água determinada através da relação entre assimilação de CO₂ e taxa de transpiração, e a eficiência instantânea de carboxilação determinada através da relação entre taxa de assimilação de CO₂ e concentração interna de CO₂ na folha. Os dados morfométricos coletados foram o comprimento dos cones, altura de inserção do primeiro cone nas plantas, comprimento dos braços laterais, comprimento dos entrenós e a altura das plantas, todas as medidas em centímetros; os dados produtivos coletados foram a massa fresca e seca dos cones (g). Todas as variedades completaram os estádios de desenvolvimento sendo seus cones colhidos, completando os ciclos de desenvolvimento vegetativo e produtivo. A Comet foi a mais precoce com ciclo total em 101 dias. Todas as variedades analisadas apresentaram ótimas respostas fisiológicas, no entanto, os maiores valores de rendimento quântico (0,94 e 0,94) e efetivo do PSII (0,50 e 0,52) foram obtidos pela Comet e Nugget, respectivamente. A Comet apresentou os melhores resultados morfométricos relacionados ao desenvolvimento vegetativo como a altura das plantas (561,12 cm) porém não obteve o mesmo desempenho produtivo, sendo a Cascade a variedade com destaque na produtividade (90,97 g e 23,36 g, cones frescos e secos). Pode-se afirmar que as variedades apresentaram desempenho fisiológico satisfatório, sendo responsivo no crescimento e produção das mesmas, e que a Comet possuiu o melhor desempenho vegetativo e a Cascade, o produtivo.

Palavras-chave: fotossíntese; trocas gasosas; fluorescência; *Humulus lupulus*; fenologia.

ABSTRACT

The cultivation of hops is mainly directed to the brewing market, because of its rich chemical composition that gives aroma and bitterness to these drinks. Brazil is one of the largest beer producers and consumers in the world and, therefore, one of the largest hop importers. Thus, the development of research that encourages its national production becomes essential. The objective of this work was to analyze the production and phenological development of five hop varieties. The experiment was carried out in the orchard of Fazenda Lageado at UNESP in Botucatu, São Paulo, Brazil, and a randomized block design was adopted, containing five treatments with four blocks and two plants per plot, totaling 20 plots and 40 sampling units, with treatments corresponding to the varieties of *Humulus lupulus*, Comet, Chinook, Cascade, Nugget and Columbus. Phenological monitoring of the development stages was carried out, photosynthetic data were collected during the reproductive stage and morphometric and productive data. Phenology was performed by weekly monitoring of plant development. Photosynthetic data were collected using an infrared gas analyzer (IRGA) coupled with a portable fluorometer, obtaining the following data, basal fluorescence, maximum fluorescence, variable fluorescence, maximum quantum yield of PSII and effective yield of PSII, plus the rate of relative electron transfer, CO₂ assimilation rate, transpiration rate, stomatal conductance and internal CO₂ concentration in the leaf, in addition to the water use efficiency determined through the relationship between CO₂ assimilation and transpiration rate, and the instantaneous efficiency of carboxylation determined through the relationship between CO₂ assimilation rate and internal CO₂ concentration in the leaf. The morphometric data collected were the length of the cones, height of insertion of the first cone in the plants, length of the lateral arms, length of internodes and the height of the plants, all measures in centimeters; the productive data collected were the fresh and dry mass of the cones (g). All varieties completed the stages of development and their cones were harvested, completing the cycles of vegetative and productive development. Comet was the earliest with a full cycle at 101 days. All varieties analyzed showed excellent physiological responses, however, the highest values of quantum yield (0.94 and 0.94) and effective PSII (0.50 and 0.52) were obtained by Comet and Nugget, respectively. Comet presented the best morphometric results related to vegetative development, such as plant height (561.12 cm) but did not obtain the same productive performance, with Cascade being the variety with emphasis on productivity (90.97 g and 23.36 g, cones fresh and dried). It can be said that the varieties presented satisfactory physiological performance, being responsive in their growth and production, and that Comet had the best vegetative performance and Cascade, the productive.

