



Estudo da adsorção do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervium* C. DC.) em carvão ativado

Nazareno de Pina Braga¹, Marco Aurélio Cremasco²

Submetido 25/11/2015 – Aceito 26/01/2016 – Publicado on-line 01/05/2016

Resumo

O óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervium* C. DC) apresenta o safrol como o seu constituinte majoritário, o qual é empregado como matéria-prima na obtenção de diversos compostos importantes para as indústrias química, farmacêutica e de cosméticos. A concentração do safrol no óleo essencial ou a sua separação constitui-se em avanço tecnológico, principalmente para a região amazônica. O presente artigo apresenta um estudo experimental sobre a adsorção de óleo essencial de pimenta longa contendo, em média 82% de safrol, utilizando-se uma coluna de leito fixo, cujo adsorvente é o carvão ativado. Os resultados obtidos mostram que a concentração média de safrol, após a adsorção, é superior a 94%.

Palavras-Chave: safrol, separação, recuperação, pureza.

Study of adsorption of essential oil of long pepper (*Piper hispidinervium* C. DC.) On activated carbon. The essential oil of long-pepper (*Piper hispidinervium* C. DC) presents safrole as major component, which is used to produce important agents in chemical, pharmaceutical, and cosmetic industries. The safrole concentration in essential oil or its separation reflects a technological improvement, especially in Amazonic region. In this paper it is presented a study about essential oil of long-pepper adsorption, with 82% of safrole, in a fixed bed contend activated carbon as adsorbent. The results show the average purity of safrole is upper than 94 % after adsorption operation.

Key-words: safrole, separation, yield, purity.

¹ Professor Assistente do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos portugueses, 1966, 65080-805 São Luís – MA, Brasil. E-mail: tobraga@gmail.com

² Professor Titular da Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein, 500, 13083-852, Campinas, São Paulo. cremasco@feq.unicamp.br

1. Introdução

O Brasil possui tradição no cultivo de plantas aromáticas e na produção de óleos essenciais. Isso proporciona importante divisa de exportação, sendo crescente a absorção desses produtos pelas grandes indústrias da área de alimentos, fármacos, perfumes e cosméticos, inseticidas, detergentes e desinfetantes. Dentre as espécies aromáticas, destacam-se as das espécies *piper* (conhecidas como piperáceas). Tais espécies apresentam propriedades para serem utilizadas como inseticidas e antifúngicos (Alécio *et al.* 1998; Benevides *et al.* 1999; Lago *et al.* 2004; Nascimento *et al.* 2008; Zacaroni *et al.* 2009). Os óleos essenciais das piperáceas *Biomphalaria glabrata* (Moreira *et al.* 2001) e *Ottonia anisum* (Cunico *et al.* 2007) apresentaram atividades antibacterianas.

Dentre as piperáceas, as espécies *Piper aduncum*, *Piper hispidum* e *Piper hispidinervium* C. DC têm em comum o safrol como constituinte majoritário. O óleo essencial extraído da pimenta longa apresenta um teor de 82% a 98,12% de safrol (Maia *et al.*, 1987; Lima *et al.*, 2009). O safrol (4-alil-1,2-metilenodioxibenzeno) é um éter fenólico do grupo dos anilpropanóides, com fórmula molecular $C_{10}H_{10}O_2$, peso molecular de 162,18 g/mol e densidade a 20 °C de 1,096 (Rocha; Ming, 1999), com ponto de ebulição de 323 °C – 235 °C, e que solidifica a uma temperatura de 11 °C. É um líquido levemente amarelo de odor característico, insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos, tais como álcool, clorofórmio e éter etílico (Machado *et al.*, 2013). Este composto é utilizado por vários tipos de indústria como matéria-prima na manufatura de diversos compostos, podendo-se citar: metilenodioxifenilsulfonil-N-fenilsemicarbazida e o ácido metilisocromanilacético (antibióticos), veratraldeído (aromatizante), o ácido metilenodioxindolilmetanóico (regulador de crescimento vegetal) o butóxido de piperonila (inseticida sinérgica) e o piperonal (fixador de fragrância) (Barreiro e Fraga 1999; Braga, 2007; Maar e Rosenbrock, 2012).

