



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI - MPEG
MESTRADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BOTÂNICA TROPICAL



THIARA LUANA MAMORÉ RODRIGUES

DESEMPENHO FISIOLÓGICO E PERFIL QUÍMICO DO ÓLEO ESSENCIAL DE
***Eryngium foetidum* L. CULTIVADA COM ADUBAÇÃO DIFERENCIADA**

BELÉM-PA

2019



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI - MPEG
MESTRADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS BOTÂNICA TROPICAL



THIARA LUANA MAMORÉ RODRIGUES

DESEMPENHO FISIOLÓGICO E PERFIL QUÍMICO DO ÓLEO ESSENCIAL DE
***Eryngium foetidum* L. CULTIVADA COM ADUBAÇÃO DIFERENCIADA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas: Área de concentração Botânica Tropical, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dr^a. Eloisa Helena de Aguiar Andrade.

Coorientador: Dr. Rafael Gomes Viana

BELÉM-PA

2019

Rodrigues, Thiara Luana Mamoré

Desempenho fisiológico e perfil químico do óleo essencial de *eryngium foetidum* L. cultivada com adubação diferenciada. Thiara Luana Mamoré Rodrigues; Orientação de Eloisa Helena de Aguiar Andrade – Belém, 2019.

60f.

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Botânica Tropical da Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

1. Apiaceae-Brasil-Amazônia 2. *Eryngium foetidum* 3. Óleo essencial. 4. Chicória-do-Pará. I. Andrade, Eloisa Helena de Aguiar, Orient. II. Título.

CDD 583.4809811



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI - MPEG
MESTRADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS BOTÂNICA TROPICAL



THIARA LUANA MAMORÉ RODRIGUES

DESEMPENHO FISIOLÓGICO E PERFIL QUÍMICO DO ÓLEO ESSENCIAL DE
Eryngium foetidum L. CULTIVADA COM ADUBAÇÃO DIFERENCIADA

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas: Área de concentração Botânica Tropical, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dr^a. Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Coorientador: Dr. Rafael Gomes Viana

Aprovada em 26 de fevereiro de 2019

Dr^a. Eloisa Helena de Aguiar Andrade – Orientador
Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG/UFPA

Dr^a Maria Auxiliadora Feio Gomes – 1º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Dr. Gledson Luís Salgado Castro – 2º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Dr. Mozaniel Santana De Oliveira – 3º Examinador
Universidade Federal do Estado do Pará – UFPA

Ely Simone Cajueiro Gurgel – Suplente
Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG

A ciência será sempre uma busca, jamais uma descoberta. É uma viagem, nunca uma chegada.

(Karl Popper)

AGRADECIMENTOS

Ao **supremo Deus** por dar-me a permissão de trilhar este caminho;

À **Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)** e **Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG)** pela minha formação e infraestrutura disponibilizada;

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001** - pela concessão da bolsa de estudos;

À coordenadora de pós-graduação **Dra. Ely Simone Cajueiro Gurgel** que sempre se dedicou para melhorar o curso e por todo apoio concedido;

À **Dra. Eloisa Helena de Aguiar Andrade**, pela orientação, por sua paciência de ensinar, por todos os momentos de aprendizagem, por sua dedicação que tanto me inspira a ser mais profissional, expresso minha eterna gratidão;

Ao meu coorientador **Rafael Gomes Viana**, por toda sabedoria e apoio ao desenvolvimento do trabalho;

À **banca examinadora** por ter aceito o convite e se prestado a contribuir para a melhoria da dissertação;

Aos **professores do curso de pós-graduação e associados** pelas disciplinas ministradas, discussões e ensinamentos tão valiosos para minha formação científica;

Aos colegas do laboratório Adolpho Ducke (LAD), em especial à **Lidiane do Nascimento, Marcia Caescaes** e a todos os colegas parceiros que tanto foram prestativos nesta caminhada.

Aos **secretários Anderson Alves e Larissa Meneses** e todos os funcionários do MPEG que sempre foram solícitos com as nossas necessidades acadêmicas;

À **turma pós-Bot 2017 (UFRA/MPEG)** pelas novas amizades, os momentos que passamos juntos, pela força e troca de aprendizagem;

Aos usuários do Laboratório de semente por todo companheirismo ao longo de minha caminhada, em especial a **Natália Couto, Olivia Ribeiro, Mônica Falcão e Cleidiane Rodrigues**;

Ao meu amigo **Breno Ricardo** que sempre esteve ao meu lado para me apoiar e aconselhar e compartilhar momentos divertidos;

À minha família, em especial aos meus pais **Wilson Rodrigues e Luciclea Mamoré** por todo investimento à minha educação; aos meus irmãos **Thiago Wilker e Thalys Wilson**, servindo sempre de inspiração para os meus objetivos;

Aos professores da UFRA **Maria Auxiliadora e João Ubiratan**, por acompanharem minha trajetória desde o início da formação, além de proporcionarem momentos de alegria e inspiração, os quais foram fundamentais para a renovação das forças e seguir em frente;

Aos amigos, com amor, em especial **Bianca, Erila, Everllyn, Alinne, Taíse, Emanuely, Cândida, Andrea, Valeria, Pedro, Ricardo, Wendell, Flavia, Daniele, Ciro, Isis, José koury, Hugo, Rodrigo, Lúcia, Gilson; Jean** por toda amizade apoio durante esta trajetória.

À **Universidade Federal do Pará (UFPA)** aos laboratórios (**Labiotec**) e (**Lepron**) pela estrutura e acolhimento concedidos.

 *brigada!*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
RESUMO.....	12
ABSTRAT	13
1 CONTEXTUALIZAÇÃO	14
REFERÊNCIAS	15
2. CAPÍTULO 1 - TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA “a” EM CHICÓRIA-DO-PARÁ SUBMETIDA À DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO..	17
2.1 Introdução.....	19
2.2 Material e Métodos.....	21
2.3 Resultados e discussão	25
2.4. Conclusão	31
Agradecimentos.....	31
Referência.....	31
3 CAPÍTULO 2 - RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Eryngium foetidum</i> L. CULTIVADA EM DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO	37
3.1 Introdução.....	39
3.2 Material e métodos	41
3.3 Resultados e Discussão.....	44
3.4 Conclusão	53
Referências	54
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
5. APÊNDICE	60

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 01.

1. Trocas gasosas de *Eryngium foetidum* L. em função das diferentes fontes de adubação P_n - Fotossíntese líquida (A), g_s - condutância estomática (B), C_i - concentração interna de CO_2 (C), E - transpiração (D) e uso eficiente da água.....24

2. Fluorescência da clorofila “a” *Eryngium foetidum* L. em função das diferentes fontes de adubação ETR - Taxa de transporte de elétrons (A), $\phi PSII$ - Rendimento quântico do PSII (B) F_o - fluorescência inicial (C), F_m - fluorescência máxima (D), F_v/F_m - eficiência fotoquímica máxima (E), qP - coeficiente de dissipação fotoquímica (F), qN - coeficiente de dissipação não-fotoquímica (G).....28

Capítulo 02.

1. Figura 03. Estruturas químicas principais identificadas por CG-MS, presentes no óleo essencial de *Eryngium foetidum* L.....48

2. Biplot (PCA) resultante da análise dos óleos essenciais ($\geq 1,0\%$) obtidos das folhas e raízes de *E. foetidum*, de indivíduos cultivados em diferentes fontes de adubações (Orgânico, Mineral e Controle)50

3. Dendrograma representando similaridade no perfil dos óleos essenciais ($\geq 1,0\%$) das folhas e raízes de *E. foetidum*, de indivíduos cultivados em diferentes fontes de adubações (Orgânico, Mineral e Controle)51

LISTA DE TABELAS

Capítulo 01.

1. Volume de óleos essenciais (mL) e Massa seca (g) de folhas e raízes de <i>Eryngium foetidum</i> L.....	29
---	----

Capítulo 02.

1. Rendimento (%) de óleos essenciais (BLU) e umidade % de folhas e raízes de <i>Eryngium foetidum</i> L.....	44
2. Composição química em porcentagem (%) do óleo essencial da biomassa seca de folhas e raízes de <i>Eryngium foetidum</i> L. em função das diferentes fontes de adubação.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- P_n*** - Taxa de assimilação líquida de CO₂
- A/E*** - Eficiência instantânea do uso da água
- ATP**- Adenosina Trifosfato
- C_i*** - Concentração Mesofílica de CO₂
- E***- Transpiração
- ETR** -Taxa de transporte de elétrons
- F_o*** - Fluorescência inicial no escuro
- F_m*** - Fluorescência máxima no escuro
- F_v*** - Fluorescência variável
- F_v /F_m*** – eficiência fotoquímica máxima do PSII
- F_v' m/F'*** - eficiência fotoquímica real do PSII
- F'_v /F'_m × (1 – qP)*** - Fração da energia luminosa absorvida pela antena do PSII não utilizada na fase fotoquímica e nem dissipada na forma de calor
- g_s*** - Condutância estomática
- NADPH** – Adenina nicotinamida dinucleotídeo fosfato
- NPQ** - Coeficiente de dissipação não-fotoquímico
- SNK** -Student-Newman-Keuls
- UR** - Umidade Relativa
- ΦFSII** - Rendimento quântico real do transporte de elétrons do FSII
- B.L.U**- Base livre de Umidade
- CG**- Cromatografia gasosa
- IR**- Índice de retenção
- OE**- óleo essencial
- ORG**-Orgânico
- MIN**-Mineral
- CONT**-Controle
- UFRA**- Universidade federal rural da Amazônia

RESUMO

MAMORÉ, T. L. R. **DESEMPENHO FISIOLÓGICO E PERFIL QUÍMICO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eryngium foetidum* L. CULTIVADA COM ADUBAÇÃO DIFERENCIADA**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Belém, Pará: Museu Paraense Emílio Goeldi, Universidade Federal Rural da Amazônia 2019.

Chicória-do-Pará (*Eryngium foetidum* L.) é uma espécie nativa da Amazônia, herbácea, condimentar, aromática e medicinal, amplamente utilizada na alimentação, bem como na preparação de pratos típicos da região norte do Brasil, apesar da grande importância desta espécie, são escassos trabalhos voltados para a melhoria de seu manejo. Na busca de fornecer informações para melhores tratamentos culturais e melhor aproveitamento comercial da espécie, este estudo teve por objetivo avaliar trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a”, além do rendimento e perfil químico do óleo essencial de *E. foetidum* cultivada em diferentes fontes de adubação. Para isto, a espécie foi cultivada com adubação (T1: Orgânica, T2: Mineral, T3: Controle) em canteiros suspensos com 12 m² de área, utilizando-se o (DIC). No capítulo 01, avaliou-se respostas de trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” de *E. foetidum* utilizando-se um analisador portátil de gases infravermelho. Os parâmetros de trocas gasosas foram: fotossíntese líquida (P_n), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO₂ (C_i), transpiração (E) e uso eficiente da água (A/E). Para o conhecimento do comportamento do fotossistema PSII adotamos os seguintes parâmetros: taxa de transporte de elétrons (ETR), rendimento quântico do PSII (ϕ PSII) fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), eficiência fotoquímica máxima (F_v/F_m), coeficiente de dissipação fotoquímica (q_P), coeficiente de dissipação não-fotoquímica (q_N). As análises estatísticas foram realizadas através do teste (SNK), $P \leq 0,05$. (DIC) com quatro repetições e três tratamentos, as diferentes fontes de adubação mostraram dados inéditos e relevantes para o conhecimento do comportamento fisiológico da espécie. A C_i e a g_s , diferenciaram-se sendo C_i maior em T3 e g_s menor em T1. Os demais parâmetros de trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” não apresentam diferenças entre os tratamentos, onde os dados comprovam que o fotossistema PSII não foi afetado por meio dos tratamentos. No capítulo 02, foi verificado a influência de diferentes fontes de adubação (Org., Min. e Cont.) no rendimento e perfil químico do óleo essencial obtido de folhas e raízes de *E. foetidum*, amostras foram secas em estufas (34 °C) e submetidas a hidrodestilação durante 3 horas. A composição química foi analisada por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG/EM), em sistema Shimadzu QP-2010. Os constituintes químicos ($\geq 1\%$) do óleo essencial de *E. foetidum* foram submetidos a análise multivariada, dos componentes principais (PCA) e análise hierárquica (HCA). Os maiores rendimentos de óleo essencial foram obtidos das folhas (0,18-Min. e 0,22-Cont.) e raízes (0,22-Min.). Total de 71 constituintes voláteis foram identificados nos óleos de *E. foetidum*, aldeídos aromáticos e alifáticos foram os constituintes majoritários, com predominância do 2,3,4-trimetilbenzaldeído, de 56,81 a 63,49% nas raízes e 19,5 a 24,6% nas folhas, seguido de (2E)-2-Dodecenal com 21,76 a 30,4 % nas folhas e 3,75 a 6,24% nas raízes, *trans*-2-Tetradecenal com 8,61 a 13,33% nas folhas e 2,46 a 3,75% nas raízes. A análise dos (PCA) mostrou a formação de dois grupos, confirmados pela análise de (HCA). O dendograma resultante mostra o grupo I representado pelas raízes (OrgR, MinR e ConR), caracterizado por 2,3,4-Trimetilbenzaldeído, Muurola-4,10 (14)-dien-1 β -ol, Isoshyobunona, sesq. oxig. (222), para-Menta-1,5-dien-8-ol, 6-Canfenona, (Z) e (E)- γ -Atlantona, (E)- β -Farneseno; o grupo II compreende as folhas (OrgF, MinF, ConF), caracterizado pelo (2E)-2-Dodecenal, *trans*-2-Tetradecenal, 1-Dodecanal, 1-Decanal, Tetradecanal, γ -Terpineno, Mesitileno, ρ -Cimeno, α -Pineno, 1-Undecanal, Carotol, Tetradec-1-eno. Os resultados obtidos permitem melhor conhecimento fisiológico de *E. foetidum*, bem como suporte para futuros estudos relacionados ao manejo da espécie, além de fornecer perfis químicos do óleo essencial entre folhas e raízes.

