



ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA E BIOATIVIDADES DE ÓLEO ESSENCIAL E EXTRATO BRUTO DE RESÍDUOS DE *Humulus lupulus* L

Gabriella Valentina Smozinski Possamai¹, Matheus Ferreira Leonardo², José Eduardo Gonçalves³

¹Acadêmica do Curso de Farmácia, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR - PIVIC - UniCesumar.

gabipossamai15@gmail.com

²Acadêmico do Curso de Farmácia, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR.

matheusferreiraleonardo8@gmail.com

³Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas, Centro Universitário de Maringá - Unicesumar, Maringá-PR, Brasil.

⁴Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação - ICET, Maringá-PR, Brasil.

RESUMO

O *Humulus lupulus* L. (lúpulo) é uma planta dioica, trepadeira e perene, adaptada a climas temperados, amplamente utilizada pela indústria cervejeira por conferir amargor e aroma característicos à bebida. Além de seu valor econômico, destaca-se por apresentar metabólitos secundários, como ácidos amargos (α e β), óleos essenciais, polifenóis e terpenoides, associados a propriedades antimicrobiana, antioxidante, anti-inflamatória e anticarcinogênica. No entanto, a cadeia produtiva da cerveja gera grande volume de resíduos, cuja disposição inadequada pode causar impactos ambientais relevantes. Nesse contexto, este projeto tem como objetivo caracterizar a composição bioquímica do óleo essencial dos cones de lúpulo, obtido por extração com fluidos supercríticos, e de extratos de partes aéreas da planta como folhas e caules das variedades Cascade, Columbus, Comet e Nugget, obtidos por tecnologias limpas, como extração assistida por ultrassom e micro-ondas. A caracterização fitoquímica será realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM). O potencial antioxidante dos extratos será avaliado pelos métodos DPPH, ABTS e FRAP, enquanto a atividade antimicrobiana será determinada pelos métodos de diluição em placas e difusão em ágar. Já o efeito anti-inflamatório será estimado pela dosagem de óxido nítrico, utilizando o Método de Griess. Através da execução deste projeto, espera-se gerar informações inéditas e completas sobre as partes aéreas das variedades de lúpulo produzidas e utilizadas no Brasil, contribuindo para ampliar seu potencial de uso além da indústria cervejeira, com aplicações promissoras nos setores farmacêutico e cosmético.

PALAVRAS-CHAVE: Bioatividade dos extratos; Lúpulo; Química Verde;

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Humulus*, pertencente à família Cannabaceae, possui três espécies principais: *Humulus japonicus*, *Humulus yunnanensis* e *Humulus lupulus* L., sendo esta última, popularmente conhecida como lúpulo, de maior interesse comercial e medicinal. O lúpulo é utilizado na produção de cervejas e possui aplicação na medicina popular para tratamento de distúrbios do sono, ansiedade e insônia (CARBONE et al., 2020). É uma planta perene, dioica e trepadeira, adaptada a climas temperados da Europa, Ásia e América do Norte, cujas inflorescências femininas produzem cones ricos em glândulas de lupulinas, contendo resinas amargas, óleos essenciais e polifenóis (ALONSO-ESTEBAN et al., 2019; LIN et al., 2019; ASTRAY et al., 2020).

Os cones do lúpulo apresentam metabólitos secundários com propriedades bioativas, incluindo atividade antioxidante, anti-inflamatória, anticarcinogênica, estrogênica e neuroprotetora (HRNČIČ et al., 2019; KARABÍN et al., 2016). As resinas duras são ricas em xanthohumol, enquanto as macias contêm α e β -ácidos responsáveis pelo amargor da cerveja (TANIGUCHI et al., 2015; ASTRAY et al., 2020). Os óleos essenciais fornecem aromas complexos e os polifenóis, concentrados principalmente nas pétalas do cone, atuam como antioxidantes, prevenindo danos causados por espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (DURELLO; SILVA; BOGUSZ, 2019; IGLESIAS et al., 2020; RUIZ-RUIZ et al., 2019).