Keywords: photosynthesis; gas exchange; fluorescence; *Humulus lupulus*; phenology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	A cultura do lúpulo	17
2.2	Variedades selecionadas	18
2.2.1	Comet	18
2.2.2	Chinook	18
2.2.3	Cascade	18
2.2.4	Nugget	19
2.2.5	Columbus.....	19
2.3	Fenologia.....	19
2.4	Medidas fotossintéticas	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	Área experimental.....	23
3.2	Delineamento e tratamentos	23
3.3	Caracterização do cultivo.....	23
3.4	Tratos culturais.....	24
3.5	Fenologia.....	25
3.6	Medidas fotossintéticas	29
3.7	Medidas morfométricas.....	30
3.8	Análise estatística.....	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	Fenologia.....	32
4.1.1	Ciclos vegetativos e reprodutivos das variedades de <i>H. lupulus</i> avaliadas	32
4.1.2	Sincronia das fenofases.....	35
4.1.3	Desenvolvimento fenológico da variedade Comet.....	37
4.1.4	Desenvolvimento fenológico da variedade Chinook	39
4.1.5	Desenvolvimento fenológico da variedade Cascade	41
4.1.6	Desenvolvimento fenológico da variedade Nugget.....	42
4.1.7	Desenvolvimento fenológico da variedade Columbus	44
4.2	Medidas fotossintéticas	47
4.3	Medidas morfométricas e produtivas	50
4.4	Correlação de Pearson.....	53
5	CONCLUSÕES.....	56
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é uma planta pertencente à família Cannabaceae e possui três espécies conhecidas, são elas a *H. lupulus*, a *H. japonicus* e a *H. yunnanensis* mas apenas as duas primeiras são cultivadas comercialmente, pois são elas que possuem as glândulas de lupulina que conferem o interesse comercial para a planta (ALMAGUER *et al.*, 2014).

Ainda que haja utilização do lúpulo por seus componentes medicinais, como as propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias que estão presentes nas glândulas de lupulina, o seu uso principal é destinado à indústria cervejeira (ZAWADZKI *et al.*, 2018). Em torno de 97% da produção do lúpulo é destinada a essa indústria, e, as propriedades medicinais ainda conferem proteção à cerveja de processos oxidativos e de contaminações microbiológicas (DURELLO; SILVA; BOGUSZ JUNIOR, 2019).

No ano de 2019 houve grande crescimento no número de estabelecimentos cervejeiros, foram registradas 320 novas cervejarias e microcervejarias (MAPA, 2020) e segundo dados do Cervbrasil (2020), este setor é responsável por 1,6% do PIB nacional e por gerar 2,7 milhões de empregos. É notório como o cultivo de lúpulo pode impactar positivamente a cadeia produtiva cervejeira, na geração de empregos e renda.

A cultura é originária do hemisfério norte e as florações são induzidas pelo encurtamento dos dias, as glândulas de lupulina estão localizadas nas flores, logo o interesse final no cultivo é a colheita delas, e no hemisfério norte essa indução ocorre quando a duração do dia passa a ser inferior a 16 horas de luz (THOMAS; SCHWABE, 1969; ISKRA *et al.*, 2019).

A duração do dia varia em relação a latitude, geralmente a latitude que melhor induz um bom desenvolvimento do lúpulo está entre 35° a 55° norte ou sul da Linha do Equador (DODDS, 2017). Há um melhor desenvolvimento e produtividade das plantas quando a duração do dia garante bom crescimento vegetativo antes da indução floral ocorrer com a diminuição do fotoperíodo (AGEHARA *et al.*, 2020).

Botucatu está localizada na latitude 22°50' a sul da linha do Equador e o fotoperíodo varia de aproximadamente 10 horas no dia mais curto do ano a 13 horas no dia mais longo do ano, não alcançando o fotoperíodo ideal de 16 horas para o desenvolvimento da cultura e também promovendo a indução floral precocemente (PEARSON; SMITH; CHEN, 2016; KOLENC *et al.*, 2016).