Palavras-chave: Amazônia, Apiaceae, Condutância estomática, Hidrodestilação, E-2-dodecenal

ABSTRAT

MAMORÉ, T. L. R. **PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE AND CHEMICAL PROFILE OF ESSENTIAL OIL OF *Eryngium foetidum* L. CULTIVATED WITH DIFFERENTIATED FERTILIZATION**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Belém, Pará: Museu Paraense Emílio Goeldi, Universidade Federal Rural da Amazônia 2019.

Chicory of Para (*Eryngium foetidum* L.) is a native Amazonian specie, herbaceous, flavoring, aromatic and medicinal, widely used in food, as well as in the preparation of typical dishes of the northern region of Brazil and despite the great importance of this specie, there are few studies related to the improvement of its management. In the search to provide information for better cultural treatments and better commercial use of this specie, this study aimed to evaluate gas exchange and chlorophyll a fluorescence, besides the yield and chemical profile of the essential oil of *E. foetidum* cultivated with different sources of fertilization. For this, the specie was cultivated with fertilization (T1: Organic, T2: Mineral, T3: Control) in suspended beds with an area of 12 m², using a completely randomized experimental design. In chapter 01, it was evaluated the responses of gas exchange and chlorophyll a fluorescence of *E. foetidum* using a portable infrared gas analyzer. The physiological parameters analyzed were: net photosynthesis rate (P_n), stomatal conductance (g_s), internal CO₂ concentration (C_i), transpiration rate (E) and water use efficiency (A/E). To the knowledge of photosystem PSII behavior adopted the following parameters: electric transport rate (ETR), Quantum yield of PSII (ϕ PSII), initial fluorescence (F0), maximal fluorescence (Fm), maximum photochemical efficiency (Fv/Fm), photochemical quenching (qP) and non-photochemical quenching (qN). Statistical analyzes were performed using the Student-Newman-Keuls (SNK) test, $P \leq 0.05$. With a design with four repetitions and three treatments, the different fertilization sources showed unpublished and relevant data to the knowledge of the physiological behavior of the species. The internal CO₂ concentration (C_i) and the stomatal conductance (g_s) showed differences between the treatments, being (C_i) higher in T3 and (g_s) lower in T1. The other parameters of gas exchange and chlorophyll a fluorescence do not show differences between treatments, where the data prove that the PSII photosystem was not affected by the different fertilization sources. In chapter 02, it was verified the influence of different sources of fertilization (Org., Min. and Cont.) on the yield and chemical profile of the essential oil obtained from leaves and roots of *E. foetidum*. The samples were dried in drying oven (34 °C) and hydrodistilled in modified Clevenger type glass systems for 3 hours. The chemical composition was analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC/MS) in the Shimadzu QP-2010 system. The chemical constituents ($\geq 1\%$) of *E. foetidum* essential oil were subjected to multivariate analysis of HCA and PCA. The highest yields of essential oil were obtained from the leaves (0.18-Min. and 0.22-Cont.) and roots (0.22-Min.). 71 volatile constituents were identified in *E. foetidum* oils, aromatic and aliphatic aldehydes were the main constituents, with predominance of 2,3,4-trimethylbenzaldehyde, from 56.81 to 63.49% in the roots and 19.5 to 24.6% in the leaves, followed by (2E)-2-Dodecenal with 21.76 at 30.4% in the leaves and 3.75 to 6.24% in the roots, trans-2-Tetradecenal with 8.61 to 13.33% in the leaves and 2.46 to 3.75% in the roots. Principal component analysis (PCA) showed the formation of two groups, confirmed by the hierarchical cluster analysis (HCA), which shows the dendrogram resulting group represented by roots (OrgR, MinR and ConR), characterized by 2,3,4-trimethylbenzaldehyde, Muurola-4,10 (14) -dien-1 β -ol, Isoshyobunone, sesq. oxig. (222), para-Menta-1,5-dien-8-ol, 6-Canphenone, (Z) and (E)- γ -Atlantone, (E)- β -Farnesene. The group II comprises the leaves (OrgF, MinF, ConF), characterized by (2E)-2-Dodecenal, trans-2-Tetradecenal, 1-Dodecanal, 1-Decanal, Tetradecanal, γ -Terpinene, Mesitylene, p -Cymene, α -Pinene, 1-Undecanal, Carotol, Tetradec-1-ene. The results obtained allow a better physiological knowledge of *E. foetidum*, as well as support for future studies related to the management of this specie, besides providing chemical profiles of the essential oil in the leaves and roots.

Keywords: Amazon, Apiaceae, Stomatal conductance, Hydrodistillation, (E)-2-dodecenal

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Amazônia é conhecida pela sua grandeza, em extensão territorial, com cerca de seis milhões de Km², quanto em diversidade biológica, abrigando aproximadamente 30.000 espécies de plantas com sementes conhecidas para a Ciência (MENIN, 2011; BOUBLI e HRBEK, 2012). Embora tamanha riqueza em espécies vegetais, os recursos naturais aromáticos amazônicos ainda são pouco explorados, com um viés econômico. Por exemplo, das 500 espécies aromáticas catalogadas na Amazônia, apenas três possuem uso aproveitado pelo comércio e exportação: as favas de cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.), o óleo de copaíba (*Copaifera* spp.) e o óleo essencial de pau-rosa (*Aniba rosiodora* Ducke) (MAIA e ANDRADE, 2009; BARATA, 2012). Óleos essenciais são aproveitados pela indústria de perfumaria, limpeza, química, bem como pela indústria de medicamentos e alimentos (FERRAZ et al., 2009).

Dentre as famílias botânicas produtoras de óleos essenciais que ocorrem na Amazônia, Apiaceae Lindl. (antiga Umbelífera Juss.) possui destaque em importância econômica, com espécies cultivadas no Brasil, como o coentro (*Coriandrum sativum* L.), que é citado entre os 18 principais óleos essenciais no mercado mundial (BIZO et al., 2009). Outro importante representante de Apiaceae e com igual potencial econômico é *Eryngium foetidum* L., espécie conhecida popularmente como chicória-da-Amazônia e chicória-do-Pará. Embora muito apreciada como erva condimentar e presente nos pratos típicos da região Norte do Brasil (CAMPOS, 2014), não há referência científica na literatura ou indicação agronômica, específica de adubação para o cultivo da espécie (GOMES et al., 2013).

Os óleos essenciais são metabólitos secundários, de natureza química complexa, que geralmente são produzidos pelas plantas em resposta às diferentes pressões do ambiente, as quais afetam a sua composição (MORAIS, 2009). Os fatores relacionados à nutrição da planta exercem um importante papel na fisiologia do vegetal e na constituição química dos metabólitos secundários, com influência direta na quantidade de fotoassimilados (TAIZ e ZEIGER, 2013; SODRÉ et al., 2012). As fontes de nutrição podem ser derivadas de minério e produtos orgânicos (SILVA et al., 2003), a partir de adubos sintéticos à base de minerais explorados na natureza, como também por meio de resíduos naturais, de origem animal (esterco curtido), vegetal (compostagem) ou de resíduos de indústrias alimentícias (CHAVES, 2001; COSTA et al., 2008).

Há evidências conflitantes de que a adubação mineral e a orgânica produzem um bom nível de rendimento de óleo essencial em plantas aromáticas. Enquanto Silva et al. (2003) encontraram teor significativo de óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC.) Staf com fertilizantes minerais, Costa et al. (2008) mostraram que adubação orgânica com esterco avícola produziu melhores resultados no rendimento de óleo essencial da mesma espécie citada à cima. No entanto, nenhum dos trabalhos avaliaram respostas fisiológicas e a eficiência do fotossistema II (PSII) de *E. foetidum* cultivada sob influência de diferentes fontes de adubação, além do rendimento e da composição química do óleo essencial avaliando os grupos formados através das componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA). Neste sentido, o primeiro capítulo refere-se à análise de trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” em *E. foetidum* influenciadas por diferentes fontes de adubação, mineral, orgânica e controle, avaliando as respostas fisiológicas quanto ao tipo de adubo, bem como o volume de óleo essencial produzido em uma determinada quantidade de matéria seca.

Já o segundo capítulo versa sobre o rendimento e a composição química do óleo essencial de *E. foetidum*, cultivadas em diferentes fontes de adubação, além da análise dos componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA) para identificar a interação de similaridade do perfil químico tanto para folhas e raízes quanto a influência de diferentes fontes de adubação.

Dessa forma, os resultados do presente trabalho servirão de subsídios para a formulação de técnicas aprimoradas voltadas ao cultivo da espécie, assim como servindo de parâmetro para novos estudos com outras formas de adubação, além de fornecer dados detalhados sobre o rendimento e perfil químico dos óleos essenciais de folhas e raízes de *E. foetidum*.

REFERÊNCIAS

- BARATA, L.E.S. A economia verde – Amazônia. **Ciência e Cultura**, v.64, n.3, p.31-35, 2012.
- BIZO, H.R.; HOVELL, A.M.C.; REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectiva. **Química Nova**, v.32, n.3, p.588-594, 2009.
- BOUBLI, J. P.; HRBEK, T. Introdução à Biodiversidade Amazônica. In: MARCON, J. L.; MENIN, M.; ARAÚJO, M. G. P.; HRBEK, T. (Eds.). **Biodiversidade Amazônica**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas - Edua, 2012. p. 11–17.

- CAMPOS, R. A. S. **Produtividade, compostos bioativos e atividade antioxidante em *Eryngium foetidum* L.** 2014. 60 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2014.
- CHAVES, F. C. M. **Produção de biomassa, rendimento e composição química de óleo essencial de alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função da adubação orgânica e época de corte.** 146 f. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2001.
- COSTA, L. C. B.; PINTO, C. J. E. B.; CASTRO, E. M.; BERTOLUCCI, S. K. V.; CÔRREA, R. M.; REIS, E. S.; ALVES, P. B.; NICOLAU, E. S. Tipos e doses de adubação orgânica no crescimento, no rendimento e na composição química do óleo essencial de elixir paregórico. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2173-2180. 2008.
- FERRAZ, J.B.S.; BARATA, L.E.S.; SAMPAIO, P.T.B.; GUIMARÃES, G.P. Perfumes da floresta amazônica: em busca de uma alternativa sustentável. **Ciência e Cultura**, v.61, n.3, p.31-35. 2009.
- GOMES, R.F.; SILVA, J.P; GUSMÃO, S.A.L.; SOUZA, G.T. Produção de chicória da Amazônia cultiva sob densidades de cultivo e poda do pendão florão. **Revista Caatinga**, v.26, n.3, p.9-14. 2013.
- MAIA, J.G.S.; ANDRADE, E.H.A. Database of the amazon aromatic plants and their essential oils. **Química Nova**, v.32, n.3, p.595-622. 2009.
- MENIN, M. **Amazônia: diversidade biológica e história geológica.** Manaus, UFAM. 2011. 33p.
- MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.2, p.4050-4063. 2009.
- SILVA, P. A.; BLANK, A. F.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BARRETTO, M. C. V. Efeitos da adubação orgânica e mineral na produção de biomassa de capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.]. **Revista Ciência Agronômica**, v.34, n.1, p.5-9. 2003.
- SODRÉ, A. C. B.; HABER, L. L.; LUZ, J. M. Q.; MARQUES, M. O. M.; RODRIGUES, C. R. Adubação orgânica e mineral em Melissa. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n.1, p. 147-152.2012.
- SOUZA, S. A. M.; MEIRA, M. R.; FIGUEIREDO, L. D.; MARTINS, E. R. Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6. n. 10, p. 1-10.2010.
- TAIZ; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 819p.2013.

2. CAPÍTULO 1 - TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA “a” EM CHICÓRIA-DO-PARÁ SUBMETIDA À DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO

Thiara Luana Mamoré Rodrigues, Eloisa Helena de Aguiar Andrade, Rafael Gomes Viana.

Artigo a ser enviado para a revista:

Journal of Agricultural Science;

ISSN 1916-9752

E-ISSN 1916-9760

Published by Canadian Center of Science and Education

Trocas Gasosas e Fluorescência da Clorofila “a” em Chicória-do-Pará submetidas à diferentes fontes de adubação

Thiara L. Mamoré-R.¹, Rafael G. Viana² & Eloisa H. de A. Andrade³

1. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Botânica Tropical, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Brasil

2. Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Brasil

3. Coordenação de Botânica, Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará, Brasil.

Correspondência: Thiara Luana Mamoré Rodrigues, programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Botânica Tropical, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia. Av. Perimetral, 2501- Terra Firme, 66.077-830, Belém, Pará, Brasil. E-mail: thiaramamore@gmail.com

Resumo

A nutrição mineral afeta grande parte do cultivo de plantas aromáticas, razão porque se propôs, através deste trabalho, avaliar o comportamento fisiológico de espécies de *Eryngium foetidum* L. cultivadas em diferentes fontes de adubação. Os espécimes foram cultivados em canteiros suspensos em 12m² de área com delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos referente as diferentes fontes de adubação: (T1:Orgânico, T2:Mineral e T3:Controle), os demais tratamentos culturais foram padronizados durante o experimento. Os parâmetros fisiológicos analisados de trocas gasosas foram: fotossíntese líquida (P_n), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO₂ (C_i), transpiração (E) e uso eficiente da água (A/E), para o conhecimento do comportamento do fotossistema PSII, adotamos os seguintes parâmetros: taxa de transporte de elétrons (ETR), rendimento quântico do PSII (ϕ PSII) fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), eficiência fotoquímica máxima (F_v/F_m), coeficiente de dissipação fotoquímica (q_P), coeficiente de dissipação não-fotoquímica (q_N). As análises estatísticas foram feitas através do programa R utilizando-se o teste Student-Newman-Keuls (SNK), $P \leq 0,05$. As diferentes fontes de adubação mostraram dados inéditos e relevantes para o conhecimento do comportamento fisiológico da espécie. A concentração interna de CO₂ (C_i) e a condutância estomática (g_s), apresentaram diferenças entre os tratamentos sendo (C_i) maior em T3 e (g_s) menor em T1. Os demais parâmetros de trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” não apresentam diferenças entre os tratamentos, onde os dados comprovam que o fotossistema PSII não foi afetado por meio das diferentes fontes de adubação.

Palavras chave: Condutância estomática, Eficiência fotoquímica, Fotossistema, Óleo essencial.

