

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 20/05/2020.



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



FONTES DE NITROGÊNIO NA FOTOSSÍNTESE, PRODUÇÃO DE ALCALOIDES E VOLÁTEIS FOLIARES EM *Annona sylvatica* A. St.- Hil.

PATRICIA LUCIANA CARRIEL CORRÊA

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP,
para obtenção do título de Mestre no
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas (Botânica), Área de concentração:
Botânica.



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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU

FONTES DE NITROGÊNIO NA FOTOSSÍNTESE, PRODUÇÃO DE
ALCALOIDES E VOLÁTEIS FOLIARES EM *Annona sylvatica* A. St.-
Hil.

PATRICIA LUCIANA CARRIEL CORRÊA

ORIENTAÇÃO: PROF.^a DR.^a GISELA FERREIRA

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP,
para obtenção do título de Mestre no
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas (Botânica), Área de concentração:
Botânica.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Corrêa, Patricia Luciana Carriel.

Fontes de nitrogênio na fotossíntese, produção de
alcaloides e volateis foliares em *Annona sylvatica*
A. St.- Hil. / Patricia Luciana Carriel Corrêa. - Botucatu,
2019

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de
Botucatu

Orientador: Gisela Ferreira

Capes: 20303009

1. Anonácea. 2. Nitratos. 3. Amônio. 4. Metabólitos.
5. Alcaloides. 6. Fotossíntese.

Palavras-chave: Amônio; Annonaceae; Metabólitos
especializados; Nitrato.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar pelos caminhos que fizeram chegar até aqui.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Instituto de Biociências da UNESP - Botucatu e ao Departamento de Botânica do IBB de Botucatu, pela disponibilização de sua infraestrutura para a realização deste projeto.

À Prof^ª Dr^ª Gisela Ferreira, pela orientação, amizade, carinho, compreensão, confiança, dedicação na realização do presente trabalho e por ser minha inspiração pessoal e profissional.

À Prof^ª Dr^ª Magali Ribeiro da Silva do Depto. Ciência Florestal - Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP - Botucatu e a Maria Vitória Barros Sifuentes, por disponibilizarem as mudas de *Annona sylvatica* utilizadas neste trabalho.

À Prof^ª Dr^ª Carmen Silvia Fernandes Boaro, pelo apoio na elaboração e desenvolvimento do trabalho.

À Prof^ª Dr^ª Camila Kissman e Prof^ª Dr^ª Elizabeth Orika Ono, juntamente com a Prof^ª Dr^ª Carmen Silvia Fernandes Boaro, pelas correções e sugestões atribuídas no momento do exame de qualificação.

Ao Prof. Dr. Iván De la Cruz Chacón, por todo conhecimento transmitido com muita dedicação e entusiasmo.

À Prof^ª Marcia Ortiz Mayo Marques, por disponibilizar seu laboratório no Instituto Agrônomo de Campinas, viabilizando e auxiliando nas análises relacionadas aos compostos voláteis foliares.

Ao Felipe Giroto Campos, Marília Caixeta Sousa e Maria Aparecida Ribeiro Vieira por todo trabalho realizado em conjunto, pelo apoio na parte prática e intelectual, pela parceria e amizade, agradeço imensamente.

À Mariana de Fátima De Pieri Oliveira e Carolina Ovíde Mimi por cada momento que passamos juntas, muito obrigada por tudo.

Aos colegas de laboratório, por compartilhar tantos momentos especiais.

Aos funcionários do Departamento de Botânica do IBB de Botucatu, por todo auxílio necessário.

Aos meus queridos pais, Luiz Roberto Martinson Corrêa e Sandra Maria Carriel Corrêa, por todo apoio e encorajamento, pela participação na execução do experimento, por estarem sempre ao meu lado, acreditando e dando suporte para a realização dos meus sonhos.

À minha irmã Natalia Fernanda Carriel Corrêa, pela valorização e compartilhamento da mesma profissão, me fazendo sentir capaz de correr atrás dos meus objetivos.

Ao meu noivo Leonardo de Andrade Molina e ao meu filho Ícaro Corrêa Molina, por serem a motivação do meu sorriso diário e a razão para seguir em frente.