Para compreender melhor o desenvolvimento da cultura é importante relacionar e correlacionar a fisiologia com o desenvolvimento fenológico das plantas, e, assim compreender como os parâmetros fotossintéticos são alterados sob diferentes influências abióticas, como as variáveis climáticas, e bióticas (POKORNÝ; PULKRÁBEK; NESVADBA, 2011; DE LUCENA COSTA; DESCHAMPS; DE MORAES, 2012).

Assim, se torna imprescindível o estudo do desempenho ecofisiológico e produtivo de lúpulo no Centro-Oeste paulista, onde as condições naturais são distintas às do local de origem. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho analisar e descrever a produção, as medidas fisiológicas e os ciclos fenológicos de cinco variedades de lúpulo, Comet, Chinook, Cascade, Nugget e a Columbus.

5 CONCLUSÕES

De forma geral, todas as variedades apresentaram desempenho fisiológico eficiente e satisfatório e se desenvolveram ainda que em processo de aclimação cultural em clima subtropical, pois todas as variedades completaram os seus ciclos produtivos, isso nos mostrou que as variedades avaliadas de *H. lupulus* não sofreram limitações fisiológicas e acreditamos que com as próximas safras haverá incremento no desenvolvimento vegetativo e produtivo.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA-RANGEL, A.; RECHCIGL, J.; BOLLIN, S.; DENG, Z.; AGEHARA, S. Hop (*Humulus lupulus* L.) phenology, growth, and yield under subtropical climatic conditions: Effects of cultivars and crop management. **Australian Journal of Crop Science**, 2021.
- ALLEN, L. H.; PRASAD, P. V. V. **Crop responses to elevated carbon dioxide**. In: Godman, R.M. (Ed.). Encyclopedia of plant and crop science. New York: Marcel Dekker, 2004. 346-348.
- ALMAGUER, C.; SCHONBERGER, C.; GASTL, M.; ARENDT, E. K.; BECKER, T. *Humulus lupulus*—a story that begs to be told. A review. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 120, n. 4, p. 289-314, 2014.
- AGEHARA, S.; ACOSTA-RANGEL, A.; DENG, Z.; RECHCIGL, J.; BOLLIN, S. Hop Yard Establishment and Trellis Construction in Florida. **University of Florida IFAS Extension. HS1345**, 2020.
- ASBC – American Society of Brewing Chemists. **Hops methods: Hops 2. Physical Examination**. Disponível em: <https://www.asbcnet.org/Methods/HopsMethods/Pages/default.aspx>. Acesso em: 25 nov. 2021.
- BARROS, T. H. da S. **Eficiência do uso da água em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento com base em medições de trocas gasosas IRGA: fotossíntese e transpiração**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2015.
- BEDNARCZYK, D.; AVIV-SHARON, E.; SAVIDOR, A.; LEVIN, Y.; CHARUVI, D. Influence of short-term exposure to high light on photosynthesis and proteins involved in photo-protective processes in tomato leaves. **Environmental and Experimental Botany**, v. 179, p. 104198, 2020.
- BEGUM, M. K.; ALAM, M. R.; ISLAM, M. S.; AREFIN, M. S. Effect of water stress on physiological characters and juice quality of sugarcane. **Sugar Tech**, v. 14, n. 2, p. 161-167, 2012.
- BIENDL, M. **Master Brewers Association of the Americas – Technical Quarterly**, 2009. Disponível em: <https://www.mbaa.com/publications/tq/tqPastIssues/2009/Abstracts/TQ-46-2-0416-01.htm>. Acesso em: 04 nov. 2021.
- BLIND, M. R.; COSTA, K. C. P. da; SILVA, C. E. M. da; SAMPAIO, P. de T. B.; GONÇALVES, J. F. de C. Fotossíntese de espécies de Anibae em resposta à exposição a ambientes contrastantes de luz. **Rodriguésia**, v. 69, p. 397-407, 2018.
- BOGEAT-TRIBOULOT, M. B.; BURÉ, C.; GERARDIN, T.; CHUSTE, P. A.; LE THIEC, D.; HUMMEL, I.; DURAND, M.; WILDHAGEN, H.; DOUTHE, C.; MOLINS, A.; GALMÉS, J.; SMITH, H. K.; FLEXAS, J.; POLLE, A.; TAYLOR, G.; BRENDDEL, O. Additive effects of high growth rate and low transpiration rate drive differences in