2.1 Introdução

Nativa da América Central e Latina, *Eryngium foetidum* L., a chicória-da-Amazônia ou chicória-do-Pará, é uma planta herbácea, medicinal e aromática, pertencente à família Apiaceae Lindl. (Silva, Silva, Seabra Júnior, Borges & Souza., 2016). Embora prefira ambientes com grande disponibilidade de água, solos bem drenados e muita luminosidade, a espécie possui boa adaptabilidade às condições ecológicas estressantes e pode ser encontrada em toda a região amazônica (Paul, Seaforth & Tikasingh, 2011; Flora do Brasil 2020).

Por muito tempo a espécie foi cultivada em pequenas hortas e quintais, vista ser amplamente apreciada na culinária amazônica (Gomes, Silva, Gusmão & Souza, 2013; Campos, 2014). Aos poucos, a chicória tem despertado interesse econômico regional, exercendo grande importância social por representar uma fonte de renda para o pequeno produtor (Silva et al., 2016). Por isso, tem se tornado crescente a necessidade de melhores formas de cultivo e tratamentos culturais para ampliar com qualidade a produção de chicória para a comercialização. Contudo, até o momento não há referência científica ou indicação agrônoma confiável de recomendação de adubação específica para a espécie (Gomes et al., 2013).

Práticas agrônomicas voltadas aos tratamentos culturais, bem como aquelas relacionadas à luminosidade, irrigação e nutrição de plantas, afetam a produção de biomassa bem como o volume de óleo essencial (Moraes, 2009; Yokata, Iossaqui, Hoshino & Souza, 2015; Oliveira, Gatiboni, Brunetto, Miquelluti & Valicheski, 2017; Santos et al., 2017). Por exemplo, a adubação é uma prática agrícola muito utilizada por exercer um importante papel na melhoria das culturas, atuando no fornecimento de nutrientes para obtenção de melhor desempenho fisiológico pelos vegetais (Maia, Pinto, Silva & Oliveira, 2008; Ferreira et al., 2017).

Uma forma de se avaliar as funções fisiológicas, é por meio dos parâmetros de trocas gasosas, que tem a condutância estomática como principal mecanismo envolvido, responsável pela abertura e fechamento do estômato, principalmente no influxo de CO₂. Outro fator que pode ser avaliado no aparato fotossintético é a fluorescência da clorofila *a* técnica responsável por avaliar a eficiência fotoquímica do fotossistema II (PSII) para a produção de ATP e NADPH, moléculas sintetizadas a partir da energia luminosa convertida em energia química por meio de unidades funcionais, sendo estas localizadas nas membranas dos tilacóides, chamadas de fotossistemas. A energia química será destinada para o fotossistema I (PSI) que trabalha simultaneamente, por ser a principal fonte de energia destinada para as reações bioquímicas. Estudos mostram que o estado nutricional pode influenciar o processo fotossintético, por causar alterações fisiológicas (Taiz & Zeiger, 2013; De Oliveira Gondim, Santos, Lira, Brito, & Pereira, 2015).

A adubação orgânica é bem recomendada pela literatura científica no cultivo de plantas aromáticas, tendo em vista a preservação de seus princípios ativos, além de possibilitar melhorias nas propriedades físicas e biológicas do solo (Ferreira et al., 2017). Por outro lado, adubos minerais promovem rápidas respostas fisiológicas, proporcionando disponibilidade imediata de nutrientes absorvíveis pelas plantas (Seixas et al., 2013; Jesus, Fernandes, Fonseca, Rocha & Martins, 2016). Entretanto, para o cultivo de plantas aromáticas não há uma definição generalizada de doses de fertilizantes químicos ou orgânicos, considerando que as espécies e/ou grupos de espécies podem responder de forma diferente aos estímulos ambientais (Freire, 2014). Estudos com enfoque agrônomo, fisiológico, químico e ecológico, voltados para determinadas espécies, ou grupos de espécies, podem trazer importantes *insights* sobre o tema.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes fontes de adubação no solo e respostas voltadas às trocas gasosas, fluorescência da clorofila “*a*”,

massa seca e volume de óleo essencial. Com esse intuito, *E. foetidum* tratada à base de adubação orgânica e mineral foram utilizados para testar: i) se trocas gasosas serão afetadas pelas diferentes fontes de adubação; ii) se haverá diferença na estabilidade do fotossistema II; iii) há relação direta entre a fonte de adubo com o volume de óleo essencial da espécie; e iv) as respostas fisiológicas ao tipo de adubação fornecerão evidências para subsidiar futuros estudos voltados ao aprimoramento do manejo da espécie.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Montagem do experimento

As sementes de *E. foetidum* foram coletadas em canteiros experimentais no Centro de Pesquisa em Horticultura, da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém-Pará (1° 27' 22" S 48° 26' 14" W) e levadas para Horto Botânico Jacques Huber, localizado no *campus* de pesquisa Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Belém-PA, onde todo o experimento foi conduzido. O semeio para a produção de mudas foi realizado diretamente em substrato orgânico de origem vegetal (terra preta, casca de castanha e serragem) contido em bandejas de polietileno e mantidas em bancadas a cerca de 80 cm de altura do solo, em 50% de luminosidade natural e temperatura ambiente (~30°C).

Aos 35 dias após a germinação, com as três primeiras folhas totalmente expandidas, foram selecionadas 600 mudas mais vigorosas e livres de herbivoria para o transplante em três canteiros suspensos, cobertos com lona agrícola transparente, medindo 4 m² por canteiro (total de 12 m²), cada um contendo 200 mudas, com 14 cm de espaçamento entre plantas, irrigadas de forma padronizada diariamente por meio de aspersores durante cinco minutos. O solo utilizado nesta fase do experimento era naturalmente composto por: pH (H₂O) = 5,3; H + Al = 4,62 cmol_c/dm³, Mg + Ca = 1,7 cmol_c/dm³ Ca = 1,4 cmol_c/dm³, P

= 5,0 mg dm⁻³; K = 31 mg dm⁻³, N = 0,06 %; CTC = 6,43 (total) cmol_c/dm⁻³ e V% = 28,18 %. O qual foi manejado com as técnicas de calagem e adubação. Os métodos de adubação estão de acordo com as recomendações do livro ‘Adubação e calagem do estado do Pará’ (Cravo, Viégas & Brasil, 2007), com adaptações descritas a seguir. Para a calagem foi utilizado 1,5 Kg/ 4 m² de calcário dolomítico em cada canteiro, a cama de aviário curtida por noventa dias, como fonte de adubo orgânico, utilizou-se 3kg/ m² aplicados ao solo, 25 dias antes do transplante das mudas. Para a adubação mineral, foi adotado como parâmetro o cálculo de adubação da espécie *Coriandrum sativum* L. (coentro; Apiaceae), sendo 230g/ 4 m² P₂O₅, 80g / 4 m² K₂O e 18g/ 4 m² N para adubação. Já na adubação testemunha, foi mantido o solo natural, com acidez corrigida para PH próximo a 5,5, proporcionando, assim, um meio adequado para melhor absorção de nutrientes naturalmente presentes no solo. Ao longo de todo o experimento, o desenvolvimento de estruturas reprodutivas da planta foi evitado por meio da poda da inflorescência, segundo Gomes et al. (2013).

2.2.2 Trocas gasosas

Após 30 dias do transplantio, quando os indivíduos apresentavam-se completamente estabelecidos, foram realizadas as avaliações fisiológicas, no horário entre 9 h e 12 h, durante as medições, foram caracterizadas as médias de umidade relativa do ar (61,16 %) radiação fotossinteticamente ativa (658,72 μmol), déficit de pressão de vapor (1,22) e temperatura do ar (33,75 C°).

Os parâmetros fisiológicos analisados de trocas gasosas em folhas, foram: fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*g_s*), concentração interna de CO₂, (*C_i*) e transpiração (*E*), utilizando-se a terceira folha centripetamente, foram determinadas por meio de um analisador portátil de gases a infravermelho (LI-6400 XT, LI-COR Biosciences Inc., Lincoln, EUA) equipado com uma fonte de luz azul/vermelho (modelo LI-6400-02B; LI-

COR Biosciences Inc., Lincoln, EUA). As medições foram realizadas sob fluxo de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) saturante de $1.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e concentração de CO_2 de 400 ppm.

2.2.3 Fluorescência da clorofila “a”

A fluorescência da clorofila “a” na luz e no escuro foi analisada logo após a análise de trocas gasosas. Primeiramente, as folhas foram adaptadas ao escuro por 30 min e em seguida iluminadas com um fraco pulso de radiação modulada para a obtenção da fluorescência inicial (F_0). Em seguida, a saturação de pulso de luz branca de $6.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foi aplicada por 0,8 s para assegurar a emissão de fluorescência máxima (F_m). Nas amostras adaptadas ao escuro, a máxima eficiência fotoquímica do PSII foi estimada pela razão entre fluorescência variável e máxima [$F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$]. Subsequentemente, pulsos saturantes de luz branca foram aplicados para atingir a máxima fluorescência (F'_m). Em seguida, a luz actínica foi desligada e a radiação vermelha distante ligada para medir F_0 adaptada a luz (F'_0). A eficiência de captura de energia de excitação por centros de reação FSII abertos (F'_v/F'_m) foi estimada como a razão entre $(F'_m - F'_0)/F'_m$. O coeficiente de extinção fotoquímica (qP) foi calculado como $qP = (F'_m - F_s)/(F'_m - F'_0)$ e o coeficiente de extinção não-fotoquímico (NPQ) foi determinado a partir da equação de Stern - Volmer [$NPQ = (F_m/F'_m) - 1$]. O rendimento quântico real do transporte de elétrons do FSII (Φ_{PSII}) foi calculado como $(F'_m - F_s)/F'_m$ (Genty, Briantais, & Baker, 1989). A taxa de transporte de elétrons (ETR) foi calculada como $ETR = \Phi_{PSII} \times PPFD \times f \times \alpha$, em que PPFD é a densidade do fluxo de fótons fotossintéticos; f é um fator que contribui para a compartimentação de energia entre PSII e PSI e é assumido como sendo 0,5; o que indica que a energia de excitação é distribuída igualmente entre os dois fotossistemas; e α é a absorvância da folha pelos tecidos fotossintetizantes e se presume ser de 0,84 (Maxwell & Johnson, 2000). Para as leituras

selecionou-se a terceira folha, tendo como referência a folha mais madura centripetamente.

2.2.4 Hidrodestilação

As extrações do óleo essencial de *E. foetidum* foram feitas ao final do experimento após a secagem, totalizando 80 dias até o momento da hidrodestilação, com a remoção dos 600 indivíduos com as partes vegetativas completas (folhas e raízes). Uma amostra foi gerada a partir de cada tratamento, totalizando três amostras, postas para secar diretamente em estufa com ventilação, a temperatura média de 35° C por aproximadamente sete dias. Posteriormente, folhas e raízes secas foram pesadas o total de material botânico, separadas em duas amostras por tratamento e um total de seis amostras. Cada uma delas foi fragmentada com moinho de faca, homogeneizada, pesadas em frações de 50 g e submetida à hidrodestilação em sistemas de vidro do tipo Clevenger modificado, durante 3 horas, acoplado a um sistema de refrigeração para manutenção da água de condensação em torno de 12° C. Após a extração, os óleos foram centrifugados durante 5 min a 3000 rpm, desidratados com sulfato de sódio anidro e novamente centrifugados nas mesmas condições. O volume de óleo foi aferido no momento da coleta, ao ser retirado do aparelho Clevenger.

2.2.4 Estatística

Os dados fisiológicos foram submetidos à análise estatística ANOVA e o teste Student-Newman-Keuls (SNK), $P \leq 0,05$, com delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos e quatro repetições, totalizando em n amostral doze, onde T1 = adubação orgânica, T2 = mineral e T3 = solo controle. Para o volume de óleo foi utilizado o mesmo delineamento com três tratamento e três repetições.

2.3 Resultados e discussão

Esse estudo representa a primeira avaliação contundente e detalhada sobre trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” em *E. foetidum*, com base em experimento sistemático e análise estatística, embora a espécie seja amplamente cultivada e conhecida na região amazônica. O trabalho apresentou resultados interessantes sobre os efeitos de diferentes fontes de adubação do solo nas respostas fisiológicas da planta ao tipo de origem do adubo, bem como na produção no volume de óleo, e são descritos a seguir.

2.3.1. Trocas gasosas

As diferentes fontes de adubação não promoveram influência significativa para a P_N - assimilação de carbono CO_2 (Figura 1-A). As plantas de Chicória-do-Pará desempenharam normalmente suas funções para este parâmetro, possivelmente as diferentes fontes de adubação subsidiam nutrientes (N, P e K) para o desempenho da assimilação de CO_2 .

A g_s foi influenciada significativamente nas plantas submetidas à diferentes fontes de adubação (figura 1-B), das plantas cultivadas por meio da adubação mineral T2 e controle T3, não diferenciaram entre si. No entanto, ambas diferiram para maior média daquelas cultivadas na adubação orgânica T1.

Ainda na variável g_s Condutância estomática T2 e T3 obtiveram valores superiores, possibilitando inferir que nessas condições, fisiologicamente as plantas possuem níveis mais elevados de transpiração em relação à T1, como mostrado no gráfico da (Figura 1-D).

A diminuição na g_s em T1 a adubação orgânica, ainda não está completamente elucidada. Contudo, tal declínio pode ocorrer em função de vários fatores simultâneos, como por exemplo, a redução da concentração de potássio foliar, elemento importante para o

funcionamento normal dos estômatos (Dias et al 2018). Segundo Fukayma (2008), em adubos orgânicos à base de cama de aviário observa-se que o potássio (K) está em menor percentual em relação ao nitrogênio (N) e fosforo (P). Como relatado acima, no tratamento orgânico T1 os estômatos tiveram médias inferiores de condutância estomática.