Uma das possibilidades para a recuperação ou concentração de uma determinada espécie química presente em óleo essencial é o emprego da técnica de adsorção. Neste caso, pode-se citar o trabalho de Edris *et al* (2003) no qual utilizou a adsorção em leito fixo para recuperação de compostos contidos na água de drenagem da operação de destilação dos óleos

essenciais de *Mentha piperita* L e *Mentha spicata* que apresentam o mentol como componente majoritário, e óleo essencial de *Cymbopogon*, cujo componente majoritário é o citral. Cornélio *et al.* (2004) avaliaram a influência de solventes orgânicos na isoterma de adsorção de uma solução-modelo do óleo essencial de laranja em sílica-gel, em particular sobre a adsorção de linalol e decanal.

Xu *et al* (2009) avaliou a performance na adsorção e dessorção de resinas macroporosas na separação da glabridina obtido de extratos das raízes de *Glycyrrhiza glabra* L e verificou que após o tratamento a concentração de glabridina no produto aumentou de 0,21% para 32,2 %.

Moreira (2013) utilizou sílica C_{18} na adsorção dos componentes da síntese do piperonal (piperonal, safrol, isosafrol e terpinoleno) a partir do óleo essencial de pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C. DC). As isotermas foram determinadas entre 20 e 35 °C, com passo de 5 °C, apresentaram uma configuração linear. De posse das isotermas, foi possível estimar os valores das constantes modificadas de Henry e as grandezas termodinâmicas ΔG , ΔH e ΔS para o sistema, por meio do gráfico de van't Hoff. Os valores de entalpia apontam que o piperonal é o composto menos retido, pois apresenta uma entalpia igual a $-1,134 \text{ kJmol}^{-1}$, o maior valor se comparado com os obtidos para o safrol, isosafrol e terpinoleno, o que demonstra a baixa interação com a fase estacionária, e conseqüentemente um baixo tempo de retenção do composto na coluna. Esse efeito foi comprovado com os resultados obtidos para a entropia, o piperonal foi o composto que apresentou o maior valor ($6,812 \text{ JmolK}^{-1}$). Ao passo que o terpinoleno apresentou um valor igual a $-6,485 \text{ JmolK}^{-1}$. Estes valores descrevem que a retenção do piperonal é menor se comparada com a retenção do terpinoleno. Essas distinções proporcionaram a separação entre os compostos.

Chang *et al* (2013) avaliou a utilização de resinas macroporosas para recuperação de perilaldeído do condensado de hidrodestilação obtido a partir das folhas de *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *crispa* f. *viridis*.

É importante salientar a escassez de pesquisas assim como trabalhos sobre a separação ou concentração do safrol do óleo essencial de piperáceas. No que diz respeito, especificamente, sobre a concentração de safrol no óleo essencial

de pimenta longa, pode citar o trabalho de Pimentel (2001). Neste trabalho, utilizou-se um destilador em aço inoxidável, com capacidade de processar para 50 L da mistura óleo essencial/água, aquecido a gás para destilação do óleo essencial de pimenta-longa por meio de coação (destilação repetida do mesmo líquido) a 105 °C. Pimentel (2001) utilizou uma mistura 50 % entre água e óleo essencial para otimizar a concentração de safrol no óleo essencial. A concentração de safrol alcançou uma concentração acima de 90 % para um tempo de processo de destilação em torno de 210 minutos. Os dados do processo podem ser visualizados na Figura 1.

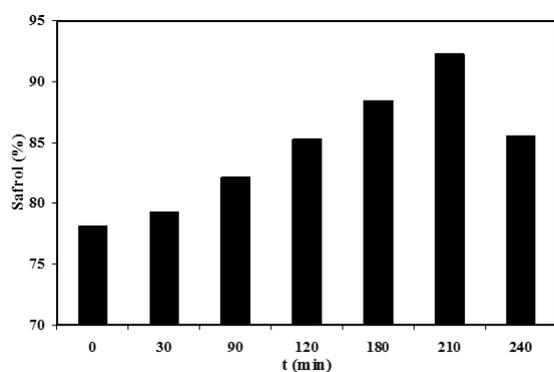


Figura 1 - Dados obtidos na destilação do óleo essencial de pimenta longa (Pimentel 2001).