À toda minha família e amigos, por acreditarem em mim e valorizarem meu trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. CAPÍTULO I: Revisão bibliográfica.....	10
2.1 Família Annonaceae	10
2.1.1 <i>Annona sylvatica</i> A. St.-Hil.	11
2.2 Metabolismo vegetal	11
2.2.1 Metabolismo primário	13
<i>Metabolismo do nitrogênio</i>	13
<i>Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a</i>	14
2.2.2 Metabolismo especializado.....	15
<i>Alcaloides benzilisoquinolínicos</i>	15
<i>Compostos voláteis foliares</i>	18
3. CAPÍTULO II: Influência de NO ₃ ⁻ e NH ₄ ⁺ na fotossíntese, produção de alcaloides e voláteis foliares em <i>Annona sylvatica</i> A. St.-Hil	20
3.1 Resumo.....	20
3.2 Abstract	21
3.3 Introdução.....	22
3.4 Material e Métodos	23
<i>Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a</i>	25
<i>Extração e quantificação de alcaloides</i>	26
<i>Compostos voláteis foliares</i>	27
<i>Análises estatísticas</i>	28
3.5 Resultados	29
3.6 Discussão	40
3.7 Conclusões	43
3.8 Agradecimentos	43
3.9 Referências Bibliográficas	43
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE TODA A DISSERTAÇÃO	47

RESUMO - Para o nitrogênio (N) ser utilizado pela planta para síntese de metabólitos vegetais ele deve estar disponível nas fontes nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+). O NO_3^- demanda mais energia do que o NH_4^+ para ser assimilado e incorporado em esqueletos carbônicos por necessitar de agentes redutores. O metabolismo do N está relacionado ao metabolismo do carbono (C), pois o N necessita de esqueletos carbônicos para sua incorporação e a assimilação de CO_2 depende de um adequado suprimento de N para formação do aparato fotossintético. Além da relação entre N e C com o metabolismo primário, há relação também com o metabolismo especializado, envolvendo a síntese de compostos voláteis foliares formados por unidades de C e a síntese de alcaloides, que são compostos nitrogenados. Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi analisar como o NO_3^- e NH_4^+ influenciam na fotossíntese e se há alteração na produção de alcaloides e voláteis foliares em *Annona sylvatica* em função das diferentes fontes de N. Para tanto, foi realizado experimento em esquema fatorial 4x3, sendo 4 tratamentos [NH_4^+ , NO_3^- , $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ e sem o fornecimento de N (S/N)] e 3 épocas de coleta [30, 60 e 90 dias após o início do experimento (DAT)]. Foi observado que aos 90 DAT, as plantas que receberam NH_4^+ apresentaram maior taxa de assimilação líquida de CO_2 (A_{net}) que as plantas que receberam NO_3^- e que não receberam N; a eficiência de carboxilação da enzima rubisco (A_{net}/C_i) foi maior em plantas cultivadas com NH_4^+ ; a concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (C_i) foi menor em plantas cultivadas com NH_4^+ em comparação com plantas cultivadas com $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ e sem N (S/N); o tratamento com NH_4^+ apresentou maior rendimento quântico efetivo do fotossistema II (ΦFSII) que o tratamento S/N; a maior concentração de alcaloides totais e liriodenina foi observada em plantas cultivadas com NH_4^+ . O NH_4^+ também teve efeito sobre o composto volátil foliar majoritário β -selineno, que apresentou menor porcentagem relativa e correlação negativa em comparação ao tratamento com NO_3^- aos 30 DAT. Portanto, pode-se concluir que o fornecimento diferenciado de fontes de N altera a fotossíntese, a produção de alcaloides e de compostos voláteis foliares.

Palavras-chave: Annonaceae; nitrato; amônio; metabólitos especializados.

ABSTRACT - For nitrogen (N) to be used by the plant for synthesis of plant metabolites it must be available through the sources nitrate (NO_3^-) or ammonium (NH_4^+). NO_3^- requires more energy than NH_4^+ to be assimilated and incorporated into carbon skeletons because it requires reducing agents. N metabolism is related to carbon (C) metabolism, since N requires carbonic skeletons for its incorporation and CO_2 assimilation depends on an adequate N supply for photosynthetic apparatus formation. In addition to the relationship between N and C with primary metabolism, there is also a

relationship with secondary metabolism, involving the synthesis of leaf volatiles compounds formed by units of C and the synthesis of alkaloids, which are nitrogen compounds. Thus, the objective of the present study was to analyze how NO_3^- and NH_4^+ influence gas exchange, and if there is alteration in the production of alkaloids and leaf volatiles in *Annona sylvatica*, due to the supply of different N sources. 90 days after the beginning of the treatments (DAT), the plants that received NH_4^+ presented higher rate of net CO_2 assimilation (A_{net}) than the plants that received NO_3^- and that did not receive N; the carboxylation efficiency of the rubisco enzyme (A_{net}/C_i) was higher in NH_4^+ plants; internal CO_2 concentration in the substomatic chamber (C_i) was lower in NH_4^+ plants compared to $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ plants and without N (S/N); NH_4^+ treatment showed higher effective quantum yield of photosystem II (ΦFSII) than S/N treatment. The highest concentration of total alkaloids and liriodenine was observed in plants grown with NH_4^+ . NH_4^+ also had an effect on the major leaf volatiles compound, β -selinene, where it had a lower relative percentage and negative correlation compared to treatment with NO_3^- at 30 DAT. Therefore, the differentiated supply of N sources alters gas exchange, alkaloid production and leaf volatiles compounds.