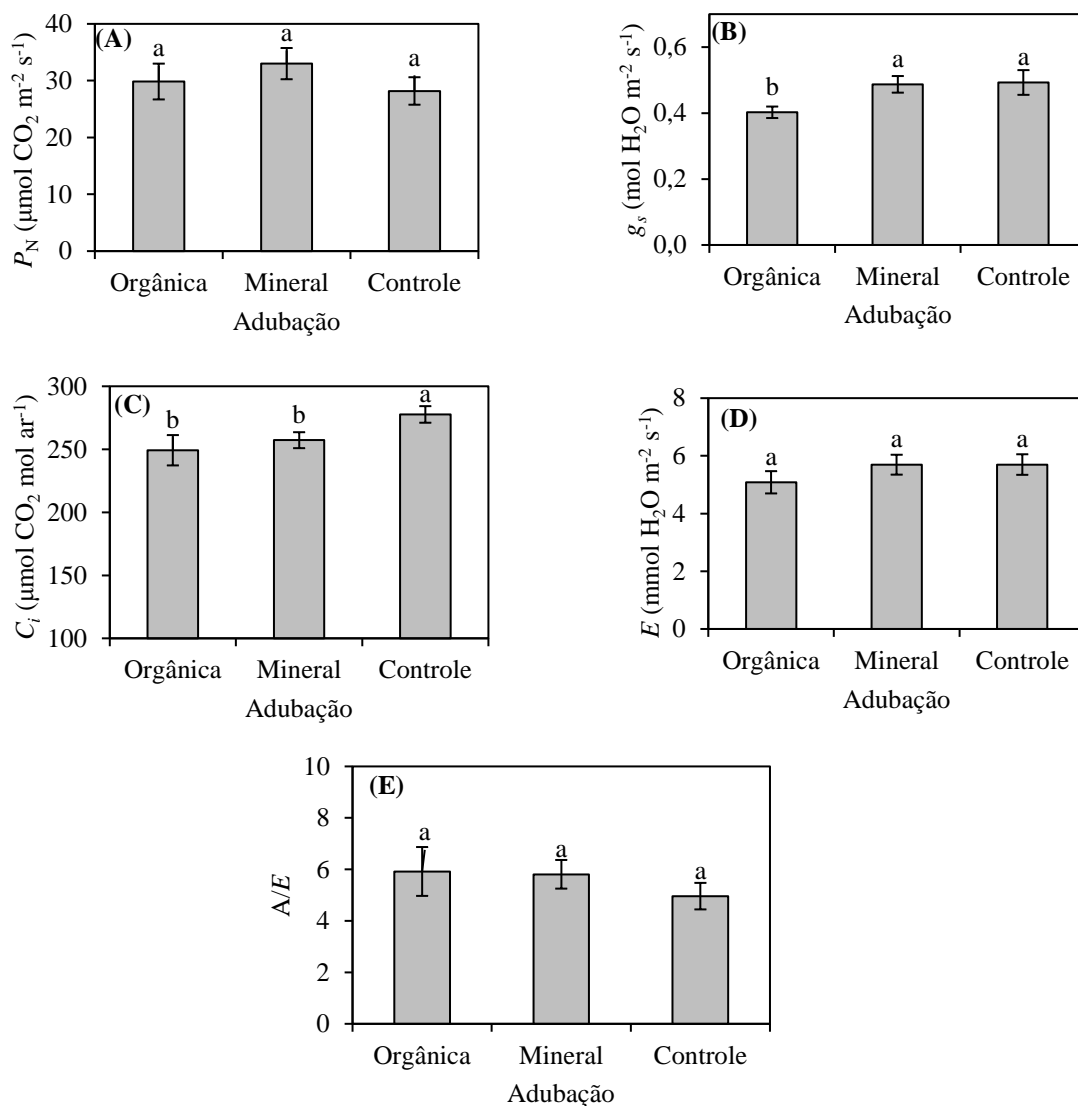


Figura 1. P_n – taxa de assimilação de CO_2 (A), g_s - condutância estomática (B), C_i - concentração intercelular de CO_2 (C), E – transpiração (D) e A/E uso eficiente da água (E) em folhas de plantas de Chicória fertilizadas com diferentes fontes de adubação. Letras minúsculas iguais indicam diferenças não significativas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK), $P \leq 0,05$.

A variável C_i - concentração intercelular de CO_2 , apresentou influência significativa tendo maior média para o tratamento controle T3, diferenciando - se de T1 e T2 (Figura 1-C). Segundo Taiz & Zeiger (2013), quanto maior a concentração de CO_2 intercelulares nas plantas, provavelmente menor será a taxa de assimilação de carbono, possivelmente este fato pode ter ocorrido em plantas de chicória-do-Pará cultivadas no tratamento controle. As variáveis da E -transpiração e A/E - uso eficiente da água não obtiveram diferenças estatísticas entre os tratamentos, demonstrando a eficiência dessas funções independente ao tipo de adubação utilizada.

2.3.2. *Fluorescência da clorofila "a"*

As diferentes fontes de adubação não afetaram o fotossistema II, pois não houve diferenças estatística nas variáveis analisadas, a espécie estudada desempenhou suas funções normalmente para realização de seu metabolismo. Porém, tendências ao tipo de adubação podem ser observadas nos gráficos da (Figura 02).

Para as fontes de adubação, não houve diferença significativa na taxa de transporte de elétrons (A), e Rendimento quântico do PSII- $\Phi PSII$ (B) da espécie.

A variável ETR, que mede taxa de transporte de elétrons entre o PSII e PSI, permaneceu estável, pois não houve diferença significativa com valores de 172,22, 172,93 e 157,52. Isto significa que a energia, proveniente dos fótons, ao entrar em contato com a molécula de clorofila, a estimula para um estado de excitação, elevando para um nível superior de energia, impulsionando um fluxo contínuo de elétrons entre os dois sistemas (Bezerra, Cavalcante, Bezerra, Silva, Oliveira, & Medeiros, 2019).

O $\phi PSII$, rendimento quântico do PSII, é a variável que mede a eficiência do desempenho fotossintético da planta após a adaptação dos sistemas ao escuro. Neste estudo, as diferentes fontes de adubação não afetaram significativamente plantas de *E. foetidum*.

Porém podemos observar uma redução de valores do rendimento quântico de 0,359 para plantas cultivadas no tratamento controle.

Na fluorescência inicial (F_o), não se observou efeito significativo em relação as diferentes fontes de adubação. Dessa forma, os tratamentos utilizados na F_o em *E. foetidum* demonstraram que todos os centros de reações estão abertos. Porém, nota-se a ocorrência de uma leve tendência a melhores respostas para o adubo mineral, em relação à T1 e T2.

Quanto à fluorescência máxima (F_m), verificou-se uma linearidade entre os valores para cada tipo de adubação, provavelmente toda a quinona é reduzida aos centros de reações fotoquímicas, indicando a intensidade máxima de fluorescência.

A eficiência fotoquímica máxima (F_v/F_m) para as diferentes fontes de adubação teve valores de 0,7432, 0,7348, e 0,7500. Quando esta variável apresenta valores inferiores a 0,7500, indica uma redução no potencial fotossintético da planta, fato que não ocorreu no experimento, pois o aparato fotossintético das plantas de *E. foetidum* mostrou-se intacto.

O coeficiente de dissipação fotoquímica (q_P) não exibiu significância estatística, ou seja, os centros de reações permaneceram abertos, evitando a saturação da fotossíntese pela luz. A espécie desempenhou normalmente suas funções de dissipação fotoquímica, com valores de 0,696595, 0,64313 e 0,62076.

A variável correspondente ao coeficiente de dissipação não-fotoquímica (q_N) pode ser relacionada com processos de fotoinibição e fotoproteção, pois mede a eficiência da dissipação do excesso de energia por calor na adaptação das plantas no escuro. No experimento, as diferentes fontes de adubação não interferiram de forma significativa, resultando nos valores 0,303405, 0,35687 e 0,37924.

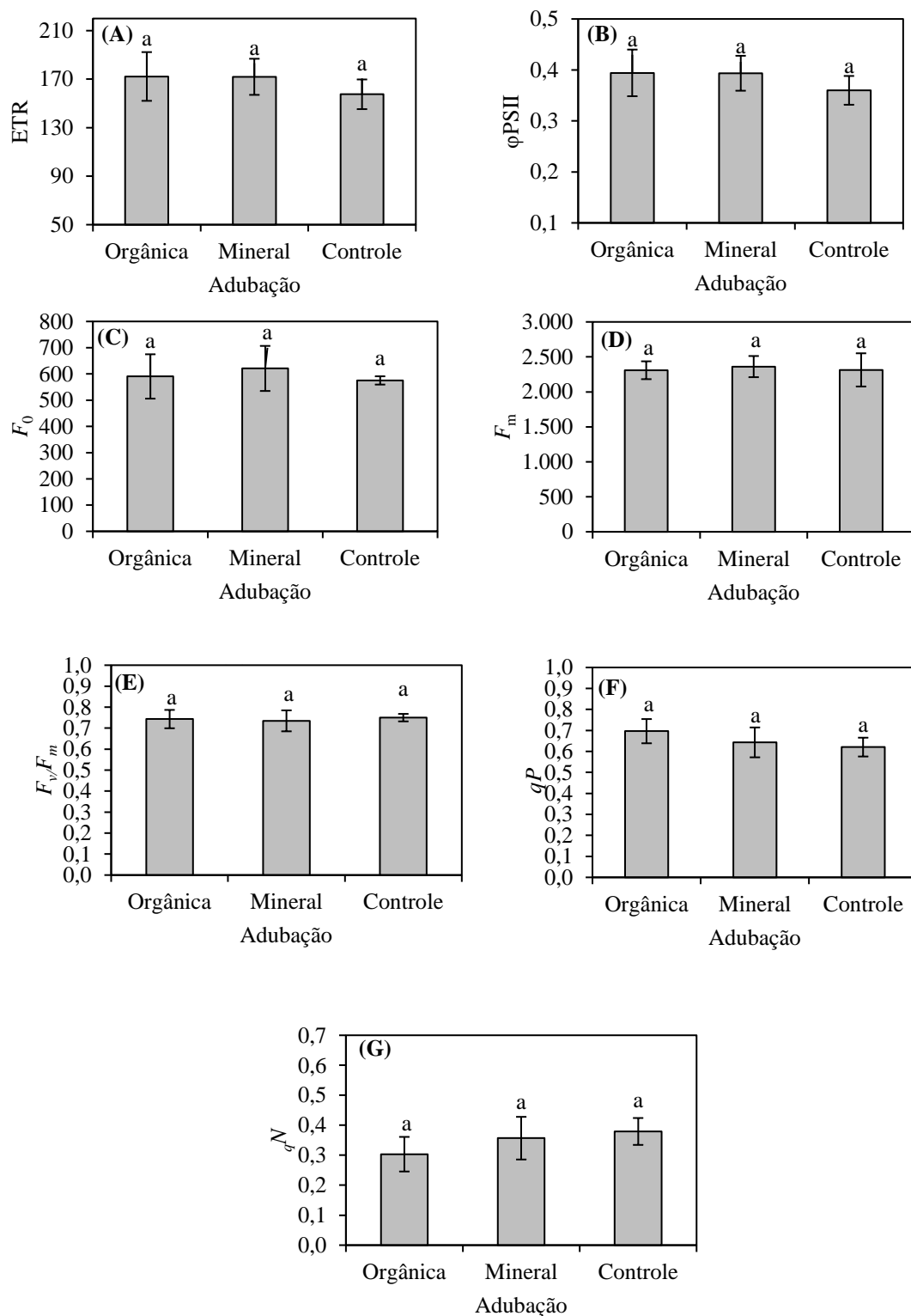


Figura 2. ETR - Taxa de transporte de elétrons (A), ϕ_{PSII} - Rendimento quântico do PSII (B) F_0 - fluorescência inicial (C), F_m - fluorescência máxima (D), F_v/F_m – eficiência fotoquímica máxima (E), qP – coeficiente de dissipação fotoquímica (F), qN – coeficiente de dissipação não-fotoquímica (G). Letras minúsculas iguais indicam diferenças não significativas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK), $P \leq 0,05$

2.3.3 Volume de óleo essencial obtido

As médias do volume de óleo essencial das folhas de *E. foetidum* obtiveram diferenças significativas, onde o valor de $0,05 \pm 0,000$ mL de amostras referentes a espécimes cultivadas por meio de adubação orgânica diferenciou-se das demais fontes de adubação mineral e controle. Por outro lado, a maior quantidade de massa seca produzida foi a fonte de adubação orgânica, tanto para as folhas (316,92 g) quanto para as raízes (80,70g), Tabela 1. Segundo Nalepa & Carvalho (2007), adubos orgânicos são ricos em nitrogênio, presente em estruturas proteicas sintetizadas pelas plantas, influenciando na produção de biomassa. Dessa forma, o manejo com adubação orgânica resulta maior produtividade de biomassa, consequentemente proporciona um aumento da produção de óleo essencial por hectare (Luz, Morais, Blank, & Oliveira, 2009).

Para o tratamento mineral e controle, o volume de óleo essencial das folhas não demonstrou diferenças significativas entre si, com médias de $0,08 \pm 0,029$ e $0,1 \pm 0,000$ respectivamente (Tabela 1), o que indica que a espécie obteve maiores volumes de óleo essencial em relação ao tratamento orgânico. Este fato possivelmente deve-se às características do solo, além de um possível início processo de salinização influenciada pelo adubo mineral (Cruz et al., 2006). Fertilizantes químicos são classificados como um sal, podendo provocar estresse por salinidade, afetando o metabolismo vegetal, consequentemente influenciando produção de metabolitos secundários; uma das formas do vegetal se proteger é produzindo compostos antioxidantes na busca de sobreviver ao estresse causado por fatores bióticos e abióticos (Schossler, Machado, Zuffo, Andrade, & Piauilino, 2012; Alves et al., 2015).

Tabela 1. Volume de óleos essenciais (mL) e Massa seca (g) de folhas e raízes de *Eryngium foetidum* L.

Fontes de adubações	Folhas		Raízes	
	Volume OE mL	Massa total g	Volume OE mL	Massa total g
Org. T1	0,05 ± 0,000 ^b	316,92	<0,05	10,41
Min. T2	0,08 ± 0,029 ^a	177,96	0,1	10,85
Cont. T3	0,1 ± 0,000 ^a	164,09	0,05	9,09

Legenda: Letras minúsculas iguais indicam diferenças não significativas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK), $P \leq 0,05$.