O presente trabalho objetiva, portanto, investigar adsorção do safrol, contido no óleo essencial de pimenta longa, em uma coluna de leito fixo de carvão ativado.

2. Material e Método

O óleo essencial de pimenta longa foi gentilmente cedido pelo Departamento de Engenharia Química, da Universidade Federal do Pará. O óleo essencial foi obtido pelo método de extração com arraste a vapor das folhas e galhos finos de pimenta longa. O carvão ativado utilizado como adsorvente foi adquirido da BONECHAR – Carvão ativado do Brasil com teor de carbono de 9 a 11 %, oriundo de matéria óssea, com diâmetro médio de partícula igual a $d_p = 0,0495$ cm e porosidade de partícula igual a $\epsilon_p = 0,546$.

O sistema de adsorção, ilustrado na Figura 2, é constituído de uma coluna de aço inoxidável, 1,04 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento. Para propiciar a vazão do óleo essencial à coluna, utilizou-se de uma bomba peristáltica, modelo BP-HL 2, marca NOVA.

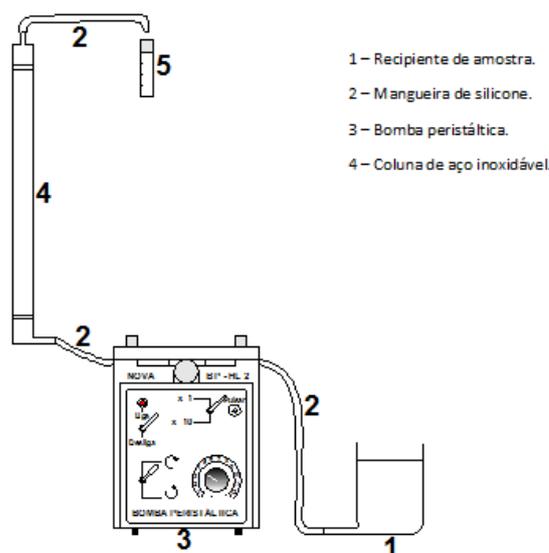


Figura 2 - Sistema experimental de adsorção em leito fixo.

Na caracterização do óleo essencial foram utilizados padrões cromatográficos do safrol (CAS 94-59-7) e do terpinoleno (CAS 586-62-9). Tais padrões foram adquiridos junto a Aldrich com teores de 99 % e 98 %, respectivamente. A análise cromatográfica do óleo essencial foi realizada em um cromatógrafo gasoso da marca HP5890 II, em coluna capilar HP-20M (Carbovax 20M) com 50 m de comprimento. O detector utilizado neste equipamento é o de ionização de chama (FID). O aquecimento foi de 6 °C min⁻¹, iniciado a 75 °C e finalizado a 210 °C. O gás de arraste, hélio, foi injetado a 1 mL min⁻¹. O volume de óleo utilizado para análise foi de 0,5 µL. O tempo de duração da análise para o óleo essencial foi de 28,5 min. Na análise qualitativa do óleo essencial injetou-se, por microseringa, o composto padrão e posteriormente a amostra. Na análise quantitativa foi utilizada a metodologia do padrão externo, em que uma solução de concentração conhecida do composto de referência é injetada.

Foram realizados ensaios de adsorção para as vazões de óleo essencial iguais a 1,2 mL min⁻¹ e 3,4 mL min⁻¹. Na adsorção do óleo essencial de pimenta longa foram avaliados os seus constituintes, cujas concentrações iniciais são mostradas na Tabela 1. Ressalte-se que foram detectados pela análise cromatográfica, em média, 30 compostos. Os compostos predominantes foram o safrol e o terpinoleno, cujos percentuais de concentração presentes no óleo essencial estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 – Concentrações dos componentes no óleo essencial (mg mL^{-1}).

Constituintes	1,2 mL min^{-1}	3,4 mL min^{-1}
Safrol	$7,2640 \times 10^{-3}$	$7,3160 \times 10^{-3}$
Terpinoleno	$4,2193 \times 10^{-4}$	$4,2110 \times 10^{-4}$
Outros	$1,1812 \times 10^{-3}$	$1,1261 \times 10^{-3}$

Tabela 2 - % inicial dos compostos adsorvidos em leito fixo com carvão ativado.