Keywords: Annonaceae; nitrate; ammonium; secondary metabolites.

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é um macronutriente importante para a síntese de metabólitos vegetais, como aminoácidos, proteínas, clorofilas e compostos nitrogenados (MARSCHNER, 2012). Para ser utilizado pela planta na síntese de tais metabólitos o N deve estar disponível pelas fontes nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+) (MUR et al., 2016). A assimilação de NO_3^- demanda mais energia do que a assimilação de NH_4^+ , uma vez que o NO_3^- absorvido necessita ser reduzido a nitrito (NO_2^-) e posteriormente a NH_4^+ para ser assimilado. O NH_4^+ não necessita de agentes redutores para sua assimilação por ser um íon oxidado, porém demanda esqueletos carbônicos para sua incorporação (BRITTO et al., 2002; MUR et al., 2016).

O metabolismo do N está interligado ao metabolismo do carbono (C) (FRITZ et al., 2006). O N compõe o aparato fotossintético, portanto a assimilação de CO_2 depende de adequado fornecimento de N; no entanto, esqueletos carbônicos são necessários para incorporação de N e consequente síntese de compostos nitrogenados, indicando assim competição entre o metabolismo do N e do C (FRITZ et al., 2006; NUNES-NESI et al., 2010).

A família Annonaceae, à qual pertence o gênero *Annona*, é conhecida por produzir metabólitos especializados como alcaloides e terpenos (constituintes dos óleos essenciais) (LOPES et al., 2014; ATTIQ et al., 2017). Tais metabólitos tem importância em âmbito medicinal e atuam como mecanismos de defesa das plantas (CHEN et al., 2013; DE LA CRUZ, 2011; FORMAGIO et al., 2013; FREEMAN et al., 2008).

O N está presente na estrutura dos alcaloides, que são moléculas alcalinas, derivadas de aminoácidos (EVANS et al., 2009; FACCHINI, 2001). Os alcaloides benzilisoquinólicos (ABI's) são um dos metabólitos especializados mais encontrados na família Annonaceae (GONZÁLEZ-ESQUINCA et al., 2014; OROZCO-CASTILLO et al., 2016). Os ABI's incluem alcaloides aporfínicos e oxoaporfínicos, como a liriodenina, considerado um marcador quimiotaxonômico desta família (PHILLIPSON et al., 1985; GONZÁLEZ-ESQUINCA et al., 2014; PINHEIRO et al., 2009).

Os terpenos são compostos voláteis formados por unidades de isopreno (5C), podendo dar origem, por exemplo, a monoterpenos (10C) e sesquiterpenos (15C) (KANDI et al., 2015; ALCANTARA et al., 2017).

Existem estudos que relatam o efeito da variação na concentração de N para o gênero *Annona* em relação à síntese de alcaloides, como em *Annona diversifolia* (OROZCO-CASTILLO et al., 2016) e às trocas gasosas e compostos voláteis foliares, como em *Annona emarginata* (CAMPOS et al., 2019). Contudo, o efeito das diferentes fontes, NO_3^- e NH_4^+ , no metabolismo de *Annona* é tema ainda não discutido.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar como o NH_4^+ , NO_3^- , $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ e a ausência de N influenciam na fotossíntese, analisando as trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*, produção de alcaloides e voláteis foliares em *Annona sylvatica*, uma espécie nativa e endêmica do Brasil (MAAS et al., 2015) que é utilizada na medicina popular (GOMES et al., 2013; VENDRUSCULO et al., 2005) e apresenta propriedades anti-inflamatória, anticancerígena e inseticida (GONÇALVES et al., 2015; FORMAGIO et al., 2013; MIKOLAJCZAK et al., 1990).

3.7 CONCLUSÃO

O fornecimento diferenciado de fontes de nitrogênio, NO_3^- e NH_4^+ , influencia no metabolismo primário e especializado da espécie *Annona sylvatica*, nomeadamente na fotossíntese, produção de alcaloide e de voláteis foliares.

3.8 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos para realização do presente trabalho e a todas as pessoas e instituições envolvidas.