2.4. Conclusão

As diferentes fontes de adubação para as variáveis de trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” apontam que a espécie responde bem ao desempenhando de suas funções fisiológicas essenciais, bem como na estabilidade do fotossistema PS II.

Os resultados fornecem indícios da existência de um forte efeito para o cultivo à base de adubação mineral, voltados para o volume de óleo essencial das folhas e raízes. Por outro lado, maior biomassa das folhas, em plantas cultivadas a base adubo orgânico, indicam que este é o melhor tratamento para fins de melhores quantidades de matéria prima produzida.

Agradecimentos

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

Referência

- Adams, R. P. (2007). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*. Allured Publishing Corporation, Carol Stream.
- Alves, L., Paz, V., Silva, A., Oliveira, G., Oliveira, F., & Amorim, E. (2015). Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de plantas de manjeriço

submetidas ao estresse salino com NaCl. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 17(4), 807-813. https://doi.org/10.1590/1983-084X/14_031

Apiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB15529>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

Bezerra, M. A., Cavalcante, L. F., Bezerra, F. T., Silva, A. R., Oliveira, F. F., & Medeiros, S. A. (2019). Saline Water, Pit Coating and Calcium Fertilization on Chlorophyll, Fluorescence, Gas Exchange and Production in Passion Fruit. *Journal of Agricultural Science*, 11(2).

Campos, R. A. S. (2014). *Produtividade, compostos bioativos e atividade antioxidante em Eryngium foetidum L.* (Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho). Retrieved from <http://hdl.handle.net/11449/108725>.

Cravo, M.S., Viégas, I.J.M., & Brasil, E.C. (2007). Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental.

Cruz, J. L., Pelacani, C. R., Coelho, E. F., Caldas, R. C., Almeida, A. Q. D., & Queiroz, J. R. D. (2006). Influência da salinidade sobre o crescimento, absorção e distribuição de sódio, cloro e macronutrientes em plântulas de maracujazeiro-amarelo. *Bragantia*, 65(2), 275-284. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/brag/v65n2/30488.pdf>.

De Oliveira Gondim, A. R., Santos, J. L. G., Lira, R. P., Brito, M. E. B., & Pereira, F. H. F. (2015). Atividade fotossintética da beterraba submetidas a adubação mineral e esterco bovino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10(2), 61-65. <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i2.3438>.

- Dias, A.S., Lima, G.S., Gheyi, H.R., Nobre, R.G., Fernandes, P.D., & Silva, F.A. (2018). Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. *Irriga*, 23(2), 220-234. Retrieved from <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2304>.
- Ferreira, R.S.; Figueredo, L.F.; Andrade, F.H.A.; Maia Júnior, S.O.; Moraes, R.R. & Pedroza, J.P. (2017). Influência da adubação orgânica e mineral no comportamento fisiológico da mamoeira BRS energia em ambiente protegido. *Revista Espacios*, 38(44), 19. Retrieved from <http://www.revistaespacios.com/a17v38n44/17384419.html>
- Freire, M. de F.I. (2004). Plantas medicinais: a importância do saber cultivar. *Revista Científica Eletrônica Agronomia*, 5, 1-9, disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/7ucemh9Yj4dcHPw_2013-4-26-12-10-36.pdf
- Fukayama, E.H. (2008) *Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeito na produção de biogás e biofertilizantes*. (Doctoral dissertation, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, São Paulo, Brasil). Retrieved from <http://javali.fcav.unesp.br/sgcd/Home/download/pgtrabs/zoo/d/2833.pdf>.
- Genty, B., Briantais, J. M., & Baker, N. R. (1989). The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 990(1), 87-92.
- Gomes, R.F., Silva, J.P., Gusmão, S.N., & Souza, G.T. (2013). Produção de chicória da amazônia cultivada sob densidades de cultivo e poda do pendão floral. *Revista Caatinga*, Mossoró, 26 (3), 9-14. Retrieved from https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2573/pdf_50

- Jesus, M. S., Fernandes, L. A., Fonseca, F. S. A., Rocha, S. M. G., & Martins, E. R. (2016). Crescimento e composição do óleo essencial de mudas de *Eucalyptus globulus* (Labill) adubadas com nitrogênio e potássio. *Caderno de Ciências Agrária*, 8(2), 1-8. Retrieved from <https://seer.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/1746/2159>.
- Luz, J. M. Q., Morais, T. P. S., Blank, A. F., Sodré, A. C., & Oliveira, G. S. (2009). Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de manjerição sob doses de cama de frango. *Horticultura Brasileira*, 27(3), 349-353. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/hb/v27n3/v27n3a16>.
- Maxwell, K., & Johnson, G. N. (2000). Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of experimental botany*, 51(345), 659-668.
- Maia, S. S., Pinto, J. E., Silva, F. N. D., & Oliveira, C. D. (2008). Influência da adubação orgânica e mineral no cultivo do bamburral (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.) (Lamiaceae). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 3(4), 327-331. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/1190/119017357005/>
- Morais, L. A. S. (2009). Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. *Horticultura Brasileira*, 27(2), 4050-4063. Retrieved from <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/577686>.
- Oliveira, R.J.P., Gatiboni, L.C., Brunetto, G., Miquelluti, D.J., & Valicheski, R.R. (2017). Resposta da beterraba a adubação com nitrogênio, enxofre e micronutrientes em um Cambissolo Háplico. *Horticultura Brasileira*, 35, 063-068. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170110>
- Paul, J.H.A., Seaforth, C.E., & Tikasingh, T. (2011). *Eryngium foetidum* L.: A review. *Fitoterapia*, 82, 302-308. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2010.11.010>.

- Santos, H.F., Marco, C.A., Innecco, R., Silva, T.I., Bezerra, A.E., Oliveira, C.W., ... Chaves, J.T.L. (2017). Influência de lâminas de irrigação na biomassa, teor e composição química do óleo essencial de manjerição. *Revista Espacios*, 38(27), 21. Retrieved from <http://www.revistaespacios.com/a17v38n27/a17v38n27p21.pdf>
- Schossler, T. R., Machado, D. M., Zuffo, A. M., Andrade, F. D., & Piauilino, A. C. (2012). Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. *Enciclopédia Biosfera*, 8(15), 1563-1578. *Enciclopédia Biosfera*, 8(15), 1563-1578. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Alan_Zuffo/publication/258808218_Salinidad_e_Efeitos_na_fisiologia_e_na_nutricao_mineral_de_plantas/links/0a85e53ac8dd66352a000000/Salinidade-Efeitos-na-fisiologia-e-na-nutricao-mineral-de-plantas.pdf
- Seixas, P. T. L., Castro, H. G., Cardoso, D. P., Júnior, A. F. C., Nascimento, I. R., Almeida, L. C. B. (2013). Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. *Bioscience Journal*, 29(4), 852-858. Retrieved from <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15050/12891>.
- Silva, C. D. S., Santos, P. A. A., Lira, J. M. S., Santana, M. C., & Silva Junior, C. D. (2010). Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. *Revista Caatinga*, 23, 7-13. Retrieved from <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1479>.
- Silva, V.A., Silva, A.N, Seabra Júnior, S., Borges, L.S., & Souza, M.A. (2016). Lenvantamento do cultivo do coentrão (*Eryngium foetidum* L.) nas áreas produtoras de cáceres-MT. *Revista cultivando o saber*, 9(1),70-83. Retrieved from https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/57746a41661d2.pdf
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2013). *Fisiologia Vegetal*. (5th ed.). Porto Alegre: Artmed.

Villachica, H. (1996). *Frutales y hortalizas promisorios de la Amazônia*. Lima: Tratado de Cooperacion Amazônica.

Yokota, L.H.T., Iossaqui, C.G., Hoshino, E.A., & Souza, J.R.P. (2015). Adubação foliar no desenvolvimento e produção de óleo essencial de manjerição. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, 17(4), 975-979. http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/14_084

3 CAPÍTULO 2 - RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Eryngium foetidum* L. CULTIVADA EM DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO

Thiara Luana Mamoré Rodrigues, Eloisa Helena de Aguiar Andrade, Rafael Gomes Viana.

Artigo a ser enviado para a revista:

Journal of Agricultural Science;

ISSN 1916-9752

E-ISSN 1916-9760

Published by Canadian Center of Science and Education

Para fins de maximizar o processo de leitura, o manuscrito está formatado sob as normas da revista, exceto fonte (10) e espaçamento entre linhas (pelo menos 12 pt) exigidos no momento da submissão.

Rendimento e composição química do óleo essencial de *Eryngium foetidum* L. cultivada em diferentes fontes de adubação

Thiara L. Mamoré-R.¹, Rafael G. Viana², Eloisa H. de A. Andrade³

1. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará, Brasil.

2. Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, Brasil

Correspondência: Thiara L. Mamoré-R. Coordenação de Botânica, Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, nº 1900, Belém, Pará, Brasil. E-mail: thiaramamore@gmail.com

3. Coordenação de Botânica, Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará, Brasil.

Resumo

Chicória-do-Pará (*Eryngium foetidum* L.) é uma erva nativa da Amazônia e tem despertado interesse por suas propriedades alimentícias (aromatizante) e medicinais (analgésica, antipirética e anti-inflamatória). O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de adubação (orgânico, mineral e controle) no desenvolvimento de *E. foetidum*, bem como rendimento e perfil químico do óleo essencial obtido de folhas e raízes desses indivíduos. O experimento foi conduzido no horto botânico Jaques Uber do campus de pesquisa Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG). As amostras foram secas em estufas (34° C) e submetidas a hidrodestilação em sistemas de vidro do tipo Clevenger modificado durante 3 horas. A composição química dos constituintes voláteis foi analisada por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG/EM), em sistema Shimadzu QP-2010, os constituintes químicos do óleo essencial de *E. foetidum* ($\geq 1\%$) foram submetidos a análise multivariada HCA e PCA. Obteve-se maior rendimento para as amostras de folhas com adubo mineral (0,18) e controle (0,22), enquanto que com as raízes foi mineral (0,22). Através da análise dos componentes principais formaram-se dois grupos; o primeiro é formado por raízes (OrgR, MinR e ConR), caracterizado pelos constituintes 2,3,4-Trimetilbenzaldeído, Muurolo-4,10(14)-dien-1 β -ol, Isoshyobunona, (MM=222) sesq. Oxigenado, para-Menta-1,5-dien-8-ol, 6-Canfenona, (E)- γ -Atlantona, (E)- β -Farneseno e (Z)- γ -Atlantona; o segundo grupo compreende as folhas (OrgF, MinF, ConF), relacionado aos componentes (2E)-2-Dodecenal, *trans*-2-Tetradecenal, 1-Dodecanal, 1-Decanal, Tetradecanal, γ -Terpineno, Mesitileno, *p*-Cimeno, α -Pineno, 1-Undecanal, Carotol, Tetradec-1-eno.

Palavras chave: Aldeídos, Chicória-do-Pará; (2E)-2-Dodecenal; 2,3,4-Trimetilbenzaldeído

3.1 Introdução

Plantas aromáticas sintetizam um abrangente repertório de biomoléculas de origem do metabolismo secundário, compostos orgânicos normalmente encontrados no óleo essencial (Morais, 2009). Óleos essenciais são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas e líquidas que apresentam uma interface com o meio ambiente e fatores abióticos, tais como temperatura, luminosidade, propriedades físico-químicas do solo e nutrientes disponíveis às plantas (Morais, 2009; Pegoraro, Falkenberg, Voltolini, Santos & Paulilo, 2010). No que se refere a nutrição das plantas aromáticas, a disponibilidade e a fonte oriunda dos nutrientes, podem interferir no rendimento e nos metabolitos secundários, modificando qualitativamente o perfil químico dos óleos essenciais (Morais, 2009).

Dentre as famílias botânicas produtores de óleo essencial, Apiaceae Lindl. é uma das mais representativas entre as angiospermas, com aproximadamente 400 gêneros e 3700 espécies, distribuídos principalmente nas regiões temperadas no hemisfério Norte e Sul e conhecidas por possuírem ductos secretores de óleo essencial (Fiaschi, 2018). Dentre as espécies de Apiaceae, muitas são conhecidas por sua importância medicinal, aromática e condimentar, com destaque para erva-doce (*Pimpinella anisum* L.), endro (*Anethum graveolens* L.) funcho (*Foeniculum vulgare* Mill.), coentro (*Corindrum sativum* L.) e chicória-do-Pará (*Eryngium foetidum* L.) (Judd, Campbell, Kellogg, Stevens & Donoghue, 2009; Couto, 2006; Duarte, 2006; Campos, 2014).

Também conhecida vulgarmente como coentrão e chicória-da-Amazônia, *E. foetidum* é uma olerícola tropical aromática, herbácea (8-40 cm de altura), nativa da América Central e latina, encontrada por toda região Amazônica (Campos, 2014). A espécie é muito apreciada no Norte do Brasil como condimento em pratos típicos, devido à presença da substância Eryngial (*trans*-2-dodecenal) nas suas folhas, o que atribui sabor e aroma característicos aos alimentos, além de ser aplicada na medicina tradicional devido às suas

propriedades anti-inflamatória, analgésica e antipirética (Villachica, 1996; Mozumder, Moniruzzaman, Rahman, Sarker & Faisal, 2010; Paul, 2011).

Normalmente, a composição química do óleo essencial de chicória-do-Pará apresenta perfil químico, com maior relevância dos compostos 2,3,6-trimetilbenzaldeído (5,5-23,7%), (E)-2-dodecenal (15,9-37,5%) e (E)-2-tetracenal (18,7-25,3%), como mostrado nos estudos de Wong, Feng, Sam & Tan (1994); Pino, Rosado & Fuentes (1997), Leclercq, Duñ, Lô & Taanh (1992); Martins, Salgueiro & Cunha (2003) e Cardozo, Rubio & Rojas (2004). Wong et al, (1994) relata ainda que (E)-2-dodecenal está presente em maior percentual em relação aos demais constituintes químicos, no geral havendo uma predominância de aldeídos (Paul et al, 2011).