Constituintes	1,2 mL min^{-1}	3,4 mL min^{-1}
Safrol	81,92	82,54
Terpinoleno	4,76	4,75
Outros	13,32	12,71

Inicialmente o carvão ativado foi lavado com água destilada a $100\text{ }^\circ\text{C}$ para a remoção de traços de compostos orgânicos solúveis e partículas finas, posteriormente o material foi seco a $100\text{ }^\circ\text{C}$ em uma estufa por 24 h para a remoção de água. Após o tratamento do carvão ativado, a coluna foi recheada com este adsorvente. Com a coluna empacotada, iniciou-se a etapa da adsorção por meio do bombeamento do óleo essencial *in natura* na coluna. Após a passagem do óleo através da coluna, realizaram-se coletas de alíquotas em tempos preestabelecidos, visando a obtenção de curvas de cinética de adsorção. As amostras coletadas foram posteriormente analisadas por cromatografia gasosa.

Após o processo de adsorção ter sido finalizado, a alimentação do óleo essencial foi trocada para a alimentação do solvente (etanol, grau HPLC) para a remoção dos compostos adsorvidos por meio da passagem do solvente através da coluna. A quantidade de solvente utilizado para cada ensaio, variando a vazão de alimentação de $1,2\text{ mL min}^{-1}$ e $3,4\text{ mL min}^{-1}$ foi de 80 mL. Para efeito de análise de desempenho vale ressaltar que o valor das concentrações dos principais componentes presentes no adsorvente após a dessorção foi zero, o que representa uma recuperação de 100 % dos compostos adsorvidos pelo carvão ativado contido na coluna.

3. Resultados e Discussão

As Figuras 3 e 4 apresentam, ao longo do tempo, os valores da concentração dos principais constituinte do óleo essencial de pimenta longa adsorvidos em carvão ativado, para as vazões de alimentação iguais a $1,2\text{ mL min}^{-1}$ e $3,4\text{ mL min}^{-1}$, respectivamente. A partir dessas figuras é possível construir a Tabela 3, a qual apresenta os valores percentuais das concentrações dos constituintes

adsorvidos no carvão ativado, após a saturação do adsorvente.

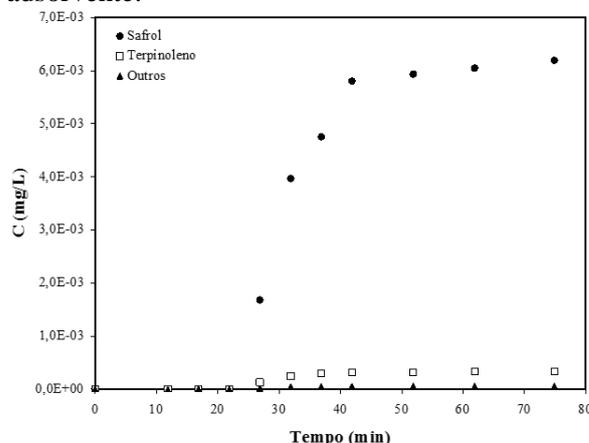


Figura 3 - Adsorção do óleo essencial de pimenta longa: $Q = 1,2\text{ mL min}^{-1}$.

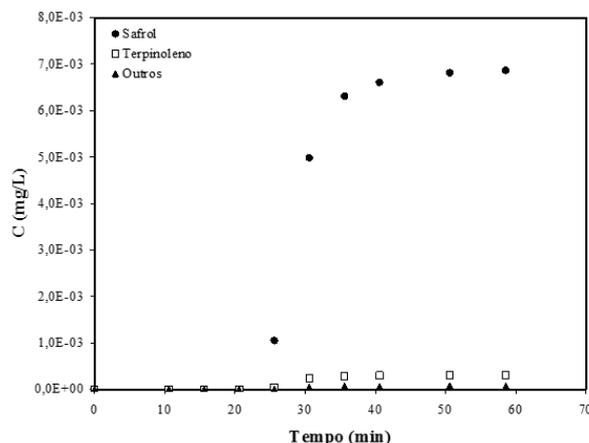


Figura 4 - Adsorção do óleo essencial de pimenta longa: $Q = 3,4\text{ mL min}^{-1}$.