whole plant transpiration efficiency among black poplar genotypes. **Environ. and Exp. Bot.**, v. 166, p. 103784, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.05.021>.

BOLMGREN, K.; ERIKSSON, O. Are mismatches the norm? Timing of flowering, fruiting, dispersal and germination and their fitness effects in *Frangula alnus* (Rhamnaceae). **Oikos**, v. 124, n. 5, p. 639-648, 2015.

BRIGGS, L. J.; SHANTZ, H. L. The water requirement of plants. **Bur. of Plant Industry Bull.** US 645 Department of Agriculture, Washington, DC, p. 282-285, 1913.

BROOKS; S. N.; HORNER, C. E.; LIKENS, S. T; ZIMMERMANN, C. E. Registration of Cascade Hop 1 (Reg. No. 1). **Crop Science**, v. 12, n. 3, p. 394-394, 1972.

CARVALHO, S. L. C.; NEVES, C. S. V. J.; BURKLE, R.; MARUR; C. J. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi 'Smooth Cayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 430-433, 2005.

CERVBRASIL - Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. **Dados do Setor Cervejeiro Nacional**. São Paulo/SP: CERVBRASIL, 2020. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/. Acesso em: 27 set. 2021.

DA ROSA DORNELES, K.; POSSO, D. A.; REBHahn, I.; DEUNER, S.; PAZDIORA, P. C.; AVILA, L. A. de; DALLAGNOL, L. J. Respostas morfofisiológicas e rendimento de grãos do trigo mediados pelo aumento da concentração de CO₂ atmosférico. **Rev. Bras. de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, p. 1-7, 2019. <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i1a5600>.

DE ARAÚJO COSTA, P. M.; SOUZA, V. C.; COSTA, V. S.; BARROS, E. S.; OLIVEIRA, I. S. da S. Fenofases reprodutivas em uma população de mandacaru (*Cereus jamacaru*) e facheiro (*Pilosocereus pachycladus* subsp. *pernambucensis*) (Cactaceae)/Reproductive phenophases in a population of mandacaru (*Cereus jamacaru*) and facheiro (*Pilosocereus pachycladus* subsp. *pernambucensis*) (Cactaceae). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 30536-30545, 2020.

DE LUCENA COSTA, N.; DESCHAMPS, C.; DE MORAES, A. Estrutura da pastagem, fotossíntese e produtividade de gramíneas forrageiras. **PUBVET**, Londrina, V. 6, N. 21, Ed. 208, Art. 1387, 2012.

DODDS, K. A. **Hops: a guide for new growers**. New South Wales Department of Primary Industries, 2017

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ, S. Química do Lúpulo. **Química Nova**, v. 42, p. 900-919, 2019.

ERIKSEN, R. L.; RUTTO, L. K.; DOMBROWSKI, J. E.; HENNING, J. A. Photosynthetic Activity of Six Hop (*Humulus lupulus* L.) Cultivars under Different Temperature Treatments. **HortScience**, v. 55, n. 4, p. 403-409, 2020.

FAGHERAZZI, M. M. **Adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do planalto sul catarinense**. 2020, 116 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) -

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agro-veterinárias, Lages, 2020.

FIELD, J. A.; NICKERSON, G.; JAMES, D. D.; HEIDER, C. Determination of essential oils in hops by headspace solid-phase microextraction. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 7, p. 1768-1772, 1996.