Devido às propriedades químicas de seus componentes, como por exemplo, a função antioxidante de compostos fenólicos, assim como a atividades antifúngica e bactericida dos aldeídos acíclicos (Begnami, 2008; Carochó & Ferreira, 2013; Campos, 2014), o óleo essencial de *E. foetidum* possui um grande valor comercial principalmente no mercado internacional, por ter uma vasta utilização potencial no campo de indústrias farmacêuticas, cosméticas e alimentícias (Souza, Meira, Figueiredo & Martins, 2010). Porém, apesar da importância de *E. foetidum* para a indústria farmacêutica e alimentícia, ainda são incipientes estudos direcionados para o cultivo e manejo, voltados para a produção do rendimento, e da qualidade do perfil químico do óleo essencial. Além disso, não há referência científica ou indicação agronômica confiável para a adubação da espécie até o momento (Gomes, Silva, Gusmão & Souza, 2013). Assim como nenhum trabalho avaliou qualitativamente a interação dos constituintes dos óleos essenciais quanto às suas diferentes partes (folhas e raízes) sob o efeito de diferentes fontes de adubação.

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar rendimento e perfil químico do óleo essencial de folhas e raízes de *E. foetidum*, assim como o efeito de diferentes fontes de adubação. Para isso, o óleo essencial de *E. foetidum* foi extraído a partir das folhas e das raízes secas dos indivíduos, cultivados em solo natural e à base de adubação mineral e orgânica, e utilizado para testar se: (i) há diferença no rendimento do óleo essencial entre folhas e raízes; (ii) há diferença entre o rendimento quanto ao tipo de adubação; (iii) há relação qualitativa do perfil químico entre folhas e raízes (iv) o perfil químico do óleo essencial fornece evidências para indicação sobre as fontes de adubação.

3.2 Material e métodos

3.2.1. Obtenção das mudas e montagem do experimento

As sementes de *E. foetidum* foram coletadas em canteiros experimentais no Centro de Pesquisa em Horticultura, da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém-Pará (1° 27' 22" S 48° 26' 14" W) e levadas para Horto Botânico Jacques Huber, localizado no *campus* de pesquisa Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Belém-PA, onde todo o experimento foi conduzido. O semeio para a produção de mudas foi realizado diretamente em substrato orgânico de origem vegetal, contido em bandejas de polietileno e mantidas em bancadas a cerca de 80 cm de altura do solo, em 50% de luminosidade natural e temperatura ambiente (~30° C).

Aproximadamente 35 dias após a germinação, com as três primeiras folhas totalmente expandidas, foram selecionadas 600 mudas mais vigorosas e livres de herbivoria para o transplante em três canteiros suspensos, cobertos com lona agrícola transparente, medindo 4 m² por canteiro (total de 12 m²), cada um contendo 200 mudas, com 14 cm de espaçamento entre elas, regadas de forma padronizada por meio de aspersores. O solo utilizado nesta fase do experimento era naturalmente composto por: pH (H₂O) = 5,3; H

+ Al = 4,62 cmol_c/dm³, Mg + Ca = 1,7 cmol_c/dm³ Ca = 1,4 cmol_c/dm³, P = 5,0 mg dm⁻³; K = 31 mg dm⁻³, N = 0,06 % ; CTC = 6,43 (total) cmol_c/dm³ e V% = 28,18 %. No entanto, cada canteiro recebeu substratos variados quanto à sua constituição por diferentes origens de adubação do solo: i) orgânica, ii) mineral e iii) natural (testemunha). Os métodos de adubação estão de acordo com as recomendações do livro ‘Adubação e calagem do estado do Pará’ (Cravo et al., 2007), com adaptações descritas a seguir. Foi utilizada a cama de aviário como fonte de adubo orgânico, utilizando-se 3kg/ m² aplicados ao substrato 25 dias antes do transplante das mudas. Para a adubação mineral, foi adotado como parâmetro o cálculo de adubação da espécie *Coriandrum sativum* L. (coentro; Apiaceae), sendo 1,5 Kg/ 4 m² de calcário dolomítico para calagem e 230g/ 4 m² P₂O₅, 80g / 4 m² K₂O e 18g/ 4 m² N para adubação. Já na adubação testemunha, foi mantido o solo natural, com acidez corrigida para PH próximo a 5,5, criando, assim, um meio adequado para melhor absorção de nutrientes naturalmente presentes no solo. Ao longo de todo o experimento, o desenvolvimento de estruturas reprodutivas da planta foi evitado por meio da poda da inflorescência, segundo Gomes et al. (2013).

3.2.2. Processamento da planta

As extrações do óleo essencial de *E. foetidum* foram feitas ao final do experimento, em torno de 45 dias, com a remoção dos 600 indivíduos com as partes vegetativas completas (raízes e folhas). Uma amostra foi gerada a partir de cada tratamento, totalizando três amostras, postas para secar diretamente em estufa com ventilação, a temperatura média de 34° C por aproximadamente sete dias. Posteriormente, folhas e raízes foram separadas, resultando em duas amostras por tratamento e um total de seis amostras. Cada uma delas foi fragmentada com moinho de faca, homogeneizada, pesada em frações de 50g e submetida à hidrodestilação em sistemas de vidro do tipo Clevenger modificado, durante 3 horas, acoplado a um sistema de refrigeração para manutenção da água de condensação

em torno de 12° C. Após a extração, os óleos foram centrifugados durante 5 min a 3000 rpm, desidratados com sulfato de sódio anidro e novamente centrifugados nas mesmas condições. Os óleos foram armazenados em ampolas de vidro âmbar, vedadas com chama e, acondicionados em geladeira a 5° C.

3.2.3. Cálculo do rendimento do óleo essencial extraído

O rendimento (%) do óleo essencial foi extraído da biomassa seca, foi calculado através da Equação BLU (1), que expressa a relação do volume de óleo contido e a massa seca da amostra. Para a determinação de umidade, utilizou-se 3g de material botânico seco na balança determinadora de umidade, com infravermelho.

$$\% \text{ óleo BLU} = \left[\frac{\text{Volume do óleo obtido (mL)}}{\text{massa do material botânico (g)} - \left(\frac{\text{massa do material botânico} \times \text{umidade}}{100\%} \right)} \right] \times 100\% \quad (1)$$

3.2.4. Composição química do óleo essencial

Os óleos essenciais foram analisados quanto à composição química, por meio de cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM), em sistema Shimadzu QP-2010 Plus equipado com coluna capilar Rtx-5MS (30 m x 0,25 mm; 0,25 µm de espessura de filme) nas condições operacionais descritas a seguir. Gás de arraste: hélio, em velocidade linear de 36,5 cm/s; tipo de injeção: sem divisão de fluxo (1 µL de uma solução de 2 µL de óleo em 1 mL de hexano); temperatura do injetor e do detector: 250° C; programa de temperatura do forno: 60 – 250° C (3° C/min); EM: impacto eletrônico, 70 e V; temperatura da fonte de íons e partes de conexão: 200° C. A identificação foi feita por comparação dos espectros de massas e índices de retenção (IR) com os de substâncias padrão existentes nas bibliotecas do sistema e, com dados da literatura (Adams, 2007). Os IR foram obtidos utilizando a série homóloga dos n-alcanos. A quantificação dos componentes foi obtida através de cromatografia de gás (CG) em

equipamento Shimadzu QP-2010, equipado com detector de ionização de chama (DIC), nas mesmas condições operacionais acima, exceto o gás de arraste que foi o hidrogênio.

3.2.8. Análise estatística

Análise estatística foi aplicada somente para as folhas, pois a quantidade de biomassa obtida no experimento foi o suficiente para obter médias estatisticamente comparáveis, fato que não ocorreu para as raízes de *E. foetidum*. As médias do rendimento foram submetidas ao teste Student-Newman-Keuls (SNK), $P \leq 0,05$. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado com três tratamentos e três repetições.

Os constituintes ($\geq 1\%$) dos óleos essenciais das folhas e raízes de *E. foetidum*, de indivíduos cultivados em diferentes fontes de adubação (orgânico, mineral e controle) foram submetidos a análise de agrupamento hierárquico (HCA) e análise de componentes principais (PCA) utilizando software Minitab (free 390 version, Minitab Inc., State College, PA, USA). Antes da PCA e da HCA, uma matriz de dados 6 x 22 (onde 6 são os órgãos (folhas e raízes) do vegetal e as diferentes fontes de adubação e 22 os constituintes químicos), foi pré-processada utilizando o auto escalonamento, onde cada variável é centrada na média e dividida pelo seu desvio padrão, para que todas as variáveis (constituintes químicos) passam a ter a mesma importância, ou seja, o mesmo peso [1,2].

3.3 Resultados e Discussão

Esse trabalho apresenta a primeira avaliação específica e detalhada sobre o rendimento e perfil químico do óleo essencial de *E. foetidum*, com base em experimentação sistemática e análise estatística, apesar do amplo cultivo e uso da espécie praticados na região amazônica. O trabalho apresentou resultados interessantes sobre os efeitos de diferentes fontes de adubação do solo na quantidade produzida e constituintes químicos presentes no óleo essencial da chicória-do-Pará, e são descritos a seguir.

3.3.1 Rendimento

Os rendimentos dos óleos essenciais de folhas e raízes de *E. foetidum*, de indivíduos cultivados a base de adubação orgânico, mineral e controle foram de 0,11 %, 0,18% e 0,22% e <0,11%, 0,22% e 0,10%, respectivamente (Tabela 1). O teste Student-Newman-Keuls (SNK) foi aplicado unicamente para as amostras de folhas, pois a baixa produção de biomassa das raízes resultou em amostras insuficientes, inviabilizando a análise das médias do rendimento do óleo essencial deste órgão da planta. Dessa forma, significância estatística ($P \leq 0,05$) foi encontrada somente para as médias dos rendimentos do óleo essencial das folhas de plantas cultivadas apenas com adubação mineral e controle (Tabela 1).

Comparativamente, amostras de folhas e raízes de *E. foetidum* cultivadas com adubação mineral e controle, obtiveram rendimentos superiores aos registrados por outros trabalhos. Por exemplo, no estudo de Thomas, Essien, Ntuk & Choudha, (2017) os rendimentos de óleos por hidrodestilação de folhas e raízes de *E. foetidum* foram 0,2% e 0,17%, respectivamente, enquanto que Chandrika, Thara Saraswathi & Mallavarapu (2015) encontraram variações de 0,12% a 0,19% no rendimento do óleo essencial de folhas e raízes de *E. foetidum* coletadas na Índia.

As divergências entre os valores de rendimento encontrados para amostras de cada tipo de adubo são evidências de que o rendimento do óleo essencial pode ser influenciado pelo tipo de adubação aplicado ao cultivo de plantas aromáticas (Moraes, 2009). Neste estudo, foram encontrados menores percentuais em relação ao rendimento de plantas cultivadas por meio de adubação orgânica (cama de aviário curtida) tanto nas folhas quanto para as raízes (Tabela 1). Os valores indicam menor efeito do tipo de adubo orgânico no rendimento de óleo de *E. foetidum*. Resultados semelhantes foram encontrados por Nalepa & Carvalho, (2007), que avaliaram a influência da adubação orgânica (cama de

aviário curtida) em diferentes doses no rendimento do óleo essencial de *Chamomilla recutita* L. e relataram que não houve diferenças significativas no rendimento do óleo essencial. Da mesma forma, nos trabalhos de Blank, Sodre & Oliveira (2009) e Biasi et al. (2009), a alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) responde pouco à adubação orgânica, em relação à teores do óleo essencial.

Seixas et al. (2013) avaliaram o rendimento do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* L. em diferentes doses de NPK, observaram elevações no teor do óleo essencial de acordo com o acréscimo na dose de adubo, tendo 100% (1,51%) e 150% de NPK (1,61%). Na dose de 50% o teor de óleo foi de 1,45% e na amostra testemunha foi obtido o menor valor em teor de óleo essencial (1,35%) respostas positiva dada por algumas espécies aromáticas à adubação mineral é atribuída à oferta de quantidade significativa de nutrientes absorvíveis pelas plantas (Taiz & Zeiger, 2013).

No trabalho de Amaral et al. (2008) avaliaram a influência da adubação orgânica e mineral no rendimento do óleo essencial de camomila (*Chamomilla recutita* L.), o trabalho versa que os tratamentos: (100% NPK mineral; 50% de N e 100% de PK orgânico; 100% de NPK orgânico; 150% de N e 100% de PK orgânico; 100% N orgânico e PK mineral) não influenciaram significativamente no teor do óleo essencial. Porém obteve-se maior produtividade com o tratamento de maior dose (N 150% e PK 100% orgânico) devido ao aumento da biomassa das plantas.

Luz et al. (2009) evidenciaram efeitos positivos em espécies aromáticas, que tiveram maior percentual do rendimento e teor dos constituintes químicos do óleo essencial, sob condições de estresse nutricional. Tais aspectos podem estar relacionados à diferença estatística do rendimento de óleo nas folhas da amostra do tratamento controle em relação à adubação orgânica encontrada neste estudo (Tabela 1).

Tabela 1. Rendimento (%) de óleos essenciais (BLU) e umidade (%) de folhas e raízes de *Eryngium foetidum* L.

Fontes de adubações	Folhas		Raízes	
	Óleo %	Umidade %	Óleo %	Umidade%
Org. T1	0,11 ^b	10,33	<0,11	10,41
Min. T2	0,18 ^a	10,55	0,22	10,85
Cont. T3	0,22 ^a	10,96	0,10	9,09

Legenda: Letras minúsculas iguais indicam diferenças não significativas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK), $P \leq 0,05$.

3.3.1 Perfil químico

A Tabela 2 apresenta as concentrações (%) dos constituintes químicos identificados nos óleos essenciais das folhas e raízes de *E. foetidum*, nas diferentes fontes de adubação (orgânico, mineral e controle), e seus respectivos índices de retenção (IR), em ordem crescente. Foram identificados 71 componentes voláteis nos órgãos de *E. foetidum*. Os aldeídos foram os constituintes majoritários identificados nos óleos essenciais de *E. foetidum*, com predominância do 2,3,4-trimetilbenzaldeído, que variou de 56,81 a 63,49% nas raízes e 19,5 a 24,6% nas folhas, seguido de (2E)-2-Dodecenal com 21,76 a 30,4 % nas folhas e 3,75 a 6,24% nas raízes, *trans*-2-Tetradecenal com 8,61 a 13,33% nas folhas e 2,46 a 3,75% nas raízes.