3.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Biology Department. Baylor University. Ed. 4.1, January 2017.
- ALCANTARA, J. M.; LUCENA, J. M. V. M.; FACANALI, R.; MARQUES, M. O. M.; LIMA, M. P. Chemical Composition and Bactericidal Activity of the Essential Oils of Four Species of Annonaceae Growing in Brazilian Amazon. **Natural Product Communications**, 12, 619-622, February 2017.
- ATTIQ, A.; JALIL, J.; HUSAIN, K. Annonaceae: Breaking the Wall of Inflammation. **Frontiers in Pharmacology**, 8, 752, October 2017.

BARON, B.; FERREIRA, G.; RODRIGUES, J. D.; BOARO, C. S. F.; MACEDO, A. C. Gas exchange, physiological indexes and inoic accumulation in *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer seedlings in nutrients solution. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35, 361-376, June 2013.

BENSADDEK, L.; GILLET, F.; SAUCEDO, J. E. N.; FLINIAUX, M. The effect of nitrate and ammonium concentrations on growth and alkaloid accumulation of *Atropa belladonna* hairy roots. **Journal of Biotechnology**, 85, 35-40, January 2001.

BLOWMAN, K.; MAGALHÃES, M.; LEMOS, M. F. L.; CABRAL, C.; PIRES, I. M. Anticancer Properties of Essential Oils and Other Natural Products. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2018, 12, March 2018.

BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review. **Journal of plant physiology**, 15, 567-584, 2002.

CAMPOS, F. G.; VIEIRA, M. A. R.; AMARO, A. C. E.; DE LA CRUZ CHACÓN, I.; MARQUES, M. O. M.; FERREIRA, G.; BOARO, C. S. F. Nitrogen in the defense system of *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer. **Plos One**, 14, June 2019.

CHEN, C.; WU, H.; CHAO, W.; LEE, C. Review on pharmacological activities of liriodenine. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, 7, 067-1070, Maio 2013.

COSTA, E. V.; PINHEIRO, M. L. B.; SILVA, J. R. A.; MAIA, B. H. L. N. S.; DUARTE, M. C. T.; AMARAL, A. C. F.; MACHADO, G. M. C.; LEON, L. L. Antimicrobial and antileishmanial activity of essential oil from the leaves of *Annona foetida* (Annonaceae). **Química Nova**, 32, 78-81, 2009.

COSTA, E. V.; DUTRA, L. M.; JESUS, H. C. R.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S.; SALVADOR, M. J.; CAVALCANTI, S. C. H.; SANTOS, R. L. C.; PRATA, A. P. N. Chemical Composition and Antioxidant, Antimicrobial, and Larvicidal Activities of the Essential Oils of *Annona salzmannii* and *A. pickelii* (Annonaceae). **Natural Product Communications**, 6, 907-912, June 2011.

COSTA, E. V.; DUTRA, L. M.; SALVADOR, M. J.; RIBEIRO, L. H. G.; GADELHA, F. R.; CARVALHO, J. E. Chemical composition of the essential oils of *Annona pickelii* and *Annona salzmannii* (Annonaceae), and their antitumour and trypanocidal activities. **Natural Product Research**, 27, 997-1001, May 2012.