FORSTER, A.; GAHR, A. A comparison of the analytical and brewing characteristics of Cascade and Comet hop varieties as grown in Yakima (USA) and Hallertau (Germany). **Brew. Sci**, v. 67, p. 137-148, 2014.

FORTUNA, G. C. Terroir do lúpulo, sua expressão e as possibilidades no Brasil. **Lamas Brew Blog**. 13 de jul. 2021. Disponível em: <https://www.lamasbrewshop.com.br/blog/2021/07/expressao-do-terroir-do-lupulo-no-brasil.html>. Acesso em: 18/11/ 2021.

FRANÇOSO, R.; GUARALDO, A. de C.; PRADA, M.; PAIVA, A. O.; MOTA, E. H.; PINTO, J. R. R. Fenologia e produção de frutos de Caryocar brasiliense Cambess. e *Enterolobium gummiferum* (Mart.) JF Macbr. em diferentes regimes de queima. **Revista Árvore**, v. 38, p. 579-590, 2014.

GATES, D. J.; NASON, J. D. Flowering asynchrony and mating system effects on reproductive assurance and mutualism persistence in fragmented fig–fig wasp populations. **American Journal of Botany**, v. 99, n. 4, p. 757-768, 2012.

GINGRICH, G. A.; HART, J. M.; CHRISTENSEN, N. W. **Hops**. Fertilizer guide. Corvallis: Oregon State University, Extension Service. 2000.

GOLTSEV, V. N.; KALAJI, H. M.; PAUNOV, M.; BAĞA, W.; HORACZEK, T.; MOJSKI, J. Variable chlorophyll fluorescence and its use for assessing physiological condition of plant photosynthetic apparatus. **Russ J Plant Physiol.**, v. 63, n. 1, p. 869-93, 2016.

GONSAGA, R. F. **Desenvolvimento de híbridos de lúpulo adaptados às condições tropicais**. 2021. Tese (Doutorado em Agronomia – Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2021.

GUERRIERI, R.; BELMECHERI, S.; OLLINGER, S. V.; ASBJORNSEN, H.; JENNINGS, K.; XIAO, J.; STOCKER, B. D.; MARTIN, M.; HOLLINGER, D. Y.; BRACHO-GARRILLO, R.; CLARK, K.; DORE, S.; KOLB, T.; MUNGER, J. W.; NOVICK, K.; RICHARDSON, A. D. Disentangling the role of photosynthesis and stomatal conductance on rising forest water-use efficiency. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 34, p. 16909-16914, 2019.

HATFIELD, J. L.; DOLD, C. Water-use efficiency: advances and challenges in a changing climate. **Front. in Plant Sci.**, v. 10, p. 103, 2019.

HAUNOLD, A. Hop production, breeding, and variety development in various countries. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 39, n. 1, p. 27-34, 1981.

HAUNOLD, A.; LIKENS, S. T.; NICKERSON, G. B.; KENNY, S. T. Nugget, a new hop cultivar with high alpha-acids potential. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 42, n. 2, p. 62-64, 1984.

HEALEY, J. **The hops list: 265 beer hop varieties from around the world.** Julian Healey, 2016.

ISKRA, A. E.; LAFONTAINE, S. R.; TRIPPE, K. M.; MASSIE, S. T.; PHILLIPS, C. L.; TWOMEY, M. C.; SHELLHAMMER, T. H.; GENT, D. H. Influence of nitrogen fertility practices on hop cone quality. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 77, n. 3, p. 199-209, 2019.

KENNY, S. T.; ZIMMERMANN, C. E. Registration of 'Chinook' hop. **Crop Science**, v. 26, n. 1, p. 196-197, 1986.