Tabela 3 - % dos constituintes adsorvidos em carvão ativado no leito fixo.

Constituintes	1,2 mL min^{-1}	3,4 mL min^{-1}
Terpinoleno	5,08	4,21
Safrol	94,00	94,79
Outros	0,92	1,00

Por meio da inspeção das Figuras 3 e 4 verifica-se o bom desempenho da adsorção dos constituintes principais do óleo essencial de pimenta longa, safrol e terpinoleno, utilizando-se carvão ativado. Verifica-se que o tempo para atingir a saturação do adsorvente decresce na medida em que se aumenta o valor da vazão do óleo essencial. Observa-se, por inspeção simultânea das Tabelas 2 e 3, o aumento da concentração do safrol (presente no adsorvente).

Isto decorre da boa afinidade safrol-carvão ativado; observando o fenômeno inverso no caso dos outros compostos originalmente presentes no óleo essencial *in natura*. Nota-se desempenho semelhante do terpinoleno, com adsorção deste composto acima de 90 % da sua concentração inicial.

Os resultados obtidos na adsorção utilizando vazão de óleo essencial de $3,4 \text{ mL min}^{-1}$ podem ser comparados com os resultados obtidos na destilação do óleo essencial de pimenta longa realizado por Pimentel (2001). A partir da Figura 5, que fornece o tempo de saturação do safrol no adsorvente igual a 30 min, e da Tabela 3, que apresenta o percentual do safrol neste tempo, 94,79 % (concentração inicial igual a 82,54 %), é possível levá-los na Figura 1, possibilitando a construção da Figura 5.

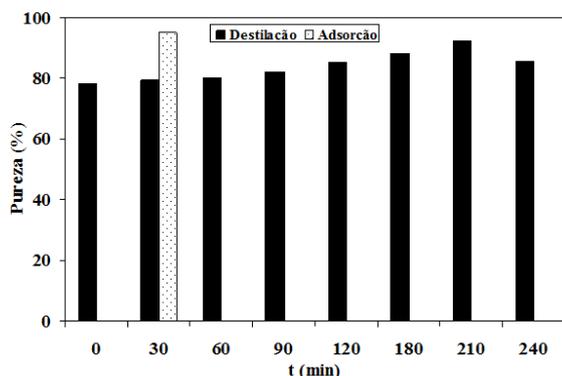


Figura 5 - Comparação da adsorção com a destilação na pureza do safrol contido no óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervium* C. DC).

Na adsorção, a recuperação do safrol, $C_{\text{final}}/C_{\text{inicial}}$, (C significa concentração de safrol) atinge 93,88 % em 30 min, enquanto a recuperação do safrol é de 83,9 % em 210 min para a destilação. Observa-se que, além de apresentar uma recuperação ligeiramente maior do que a destilação, o tempo de operação da adsorção é 7 vezes menor do que o tempo da operação de destilação, acarretando, notadamente, em maior produtividade. Também vale ressaltar que a energia despendida na destilação é bem superior ao da adsorção. O produto final da adsorção ficou menos propício à degradação térmica, uma vez que a temperatura utilizada na destilação foi de $105 \text{ }^\circ\text{C}$, já na adsorção a temperatura foi, em média, $22 \text{ }^\circ\text{C}$. Apesar do bom rendimento na separação do safrol a partir do óleo essencial de

pimenta-longa, Moreira (2013) verificou que utilizando sílica C_{18} como adsorvente e alterando a composição da fase móvel (etanol + água) é possível realizar a separar em 100 % do safrol de uma mistura de piperonal, safrol, isosafrol e terpinoleno, que são os constituintes principais do óleo essencial de pimenta-longa, exceto o composto piperonal (Figura 6).