A indústria cervejeira brasileira tem apresentado crescimento anual de 23%, impulsionada pelas cervejarias artesanais, movimentando elevados volumes de lúpulo importado e produzido nacionalmente, com destaque para Santa Catarina como maior produtor (GOMES et al., 2021; MAPA, 2020). Durante a produção da cerveja são gerados resíduos orgânicos, incluindo sedimentos de filtração e subprodutos do lúpulo, como hot trub e spent hops, ricos em proteínas, polifenóis e ácidos amargos (KOPEĆ et al., 2021; STERCZYŃSKA; ZDANIEWICZ; WOLNY-KOŁADKA, 2021). Cerca de 85% dos compostos do lúpulo não são aproveitados, indicando potencial para reaproveitamento sustentável e aplicação em bioprocessos industriais (KERBY; VRIESEKOOOP, 2017; DOS SANTOS MATHIAS et al., 2015).

Historicamente, a extração de compostos naturais utilizou técnicas convencionais, como maceração, Soxhlet, infusão e decocção, que apresentam limitações quanto ao tempo, consumo de solventes e geração de resíduos (CHEMAT; VIAN; CRAVOTTO, 2012; ESPINO et al., 2018; LI et al., 2013). A Química Verde, concebida por Anastas e Warner (1998), visa reduzir impactos ambientais e preservar a integridade de compostos bioativos, promovendo metodologias de extração sustentáveis, como extração assistida por ultrassom, micro-ondas e fluido supercrítico, que permitem maior eficiência, seletividade e uso de solventes atóxicos (ARMENTA et al., 2019; PANJA, 2018; CHEMAT; ZILL-E-HUMA; KHAN, 2011).

Diante do elevado potencial bioativo do lúpulo e da geração de resíduos industriais, justifica-se a análise da composição química e bioatividades das partes aéreas e do óleo essencial do cone, utilizando métodos de extração baseados nos princípios da Química Verde.

O presente projeto tem como objetivo geral caracterizar os extratos e óleo essencial de *Humulus lupulus L.* das variedades Cascade, Columbus, Comet e Nugget produzidos em Umuarama-PR, avaliando suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas, contribuindo para o aproveitamento sustentável da planta, desenvolvimento de produtos inovadores e ampliação do conhecimento científico sobre suas aplicações na indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As partes aéreas do lúpulo (*Humulus lupulus L.*), incluindo cones, folhas e caules das variedades Cascade, Columbus, Comet e Nugget cultivadas em Umuarama-PR, serão coletadas, secas e armazenadas em condições controladas. A caracterização botânica será realizada com a confecção de exsicata.

Para obtenção dos extratos, serão aplicados métodos de extração fundamentados nos princípios da química verde, como extração assistida por ultrassom, extração assistida por micro-ondas e extração por fluido supercrítico com CO₂. A escolha dessas técnicas se justifica por proporcionarem maior seletividade, eficiência e menor impacto ambiental quando comparadas aos métodos convencionais (CHEMAT; VIAN; CRAVOTTO, 2012; ARMENTA et al., 2019). Após a extração, os extratos serão submetidos a liofilização e armazenamento adequado.

A caracterização química será conduzida por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), visando identificar e comparar os constituintes voláteis com dados descritos na literatura. Além disso, será realizada análise comparativa entre os compostos presentes no lúpulo cultivado no Brasil e os reportados em variedades de outras regiões.

As atividades biológicas serão avaliadas a partir de três frentes: (i) atividade antioxidante, por meio dos ensaios DPPH, ABTS e FRAP; (ii) atividade antimicrobiana,



testada frente a cepas bacterianas Gram-positivas, Gram-negativas e *Candida albicans*; (iii) atividade anti-inflamatória, avaliada em macrófagos RAW 264.7 estimulados por LPS, quantificando mediadores inflamatórios.