KOLENC, Z.; VODNIK, D.; MANDELIC, S.; JAVORNIK, B.; KASTELEC, D.; CERENAK, A. Hop (*Humulus lupulus* L.) response mechanisms in drought stress: Proteomic analysis with physiology. **Plant physiology and biochemistry**, v. 105, p. 67-78, 2016.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365-372, 2002.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Reviews of Plant Physiology**. Plant Molecular Biology, Zurich, v. 42, n. 1, p. 313-349, 1991.

LEÃO, N. V. M.; YARED, J. A. G. Fenofases reprodutivas de seis espécies da família Vochysiaceae que ocorrem na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: contribuições do Projeto Embrapa/DFID, 1999, Belém, PA. Resumos expandidos. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU: DFID, 1999, 1999.

LIETH, H. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. **Phenology and seasonality modeling**, v. 8, p. 3-19, 1974.

LONG, S. P.; WOOLHOUSE, H. W. The responses of net photosynthesis to vapour pressure deficit and CO₂ concentration in *Spartina townsendii* (sensu lato), a C₄ species from a cool temperate climate. **Journal of Experimental Botany**, v. 29, n. 3, p. 567-577, 1978.

LOPES, B. A. Aspectos importantes da fisiologia vegetal para o manejo. **Viçosa: UFV**, 2003.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da Cerveja 2019**. Brasília/DF: MAPA, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/anuario-da-serveja-2019/view>. Acesso em: 10 set. 2021.

MARCHIORETTO, M. S.; MAUHS, J.; BUDKE, J. C. Fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em uma floresta psamófila no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 193-201, 2007.

MARTINS, N. F. Uma síntese sobre aspectos da fotossíntese. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 11, n. 2, p. 10-14, 2011.

MATSUI, H.; INUI, T.; OKA, K.; FUKUI, N. The influence of pruning and harvest timing on hop aroma, cone appearance, and yield. **Food chemistry**, v. 202, p. 15-22, 2016.

MEDICI, L. O.; ROCHA, H. S. da; CARVALHO, D. F. de; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R. A. Automatic controller to water plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 6, p. 727-730, 2010.

MORELLATO, L. P. C.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F.; JOLY, C. A. 1990. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista brasileira de Biologia**, 50(1): 149-162.

NEVE, R. A.; **Hops**, 1st ed., Springer: London, 1991.

NORMAN, J. M.; GARCIA, R.; VERMA, S. B. Soil surface CO₂ fluxes and the carbon budget of a grassland. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 97, n. D17, p. 18845-18853, 1992.

OKADA, Y.; ITO, K. Cloning and analysis of valerophenone synthase gene expressed specifically in lupulin gland of hop (*Humulus lupulus* L.). **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v. 65, n. 1, p. 150-155, 2001.

PARRA-TABLA, V.; VARGAS, C. F. Flowering synchrony and floral display size affect pollination success in a deceit-pollinated tropical orchid. **Acta Oecologica**, v. 32, n. 1, p. 26-35, 2007.

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.

PELOSO, A. de F.; TATAGIBA, S. B.; REIS, E. F. dos; PEZZOPANE, J. E. M.; AMARAL, J. F. T. do. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. **Coffee Science**, 12: 389-399, 2017.

PERAGINE, J. **Growing your own hops, malts, and brewing herbs**. Ocala: Atlantic, 2011.

POKORNÝ, J.; PULKRABEK, J.; NESVADBA, V. The physiological parameters of hop plant (*Humulus lupulus* L.). **of the Scientific Commission**, p. 114, 2011.

QUIRINO, Z. G. M. **Fenologia, síndromes de polinização e dispersão e recursos Florais de uma comunidade de caatinga no cariri paraibano**. 128 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

RAUT, S.; GERSDORFF, G. J. von; MUNSTERER, J.; KAMMHUBER, K.; HENSEL, O.; STURM, B. Influence of pre-drying storage time on essential oil components in dried hops (*Humulus lupulus* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 6, p. 2247-2255, 2021.