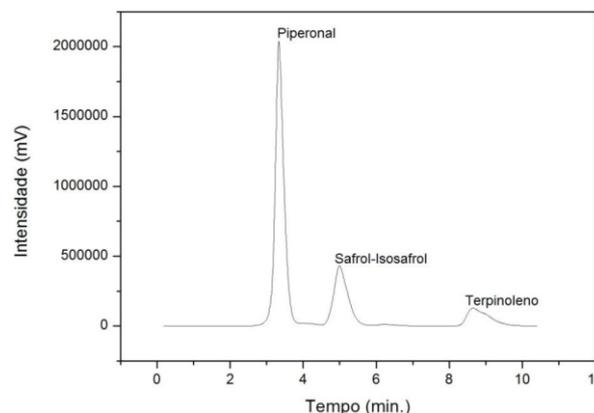


Figura 6 - Cromatograma resultante da injeção de $20 \mu\text{L}$ de piperonal, safrol, isosafrol e terpinoleno. Fase móvel 70/30, etanol/água (Moreira, 2013).

4. Conclusão

Verifica-se o bom desempenho da adsorção do safrol utilizando-se carvão ativado, acarretando uma pureza acima de 94 % no adsorvente, apresentando recuperação na ordem de 87 % para três vazões de alimentação de óleo essencial. Além disso, por meio da presente investigação, verificou-se que a adsorção pode ser utilizada sem a utilização nenhum solvente para alimentar a solução, ou seja, parte-se do próprio óleo essencial *in natura*. Em trabalhos recentes, como de Moreira (2013) sobre adsorção de uma mistura de piperonal, safrol, isosafrol e terpinoleno utilizando sílica C_{18} e com a modificação da fase móvel, é possível obter uma separação de 100 % destes compostos.

Os resultados obtidos na adsorção podem ser comparados com os resultados obtidos na redistilação do óleo essencial realizado por Pimentel (2001). Verificou-se a proximidade do valor da recuperação do safrol entre adsorção e destilação, sendo a recuperação por adsorção pouco superior. Entretanto o tempo de operação por adsorção é bastante inferior quando comparado com o tempo de operação de destilação, o que pode acarretar em uma produtividade maior quando se utiliza a adsorção. Além disso, o produto de interesse – o safrol –



fica menos exposto aos efeitos térmicos na adsorção (22 °C) se comparado com a destilação (105 °C). Salienta-se que o método de adsorção apresentando neste trabalho quando comparado com os trabalhos de Pimentel (2001) e Moreira (2013) apresenta um menor custo de operação quanto ao equipamentos e reagentes utilizados na separação do safrol do óleo essencial de pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C. DC).

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

ALÉCIO, A. C.; BOLZANI, V. S.; YOUNG, M. C. M.; KATO, M. J.; FURLAN, M. 1998. Antifungal amide from leaves of *Piper hispidum*. **Journal of Natural Products**, 61: 637-639.

BARREIRO, E. J.; FRAGA, C. A. M. 1999. The utilization of safrole, principal chemical constituent of sassafras oil, in the synthesis of compounds actives in the arachidonic acid cascade: antiinflammatory, analgesic and antithrombotic. **Química Nova**, 22(5): 744-759.

BENEVIDES, P. J. C.; SARTORELLI, P.; KATO, M. J. 1999. Phenylpropanoids e neolignanas from *Piper regnellii*. **Phytochemistry**, 52: 339 - 343.

BRAGA, N. P. (2007). Processo de obtenção e separação do piperonal a partir do óleo essencial de pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C. DC), Campinas, UNICAMP, 2007. 255p. **Tese de Doutorado**.

CHANG, X. L.; XU, H.; WANG, D.; FENG, Y. M.; ZHAN, P. Y. 2013. Recovery of Perillaldehyde from Hydrodistillation Condensate of *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *crispa* F. *viridis* Leaves Using Macroporous Resin Adsorption. **Separation Science and Technology**, 48 (8): 1226-1233.

CORNÉLIO, A.R.; FERRUA, F.Q.; GUERREIRO, M.C. 2004. Influência de solventes orgânicos na adsorção de linalol e decanal em sílica Ge. **Ciênc. Agrotec.**, 28(4): 863-870.

CUNICO, M. M.; LOPES, A. R.; CÔCCO, L. C.; YAMAMOTO, C. I.; PLOCHARSKI, R. C.; MIGUEL,

M. D.; JUNIOR, A. G.; AURE, C. G.; MIGUEL, O. G. 2007. Phytochemical and antibacterial evaluation of essential oils from *Ottonia Martiana* Miq. (Piperaceae). **J. Braz. Chem. Soc.**, 18(1): 184-188.