Os dados obtidos serão analisados por estatística descritiva e análise multivariada, utilizando Análise de Componentes Principais (ACP) para correlacionar as técnicas de extração, composição química e bioatividades. Com isso, espera-se identificar quais métodos oferecem melhor rendimento, seletividade e potencial de aplicação dos extratos e óleo essencial de lúpulo, fortalecendo o aproveitamento sustentável desta espécie no Brasil.

3 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se identificar e caracterizar a composição química e os compostos bioativos presentes nas partes aéreas do *Humulus lupulus* cultivado no Brasil, utilizando metodologias modernas de extração (ultrassom, micro-ondas e fluído supercrítico) baseadas nos princípios da química verde, que reduzem o uso de solventes tóxicos e a geração de resíduos. Busca-se, ainda, avaliar e comparar as atividades antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória entre os cones e os resíduos (folhas e caules), visando o aproveitamento destes como subprodutos de valor agregado.

Do ponto de vista social, o projeto contribuirá para a formação de recursos humanos em Produtos Naturais e Ciências Ambientais, colaborando para a melhoria da qualidade de vida. Em termos econômicos, pretende-se identificar compostos de interesse industrial, farmacêutico e cosmético, incentivando também o aproveitamento de resíduos do setor cervejeiro. No âmbito ambiental, o trabalho busca reduzir impactos gerados pela disposição inadequada de resíduos, enquanto, sob o aspecto sociocultural, espera-se fomentar ações de extensão e educação ambiental junto à comunidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo busca valorizar o *Humulus lupulus* cultivado no Brasil por meio da aplicação de técnicas modernas de extração baseadas na química verde, capazes de otimizar a obtenção de compostos bioativos de interesse industrial, farmacêutico, cosmético e alimentar. A análise da composição química e das bioatividades das diferentes partes aéreas da planta, incluindo resíduos como folhas e caules, representa uma alternativa sustentável para ampliar o aproveitamento dessa matéria-prima, reduzindo impactos ambientais e agregando valor ao setor cervejeiro.

Espera-se, assim, contribuir para o avanço científico, a formação de recursos humanos qualificados e o fortalecimento de práticas produtivas mais limpas e inovadoras, que dialoguem com demandas sociais, econômicas e ambientais, consolidando o lúpulo como uma fonte promissora de compostos funcionais e de aplicações multidisciplinares.



REFERÊNCIAS

- ALONSO-ESTEBAN, J. I.; PINELA, J.; BARROS, L.; ĆIRIĆ, A.; SOKOVIĆ, M.; CALHELHA, R. C.; TORIJA-ISASA, E.; SÁNCHEZ-MATA, M. C.; FERREIRA, I. C. Phenolic composition and antioxidant, antimicrobial and cytotoxic properties of hop (*Humulus lupulus* L.) Seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 134, p. 154-159, 2019.
- ARMENTA, S.; GARRIGUES, S.; DE LA GUARDIA, M. The role of green extraction techniques in Green Analytical Chemistry. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, v. 71, p. 2–8, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2014.12.011>
- ARMENTA, S.; GARRIGUES, S.; ESTEVE-TURRILLAS, F. A.; DE LA GUARDIA. Green extraction techniques in green analytical chemistry. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, v. 116, p. 248–253, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.03.016>
- ASTRAY, G.; GULLÓN, P.; GULLÓN, B.; MUNEKATA, P. E.; LORENZO, J. M. *Humulus lupulus* L. as a natural source of functional biomolecules. **Applied Sciences**, v. 10, n. 15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10155074>.
- CARBONE, K.; MACCHIONI, V.; PETRELLA, G.; CICERO, D. O. Exploring the potential of microwaves and ultrasounds in the green extraction of bioactive compounds from *Humulus lupulus* for the food and pharmaceutical industry. **Industrial Crops and Products**, v. 156, p. 112888, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112888>
- CHEMAT, F.; VIAN, M. A.; CRAVOTTO, G. Green extraction of natural products: Concept and principles. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 7, p. 8615–8627, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms13078615>
- CHEMAT, F.; ZILL-E-HUMA; KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 18, n. 4, p. 813–835, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>
- DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ, S. J. Revisão - Química do Lúpulo. **Química Nova**, v. 42, n. 8, p. 900–919, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170412>.
- ESPINO, M.; FERNÁNDEZ, M. L. A.; GOMEZ, F. J.; BOITEUX, J.; SILVA, M. F. Green analytical chemistry metrics: Towards a sustainable phenolics extraction from medicinal plants. **Microchemical Journal**, v. 141, p. 438–443, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.06.007>
- GOMES, F. D. O.; GUIMARÃES, B. P.; CEOLA, D.; GHESTI, G. F. Advances in dry hopping for industrial brewing: a review. **Food Science and Technology**, v. 2061, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.60620>.
- HRNČIČ, M. K.; ŠPANINGER, E.; KOŠIR, I. J.; KNEZ, Ž.; BREN, U. Hop compounds: Extraction techniques, chemical analyses, antioxidative, antimicrobial, and anticarcinogenic effects. **Nutrients**, v. 11, n. 2, p. 1–37, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11020257>.