RIBEIRO, J. F.; GONZALEZ, M. I.; OLIVEIRA, P. E. A. M.; MELO, J. T. (1982) - Aspectos fenológicos de espécies nativas do cerrado. In: **Anais do Congresso Nacional de Botânica**. Teresina. Sociedade Brasileira de Botânica do Brasil/Universidade Federal do Piauí, p. 181-198.

RODRIGUES, M. A.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P. O lúpulo: da cultura ao extrato. Técnica cultural tradicional. **Livro de atas das Jornadas do Lúpulo e da Cerveja: novas oportunidades de negócio**, p. 1-10, 2015.

ROSSBAUER, G.; BUHR, L.; HACK, H.; HAUPTMANN, S.; KLOSE, R.; MEIER, U.; STAUSS, R.; WEBER, E. Phänologische Entwicklungsstadien von Kultur-Hopfen (*Humulus lupulus* L.). **Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz**, v. 47, n. 10, p. 249-253, 1995.

ROSSINI, F.; LORETI, P. PROVENZANO, M. E.; DE SANTIS, D.; RUGGERI, R. Agronomic performance and beer quality assessment of twenty hop cultivars grown in Central Italy. **Italian Journal of Agronomy**, v. 11, n. 3, p. 180-187, 2016.

RYBÁČEK, V. 1991. **Hop Production**. Elsevier, New York.

SANTABARBARA, S.; MONTELEONE, F. V.; REMELLI, W.; RIZZO, F.; MENIN, B.; CASAZZA, A. P. Comparative excitation-emission dependence of the FV/FM ratio in model green algae and cyanobacterial strains. **Physiologia plantarum**, v. 166, n. 1, p. 351-364, 2019.

SASSO, A. S. **Caracterização de cultivares de lúpulo (*Humulus lupulus* L.), nos dois primeiros ciclos produtivos, em Curitiba, SC**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2021.

SPÓSITO, M. B.; ISMAEL, R. V.; BARBOSA, C. M. de A.; TAGLIAFERRO, A. L. **A cultura do lúpulo**. 1. ed. Piracicaba: Divisão de Biblioteca – ESALQ, 2019.

TAQUES, R. C. V.; LIMA, P. C. G.; DE LIMA, V. A. Vegetação inside: uma análise comparativa de pigmentos foliares e fluorescência da clorofila em plantas variegadas. **Scientia Plena**, v. 17, n. 9, 2021.

TARAYRE, M.; BOWMAN, G.; SCHERMANN-LEGIONNET, A.; BARAT, M.; ATLAN, A. Flowering phenology of *Ulex europaeus*: ecological consequences of variation within and among populations. **Evolutionary Ecology**, v. 21, n. 3, p. 395-409, 2007.

THOMAS, G. G.; SCHWABE, W. W. Factors controlling flowering in the hop (*Humulus lupulus* L.). **Annals of Botany**, v. 33, n. 4, p. 781-793, 1969.

VOGADO, N. O.; CAMARGO, M. G. G. de; LOCOSSELLI, G. M.; MORELLATO, L. P. C. Edge effects on the phenology of the guamirim, *Myrcia guianensis* (Myrtaceae), a cerrado tree, Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 9, n. 1, p. 291-312, 2016.

VON CAEMMERER, S. V.; FARQUHAR, G. D. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. **Planta**, v. 153, n. 4, p. 376-387, 1981.

WEIS, A. E.; KOSSLER, T. M. Genetic variation in flowering time induces phenological assortative mating: quantitative genetic methods applied to *Brassica rapa*. **American Journal of Botany**, v. 91, n. 6, p. 825-836, 2004.

ZAWADZKI, A.; ALLOO, C.; GROSSI, A. B.; DO NASCIMENTO, E. S. P.; ALMEIDA, L. C.; BOGUSZ JUNIOR, S.; SKIBSTED, L. H.; CARDOSO, D. R. Effect of hop β - acids as dietary supplement for broiler chickens on meat composition and redox stability. **Food Research International**, v. 105, p. 210-220, 2018.