EDRIS, A. E.; GIRGIS, B. S.; FADEL, H. H. M. 2003. Recovery of volatile aroma components from aqueous waste streams using an activated carbon column. **Food Chemistry**, 82 (2): 195-202.

LAGO, J. H. G.; RAMOS, C. S.; CASANOVA, D. C. C.; MORANDIM, A. A.; BERGAMO, D. C. B.; CAVALHEIRO, A. J.; BOLZANI, V. S.; FURLAN, M.; GUIMARÃES, E. F.; YOUNG, M. C. M.; KATO, M. J. 2004. Benzoic acid derivatives from *Piper* species and their fungitoxic activity against *Cladosporium cladosporioides* and *C. sphaerospermum*. **Journal of Natural Products**, 67: 1783 - 1788.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. G.; MORAES, J. C.; MELO, B. A.; RODRIGUES, V. G.; GUIMARÃES, P. L. 2009. Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervium* C. DC.) sobre lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 377-382.

MAAR, J. H.; ROSENBROCK, L. C. C. 2012. A química fina que poderia ter sido: a extração de óleo de sassafrás e de safrol no alto e médio vale do Itajaí. **Scientiae Studia**. 10 (4): 799-820.

MAIA, J. G. S.; SILVA, M. L.; LUZ, A. I. R.; ZOGHBI, M. G. B.; RAMOS, L. S. 1987. Espécies de *Piper* da Amazônia ricas em safrol. **Química Nova**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 200-204.

MACHADO, M. P.; BERGO, C. L.; DESCHAMPS, C.; BIZZO, H. R.; BIASI, L. A. 2013. Efeito da secagem natural e artificial da biomassa foliar de *Piper hispidinervium* na composição química do óleo essencial. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 34, n. 1, jan/fev. p. 265-270, jan./fev.

MOREIRA, D. L.; SOUZA, P. O.; KAPLAN, M. A. C.; PEREIRA, N. A.; CARDOSO, G. L.; GUIMARÃES, E. F. 2001. Effect of leaf essential oil from *Piper solmsianum* C.DC. in mice behaviour. **An. Acad. Bras. Cienc.**, 73(1): 33-38.

MOREIRA, J. V. 2013. Estudo termodinâmico da região linear das isotermas de adsorção em sílica C₁₈ para os componentes da síntese do piperonal a partir do óleo essencial da *Piper hispidinervium* C. DC (**Dissertação de Mestrado**)/Jean Vinícius Moreira. – Campinas, SP.



NASCIMENTO, F. R.; CARDOSO, M. G.; SOUZA, P. E.; LIMA, R. L.; Salgado, A. P. S. P; Guimarães, L. G. L. 2008. Efeito do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC) e do emulsificante Tween® 80 sobre o crescimento micelial de *Alternaria alternata* (Fungi: Hyphomycetes). **Acta Amazônica**, 38(3): 503 – 508.

PIMENTEL, F. A. 2001. *Processo de redestilação para elevar a concentração de safrol no óleo essencial de pimenta longa*. **Comunicado técnico n. 148**. Rio Branco: EMBRAPA ACRE.

ROCHA, S. F. R.; MING, L. C. 1999. *Piper hispidinervum*: a sustainable source of safrole. In: JANICK, J. (Ed.). **Perspectives on new crops**

and new uses. Alexandria: ASHS Press. p. 470-481.

XU, Y.; YUAN, Q.; HOU, X.; LIN, Y. 2009. Preparative separative glabridin from Glycyrrhiza L. extracts with macroporous resins. **Separations Science and Technology**, 44 (15): 3717-3734.

ZACARONI, L. M.; CARDOSO, M. G.; SOUZA, P. E.; PIMENTEL, F. A; GUIMARÃES, L. G. L.; SALGADO, A. P. S. P. 2009. Potencial fungitóxico do óleo essencial de *Piper hispidinervum* (pimenta longa) sobre os fungos fitopatogênicos *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium oxysporum* e *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Amazonica**, 39 (1): 193 – 198.