As classes predominantes encontradas no perfil químico do óleo essencial de *E. foetidum* foram Aldeídos (folhas: 71,38 %, 81,35% 74,45 %; raízes 70,06 %, 74,19% e 68,99 %) e Sesquiterpenos (folhas 11,96 %, 10,03% e 11,78%; raízes 24,37%, 14,7% e 21,58 %).

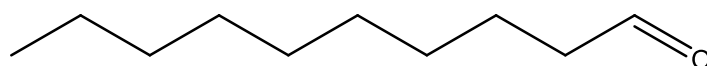
Tabela 2. Composição química (%) do óleo essencial da biomassa seca de folhas e raízes de *Eryngium foetidum* em função das diferentes fontes de adubação.

IR _C	IR _L	Constituintes	Folhas			Raízes		
			Org	Min	Cont	Org	Min	Cont
934	932	α -Pineno	1,54	0,62				
988	994	Mesitileno	1,09					

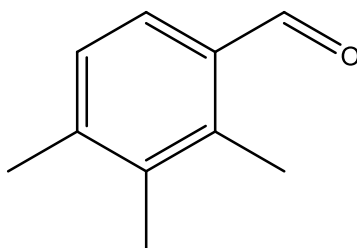
1020	1020	<i>p</i> -Cimeno	1,68		0,49			
1056	1054	γ -Terpineno	2,85	0,12	0,98	0,37	1,02	0,48
1061		Monoterpeno oxigenado (MM=150)					0,84	0,39
1097	1095	6-Canfenona	0,25	0,11	0,26		2,12	0,74
1101	1100	Undecano	0,42					
1104	1100	1-Nonanal	0,97	0,21	0,58			
1147	1140	<i>trans</i> -Verbenol	0,05			0,29		0,08
1161	1166	<i>para</i> -Menta-1,5-dien-8-ol				1,89	4,66	2,39
1162	1146	Eucarvona	0,71	0,16	0,34	0,67	0,83	
1170	1167	umbelulona	0,5	0,04				
1188	1190	2,4-Dimetilbenzaldeido	0,07			0,71	0,5	0,51
1204	1196	Safranal	0,09					0,41
1210	1201	1-Decanal	3,37	1,94	3,21			
1246	1232	Éter metil timol	0,02					
1263	1260	(2E)-Decenal	0,02	0,02				
1273	1266	1-Decanol	0,18	0,11				
1295	1315	(2E,4Z)-Decadienal	0,66	0,24	0,41			
1301	1300	Tridecano	0,33	0,22	0,27			0,09
1308	1305	1-Undecanal	1,09	0,71	0,67			0,14
1318	1313	2,3,4-Trimetilbenzaldeido	24,6	23,56	19,5	61,9	63,49	56,81
1384	1380	Dauceno	0,24		0,13			
1400	1388	Tetradec-1-eno	1,43	1,92	1,76			
1402	1396	α -Chamipineno				0,58	0,54	0,6
1407	1405	Sesquithujeno						0,06
1413	1408	1-Dodecanal	7,08	7,24	7,24	0,82	1,2	1,05
1419	1413	β -Funebreno	0,33	0,24	0,37	0,98	0,77	0,85
1425	1417	(E)-Cariofileno	0,77	0,2	0,5			
1437	1433	<i>cis</i> -Tujopseno	0,1	0,06	0,1	0,58	0,46	0,52
1440	1432	<i>trans</i> - α -Bergamoteno	0,15	0,11	0,13			
1452	1439	Aromadendreno	0,11	0,08		0,15		
1453	1445	Myltayl-4(12)-eno						0,19
1460	1454	(E)- β -Farneseno	0,74	0,53	0,74	2,33	1,38	2,06
1469	1469	(2E)-2-Dodecenal	21,76	30,4	27,66	3,75	5,61	6,24
1483	1476	β -Chamigreno				0,65	0,45	0,77
1485	1481	Widdra-2,4(14)-dieno	0,26	0,02	0,38			
1500	1500	Biciclogermacreno						0,18
1501	1510*	1-Pentadecino	0,49	0,27	0,44			
1506	1500	β -Himachaleno						0,29
1507	1500	Isodauceno	0,32	0,22	0,27			

1509	1503	α -Chamigreno	0,11		0,13	0,57		0,15
1514	1505	β -Bisabolenol	0,39	0,27	0,32			0,40
1526	1518	(2E,4E)-Dodecadienal	0,26	0,37	0,25			
1529	1521	β -Sesquifilandro	0,05		0,04			
1540	1532	γ -Cupreno	0,1	0,08	0,08	0,29		0,25
1546	1547	1,10-Decanediol	0,06	0,08	0,07			
1567	1571	Isoshyobunona	2,13	0,99	2,2	3,0	2,98	3,98
1572	1567	(2E)-2-Tridecenal	0,29	0,47	0,41			
1588	1582	Oxido de Cariofileno	0,56	0,85	0,52			
1601	1593**	(7Z)-Tetradecenal	0,11	0,23	0,18			
1603	1599	Longiborneol				0,23	0,18	0,43
1604	1594	Carotol	0,99	1,27	1,05			
1606	1596	Fokienol	0,12		0,16			0,19
1616	1611	Tetradecanal	2,42	2,63	2,51	0,42	0,51	0,49
1625	1639	Epoxido de <i>alloaromadendrene</i>					0,35	
1633	1630	Muurolo-4,10(14)-dien-1 β -ol	1,84	1,04	1,59	2,75	1,24	2,66
1646	1641	Daucol	0,05	0,06				
1658	1661	<i>Allohimachalol</i>	0,27	0,44	0,38			0,24
1673	1673	<i>trans</i>-2-Tetradecenal	8,61	13,33	11,83	2,46	2,88	3,75
1682		(MM=222) sesq. oxigenado	1,46	1,64	1,64	5,05	2,87	3,83
1690	1685	α -Bisabolol				0,18		0,18
1713	1694	(Z)- γ -Atlantona				3,8	2,36	2,64
1714	1706	(E)- γ -Atlantona	1,1	1,93	1,18	2,35	1,2	1,66
1758	1748	Geraniolhexanoato	0,3	0,18	0,17	0,17		0,14
1787	1779	14-Hidroxi- α -Muurolo				0,18	0,26	0,32
1845	1836**	Neoftadieno	0,32	0,37	0,25			
2036	2035	(Z)-Falcarinol				0,73	0,62	1,1
2109	2106**	Fitol	0,08	0,08	0,07			
Monoterpenos Hidrocarbonetos			6,07	0,74	1,47	0,37	1,86	0,87
Monoterpenos oxigenados			1,7	0,31	0,6	2,85	8,45	4,49
Sesquiterpenos Hidrocarbonetos			3,43	1,81	3,06	6,13	3,6	6,34
Sesquiterpenos Oxigenados			8,53	8,22	8,72	18,24	11,1	15,24
Aldeídos			71,38	81,35	74,45	70,06	74,19	68,99
Outros			4,7	3,23	3,16	0,2	0,12	0,78
Total			95,81	95,66	91,46	97,85	99,32	96,71

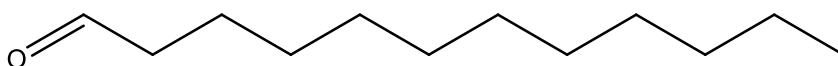
Nota: IR_C= índice de retenção calculado IR_I= índice de retenção da literatura Adams; (IR_I *) = NIST (IR_I **) = FFNSC ; Org = orgânico; Min = mineral; Cont. = controle.



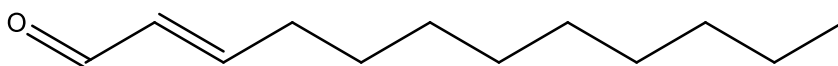
decanal



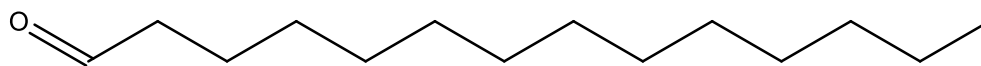
2,3,4-Trimetilbenzaldeído



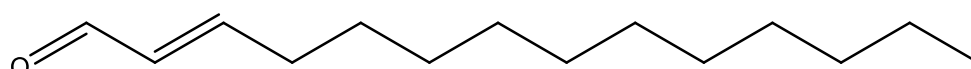
dodecanal



(E)-dodec-2-enal



tetradecanal



trans-Tetradec-2-enal

Figura 01. Estruturas químicas identificadas no óleo essencial de *Eryngium foetidum* L.

A análise multivariada (PCA e HCA) foi realizada com os constituintes químicos dos óleos essenciais das folhas e raízes de *E. foetidum* de indivíduos cultivados em diferentes fontes de adubações (orgânico, mineral e controle) que apresentaram teor $\geq 1,0\%$ para verificar possível agrupamento entre os órgãos do vegetal e as fontes de adubação. Os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2), apresentaram variância proporcional de 69,4 % e 15,0 %, respectivamente. O somatório de PC1 e PC2 explicaram 84,4 % do

total da variância das amostras dos óleos analisados. Análise dos Componentes Principais (PCA) mostrou a formação de dois grupos entre os constituintes químicos analisados (Figura 2). A Análise de Agrupamento Hierárquica (HCA) confirmou a formação dos dois grupos (Figura 3). O primeiro foi formado pelas raízes (OrgR, MinR e ConR) que é caracterizado pelos constituintes 2,3,4-Trimetilbenzaldeído, Muurola-4,10(14)-dien-1 β -ol, Isoshyobunona, (MM=222) sesq. Oxigenado, para-Menta-1,5-dien-8-ol, 6-Canfenona, (E)- γ -Atlantona, (E)- β -Farneseno e (Z)- γ -Atlantona; o segundo grupo compreendeu as folhas (OrgF, MinF, ConF), este relacionou-se aos componentes (2E)-2-Dodecenal, *trans*-2-Tetradecenal, 1-Dodecanal, 1-Decanal, Tetradecanal, γ -Terpineno, Mesitileno, ρ -Cimeno, α -Pino, 1-Undecanal, Carotol, Tetradec-1-eno.

Thomas et al. (2017) relataram a composição química das folhas e raízes de *E. foetidum* coletada na Nigéria, a qual teve o principal constituinte (E)-2-Dodecenal (28,43%), seguido por 13-tetradecenal (27,45%), dodecanal (14,59%) e 2,4,5-trimetilbenzaldeído (10,77%), enquanto que para as raízes foram detectados 2,4,5-trimetilbenzaldeído (56,08%), 13-tetradecenal (9,26%) e (E)-2-dodecenal (7,65%). No trabalho de Chandrika et al. (2015) relata também a presença (E)-2-Dodecenal e 2,4,5-trimetilbenzaldeído como os principais constituintes do espécime de *E. foetidum* coletadas em diferentes locais da Índia.

Os mesmos constituintes são relatados também no trabalho de Wong et al. (1994), que encontraram na Malásia (E)-2-dodecenal (59,7%) nas folhas de *E. foetidum*, enquanto 2,3,6-trimetilbenzaldeído foi dominante nas raízes (37,5%). Assim como Leclercq et al. (1992) no Vietnã (E) -2-dodecenal (45,5%), também encontrado no trabalho de Cardoso et al. (2004) de plantas coletadas no Andes Venezuelanos (E) -2-dodecenal (27,7%) nas folhas, visto que este constituinte (E) -2-dodecenal é relatado na literatura por atribuir o

aroma característico da espécie (Paul, 2011). Percebe-se que o perfil químico dos óleos essenciais de *E. foetidum* são expressivamente marcados por aldeídos, que podem ser alterados quantitativamente dependendo da localidade de coleta (Moraes, 2009).

Podemos também considerar, que em plantas aromáticas a aplicação de fertilizantes normalmente afeta a produção os óleos essenciais, por conseguinte, há necessidade de se avaliar as exigências nutricionais de cada espécie. Pois, os teores e as concentrações dos constituintes voláteis do óleo essencial não dependem somente da genética da planta, mas sim, fatores bióticos e abióticos (Amaral et al. 2008 & Seixas et al. 2013).

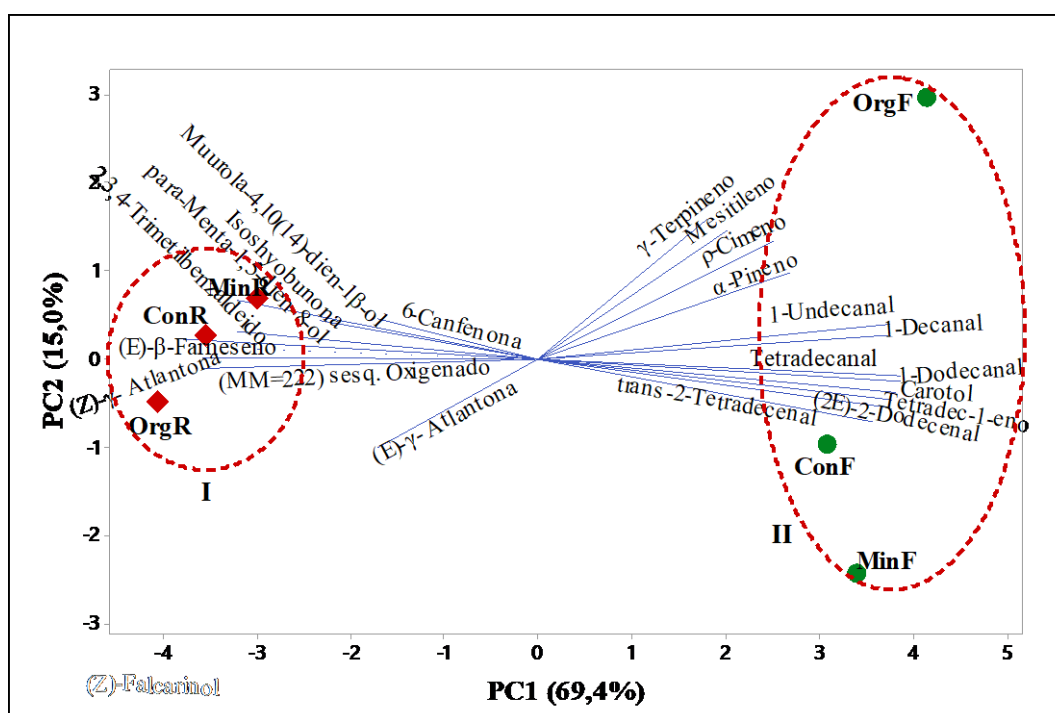


Figura 2. Biplot (PCA) resultante da análise dos óleos essenciais ($\geq 1,0\%$) obtidos das folhas e raízes de *E. foetidum*, de indivíduos cultivados em diferentes fontes de adubações (Orgânico, Mineral e Controle)