IGLESIAS, A.; MITTON, G.; SZAWARSKI, N.; COOLEY, H.; RAMOS, F.; ARCERITO, F. M.; BRASESCO, C.; RAMIREZ, C.; GENDE, L.; EGUARAS, M.; FANOVICH, A.; MAGGI, M. Essential oils from *Humulus lupulus* as novel control agents against *Varroa destructor*. **Industrial Crops and Products**, v. 158, p.113043, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113043>.

KARABÍN, M.; HUDCOVÁ, T.; JELÍNEK, L.; DOSTÁLEK, P. Biologically Active Compounds from Hops and Prospects for Their Use. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, n. 3, p. 542–567, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12201>.

KERBY, C.; VRIESEKOP, F. An Overview of the Utilisation of Brewery By-Products as Generated by British Craft Breweries. **Beverages**, v. 3, n. 2, p. 24, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/beverages3020024>.

KOPEĆ, M.; MIERZWA-HERSZTEK, M.; GONDEK, K.; WOLNY-KOŁADKA, K.; ZDANIEWICZ, M.; JAROSZ, R. Biological activity of composts obtained from hop waste generated during the brewing. **Biomass Conversion and Biorefinery**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00746-6>.

KOPEĆ, M.; MIERZWA-HERSZTEK, M.; GONDEK, K.; WOLNY-KOŁADKA, K.; ZDANIEWICZ, M.; SUDER, A. The application potential of hop sediments from beer production for composting. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13116409>.

PANJA, P. Green extraction methods of food polyphenols from vegetable materials. **Current Opinion in Food Science**, v. 23, p. 173–182, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.11.012>

RUIZ-RUIZ, J. C.; ALDANA, G. D. C. E.; CRUZ, A. I. C.; SEGURA-CAMPOS, M. R. Antioxidant activity of polyphenols extracted from hop used in craft beer. **Biotechnological Progress and Beverage Consumption**, v. 19, p.283-310, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816678-9.00009-6>.

SANTOS, D. N. Extração com dióxido de carbono supercrítico e estudo da composição dos extratos de sementes de Pitanga (*Eugenia uniflora* L.). 2012. **Tese de Mestrado**. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2012.

STERCZYŃSKA, M.; ZDANIEWICZ, M.; WOLNY-KOŁADKA, K. Rheological and microbiological characteristics of hops and hot trub particles formed during beer production. **Molecules**, v. 26, n. 3, p. 1–16, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26030681>.

TANIGUCHI, Y.; YAMADA, M.; TANIGUCHI, H.; MATSUKURA, Y.; SHINDO, K. Chemical Characterization of Beer Aging Products Derived from Hard Resin Components in Hops (*Humulus lupulus* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 46, p. 10181–10191, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04138>.