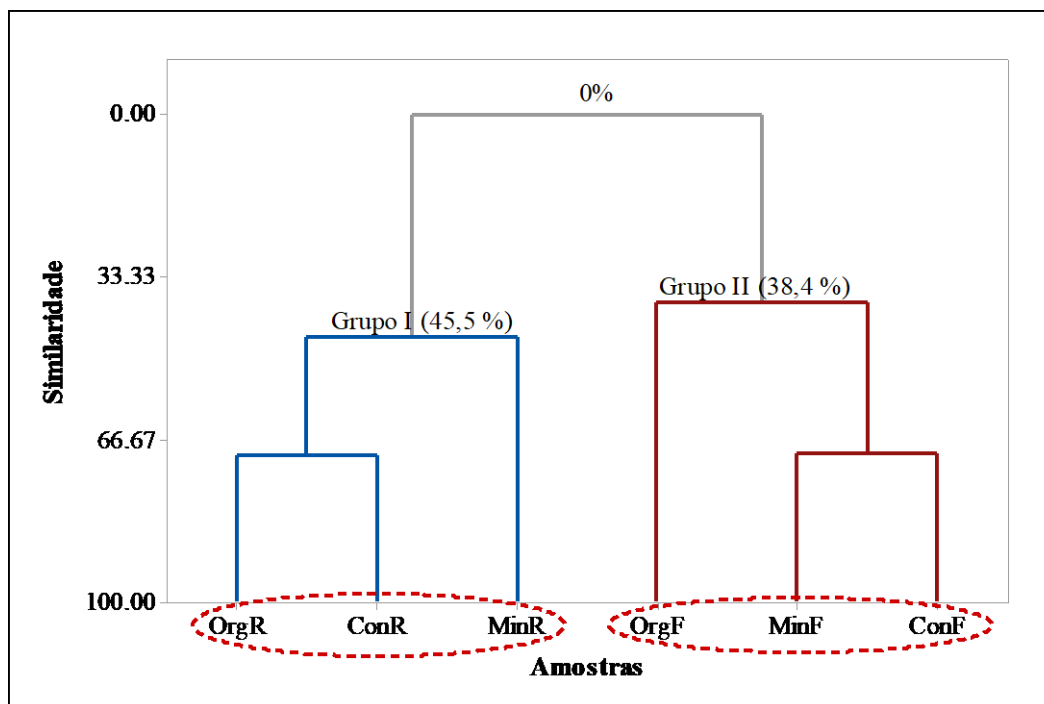


Figura 3. Dendrograma representando similaridade no perfil dos óleos essenciais ($\geq 1,0\%$) das folhas e raízes de *E. foetidum*, de indivíduos cultivados em diferentes fontes de adubações (Orgânico, Mineral e Controle)

3.4 Conclusão

Os resultados do estudo apontam que há diferença entre o rendimento e o perfil químico do óleo essencial entre folhas e raízes de *E. foetidum*. O rendimento do óleo essencial das amostras de folhas, cultivadas por meio de adubação mineral e controle obtiveram maiores rendimentos;

O perfil químico entre os órgãos estudados são marcados por aldeídos, sendo os constituintes majoritários (2E)-2-Dodecenal e 2,3,4-trimetilbenzaldeído para folhas e raízes, respectivamente. Observa-se através da análise multivariada (PCA e HCA) a formação de dois grupos distintos, caracterizando o perfil químico das folhas e das raízes.

Agradecimentos

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

Referências

- ADAMS RP (2007). Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Allured Publishing Corp., Carol Stream.
- Amaral, W., Deschamps, C., Favaretto, N., Koeler, H. S., Sheer, A. P., Yamamoto, C., & Côcco, C. (2008). Desenvolvimento, rendimento e composição de óleo essencial de camomila [*Chamomila recutita* (L.) Rauschert] sob adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, 10(4), 1-8.
- Begnam, A. F. (2008). *Avaliação do potencial antimicrobiano in vitro de Coriandrum sativum L. em diferentes espécies de Candida*. (Dissertação de Mestrado, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas). Retrieved from <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/290218>
- Biasi, L. A., Machado, E. M., Kowalski, A. P. D. J., Signor, D., Alves, M. A., Lima, F. I., ... & Scheer, A. D. P. (2009). Adubação orgânica na produção, rendimento e composição do óleo essencial da alfavaca quimiotipo eugenol. *Horticultura Brasileira*, 27(1), 35-39.
- Campos, R. A. S. (2014). *Produtividade, compostos bioativos e atividade antioxidante em Eryngium foetidum L.* (Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho). Retrieved from <http://hdl.handle.net/11449/108725>.
- Cardozo, E., Rubio, M., Rojas, L. B., & Usubillaga, A. (2004). Composition of the essential oil from the leaves of *Eryngium foetidum* L. from the Venezuelan Andes. *Journal of essential oil research*, v. 16, n. (1), p. 33-34. <https://doi.org/10.1080/10412905.2004.9698645>.
- Carocho, M. & Ferreira, I. C. (2013). A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology*, 51, 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.09.021>.

- Chandrika, R., Saraswathi, K. T., & Mallavarapu, G. R. (2015). Constituents of the essential oils of the leaf and root of *Eryngium foetidum* L. from two locations in India. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(2), 349-358.
- Corrêa, R. M., Pinto, J. E. B. P., Reis, E. S., Costa, L. C. B., Alves, P. B., Niculan, E. S., & Brant, R. S. (2010). Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 12(1), 80-89.
- Costa, L. C. B., Rosal, L. F., Pinto, J. E. B. P., & Bertolucci, S. K. V. (2008). Efeito da adubação química e orgânica na produção de biomassa e óleo essencial em capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.]. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 10(1), 16-20.
- Couto, M. E. O. (2006). *Coleção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. Retrieved from <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33576/1/documento-157.pdf>
- Cravo, M.S., Viégas, I.J.M. & Brasil, E.C. (2007). *Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental.
- Passos, A. M. A. dos, de Rezende, P. M., & Carvalho, E. (2014). Cama de frango, esterco de curral e pó de carvão no estado nutricional da soja. *Enciclopédia Biosfera – Centro Científico Conhecer*, 10(19), 422-436.
- Duarte, M. C. T. (2006). Atividade antimicrobiana de plantas medicinais e aromáticas utilizadas no Brasil. *Revista MultiCiência*, 7(1), 1-16. Retrieved from https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_07/a_05_7.pdf.

- Fiaschi, P. (2018). Check-list da Ordem Apiales no estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Iheringia. Série Botânica*, 73(1), 127-130. Retrieved from <https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/686/396>.
- Gomes, R.F., Silva, J.P., Gusmão, S.N. & Souza, G.T. (2013). Produção de chicória da amazônia cultivada sob densidades de cultivo e poda do pendão floral. *Revista Caatinga, Mossoró*, 26 (3), 9-14. Retrieved from https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2573/pdf_50.
- Judd, W.S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F. & Donoghue, M. J. (2009). *Sistemática vegetal: Um Enfoque Filogenético* (3. ed.). Porto Alegre, RS: Atmed Editora.
- Leclercq, P. A., Duñg, N. X, Lô ,V. N., & Taanh, N.V.(1992). Composition of the essential oil of *Eryngium foetidum* L. from Vietnam. *Journal of essential oil research*, v. 4, n. (4), p. 423-424. <https://doi.org/10.1080/10412905.1992.9698097>.
- Luz, J. M. Q., Moraes, T. P. S., Blank, A. F., Sodré, A. C. B., & Oliveira, G. S. D. (2009). Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de manjerição sob doses de cama de frango. *Horticultura Brasileira*, 27, 349-353.
- Martins, P. A., Salgueiro, L. R., & Cunha, A. A. P. (2003). Essential oil composition of *Eryngium foetidum*, from S. Tome e Principe. *Journal of essential oil research* 15(2), 93-95. <https://doi.org/10.1080/10412905.2003.9712077>.
- Moraes, L. A. S. (2009). Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. *Horticultura Brasileira*, 27(2), 4050-4063. Retrieved from <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/143457/1/2009AA-051.pdf>.
- Mozumder, S. N., Moniruzzaman, M., Rahman, S. M. M., Sarker, P. C. & Faisal, S. M. (2010). Influence of seed rate and method of sowing on the performance of Bilatidhonia (*Eryngium foetidum* L.). *Journal of Agricultural Research*, 35(1), 227-234. <https://doi.org/10.3329/bjar.v35i2.5885>.

- Nalepa, T., & Carvalho, R. I. N. (2007). Produção de biomassa e rendimento de óleo essencial em camomila cultivada com diferentes doses de cama-de-aviário. *Scientia Agraria*, 8(2), 161-167.
- Paul, J.H.A., Seaforth, C.E. & Tikasingh, T. (2011). *Eryngium foetidum* L.: A review. *Fitoterapia*, 82(3), 302-308. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2010.11.010>.
- Pegoraro, R. L., Falkenberg, M. B., Voltolini, C. H., Santos, M. & Paulilo, M. T. S. (2010). Produção de óleos essenciais em plantas de *Mentha x piperita* L. var. *piperita* (Lamiaceae) submetidas a diferentes níveis de luz e nutrição do substrato. *Revista Brasileira de Botânica*, 33(4), 631-637. Retrieved from <http://laveg.paginas.ufsc.br/files/2011/09/Pegoraro-et-al-2010-Mentha.pdf>.
- Pino, J. A., Rosado, A., & Fuentes, V. (1997). Chemical composition of the seed oil of *Eryngium foetidum* L. from Cuba. *Journal of essential oil research*, v. 9, n. (1), p. 123-124. <https://doi.org/10.1080/10412905.1997.9700731>.
- Seixas, P. T. L., de Castro, H. G., Cardoso, D. P., Júnior, A. F. C., do Nascimento, I. R., & Barbosa, L. C. A. (2013). Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. *Bioscience Journal*, 29(4), 852-858.
- Souza, S. A. M., Meira, M. R., Figueiredo, L. D. & Martins, E. R. (2010). Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. *Enciclopédia Biosfera*, 6(10), 1-10.
- Thomas, P. S., Essien, E. E., Ntuk, S. J., & Choudhary, M. I. (2017). *Eryngium foetidum* L. essential oils: chemical composition and antioxidant capacity. *Medicines*, 4(24), 1-7. <https://doi.org/doi:10.3390/medicines4020024>.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2013). *Fisiologia Vegetal*. (5th ed.). Porto Alegre: Artmed.

Villachica, H. (1996). *Frutales y hortalizas promisorios de la Amazônia*. Lima: Tratado de Cooperacion Amazônica.

Wong, K. C., Feng, M. C., Sam, T. W., & Tan, G. (1994). Composition of the Leaf and Root Oils of *Eryngium foetidum* L. *Journal of Essential oil research*, v. 6, n. (4), p. 369-374. <https://doi.org/10.1080/10412905.1994.9698401>.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo enunciamos um conjunto de questões sobre a espécie *Eryngium foetidum* L.

Que nortearam nossa investigação. Começamos por aprofundar estudos de trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” demonstrando o comportamento fisiológico da espécie em relação às diferentes adubações, enfatizarmos a quão tamanha importância de se estudar o rendimento e perfil químico do óleo essencial da espécie.


As diferentes fontes de adubação para as variáveis de trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” apontam que a espécie responde bem ao desempenho de suas funções fisiológicas essenciais, bem como na estabilidade do fotossistema PS II.

Os resultados fornecem indícios da existência de um forte efeito para o cultivo à base de adubação mineral, voltados para o volume de óleo essencial das folhas e raízes. Por outro lado, maior biomassa das folhas, em plantas cultivadas a base adubo orgânico, indicando que este é o melhor tratamento para fins de melhores quantidades de matéria prima produzida.

Os resultados do estudo apontam que há diferença entre o rendimento e o perfil químico do óleo essencial entre folhas e raízes de *E. foetidum*. O rendimento de óleo essencial das amostras das folhas cultivadas nas fontes de adubação mineral e controle obtiveram maior rendimento.

O perfil químico entre os órgãos estudados são marcados por aldeídos, sendo os constituintes majoritários (2E)-2-Dodecenal e 2,3,4-trimetilbenzaldeído para folhas e raízes, respectivamente. Observa-se através da análise multivariada (PCA e HCA) a formação de dois grupos distintos, caracterizando o perfil químico das folhas e das raízes. Desta forma, de acordo com os resultados apresentados nesta pesquisa, sugere-se o aproveitamento do óleo essencial das raízes de *E. foetidum*.

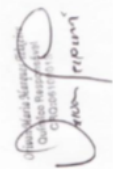
5. APÊNDICE

		LABORATÓRIO DE SOLOS				Particular - 2017	
Resultados de Análises de Solo							
Nome do Proprietário	Thiara Luana Mamoré Rodrigues		CPF/CNPJ	967.217.402-06		Fone	993.443.162
Endereço / Bairro	Rua Parque Santa Paula 71 - Águas Negras		Município/Estado	Icoaraci - PA		CEP	66822-280
Nome da Propriedade	Museu Emilo Goeldi		E-mail	thiaramamore@gmail.com			
Endereço / Av Perimetral			Município/Estado	Terra Firme - PA			
Data de Solicitação	18/10/2017		Quantidade de amostras	1			

ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

Amostra	Protocolo	Identificação	Profund. (cm)	N %	K	Na	P	Al	Ca	Ca+Mg	pH	H+Al	CTC		Saturação	
													Total	Efetiva	Base	Alumínio
9468	AM 01			0,06	31	7	5	0,6	1,4	1,7	5,3	4,62	6,43	2,41	28,18	24,87

Responsável Técnico:


 Daniel de Souza
 Engenheiro Agrônomo
 CRP 01/018-9

Laboratório de Solos
 Embrapa Amazônia Oriental