- COSTA, E. V.; CRUZ, E. O.; LOURENÇO, C. C.; MORAES, V. R. S.; NOGUEIRA, P. C. L.; SALVADOR, M. J. Antioxidant and antimicrobial activities of aporphinoids and other alkaloids from the bark of *Annona salzmannii* A. DC. (Annonaceae). **Natural Product Research**, 27, 1002-1006, June 2013.
- DE LA CRUZ CHACÓN, I.; GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R.; FEFER, P. G.; GARCIA, L. F. J. G. Liriodenine, Early Antimicrobial Defence in *Annona diversifolia*. **Zeitschrift für Naturforschung C**, 66, 377 – 384, July 2011.
- DE LA CRUZ CHACÓN, I.; GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R. Liriodenine alkaloid in *Annona diversifolia* during early development. **Natural Product Research**, 26, 42–49, January 2012.
- DE LIMA, J. P. S.; PINHEIRO, M. L. B.; SANTOS, A. M. G.; PEREIRA, J. L. S. SANTOS, D. M. F.; BARISON, A.; SILVA-JARDIM, I. COSTA, E. V. In Vitro Atilishmanial and Cytotoxic Activities of *Annona mucosa* (Annonaceae). **Revista Virtual de Química**, 4, 692-702, November 2012.
- DING, Y.; HUFFAKER, A.; KOLLNER, T. G.; WECKWERTH, P.; ROBERT, C. A. M.; SPENCER, J. L.; LIPKA, A. E.; SCHMELZ, E. A. Selinene Volatiles Are Essential Precursors for Maize Defense Promoting Fungal Pathogen Resistance. **Plant Physiology**, 175, 1455-1468, November 2017.
- DUDAREVA, N.; KLEMPIEN, A.; MUHLEMANN, J. K.; KAPLAN, I. Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. **New phytologist**, 198, 16-32, 2013.
- FORMAGIO, A. S. N.; VIEIRA, M. C.; SANTOS, L. A. C.; CARDOSO, C. A. L.; FOGLIO, M. A.; CARVALHO, J. E.; SILVA, M. A.; KASSUYA, C. Composition and Evaluation of the Anti-Inflammatory and Anticancer Activities of the Essential Oil from *Annona sylvatica* A. St.-Hil. **Journal of Medicinal Food**, 16, 20–25, January 2013.
- FREEMAN, B. C.; GWYN, A. B. An overview of plant defenses against pathogens and herbivores. **The Plant Health Instructor**, 94, January 2008.
- FRITZ, C.; PALACIOS-ROJAS, N.; FEIL, R.; STITT, M. Regulation of secondary metabolism by the carbon–nitrogen status in tobacco: nitrate inhibits large sectors of phenylpropanoid metabolism. **The Plant Journal**, 46, 533-548, May 2006.
- GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R.; DE-LA-CRUZ-CHACÓN, I.; CASTRO-MORENO, M.; OROZCO-CASTILLO, J. A.; RILEY-SALDAÑA, C. A. Alkaloids and acetogenins in Annonaceae

development: biological considerations. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36, 001-016, February 2014.

GUO, X.; ZU, Y.; TANG, Z. Physiological responses of *Catharanthus roseus* to different nitrogen forms. **Acta Physiologiae Plantarum**, 34, 589-598, March 2012.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water: culture method for growing plants without soil. **Berkeley: California Agricultural Experiment Station**, 347, 1-32, 1950.

KANDI, S.; GODISHALA, V.; RAO, P.; RAMANA, K. V. Biomedical Significance of Terpenes: An Insight. **Biomedicine and Biotechnology**, 3, 8-10, March 2015.

KANEHISA, M.; GOTO, S. KEGG: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes. *Nucleic Acids Res.*, 28, 27-30, 2000.

KESZEI, A.; BRUBAKER, C. L.; CARTER, R.; KOLLNER, T.; DEGENHARDT, J.; FOLEY, W. J. Functional and evolutionary relationships between terpene synthases from Australian Myrtaceae. **Phytochemistry**, 71, 844-852, June 2010.

LAWLOR, D. W.; KONTTURI, M.; YOUNG, A. T. Photosynthesis by flag leaves of wheat in relation to protein, ribulose biphosphate carboxylase activity and nitrogen supply. **Journal of Experimental Botany**, 40, 43-52, January 1989.

LEITE, A. M.; LIMA, E. O.; SOUZA, E. L.; DINIZ, M. F. F. M.; TRAJANO, V. N.; MEDEIROS, I. A. Inhibitory effect of β -pinene, α -pinene and eugenol on the growth of potential infectious endocarditis causing Gram-positive bacteria. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, 43, 121-126, March 2007.

LOPES, J. C.; MELLO-SILVA, R. Diversidade e caracterização das Annonaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36, 125-131, February 2014.

MARSCHNER, P. Mineral nutrition of higher plants. Australia: School of Agriculture, Food and Wine, The University of Adelaide Australia, Ed. 3, p. 651, 2012.

MUR, L. A. J.; SIMPSON, C.; KUMARI, A.; GUPTA, A. K.; GUPTA, K. J. Moving nitrogen to the centre of plant defence against pathogens. **Annals of Botany**, 119, 703–709, September 2016.

NUNES-NESI, A.; FERNIE, A. R.; STITT, M. Metabolic and Signaling Aspects Underpinning the Regulation of Plant Carbon Nitrogen Interactions. **Molecular Plant**, 3, 973-996, November 2010.

OROZCO-CASTILLO, J. A.; CRUZ-ORTEGA, R.; MARTINEZ-VÁZQUEZ, M.; GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R. Aporphine alkaloid contents increase with moderate nitrogen supply in *Annona diversifolia* Saff. (Annonaceae) seedlings during diurnal periods. **Natural Product Research**, 30, 2209-2214, October 2016.

PHILLIPSON J. D.; ROBERTS, M. F.; ZENK, M. H. The Chemistry and Biology of Isoquinoline Alkaloids. *Proceedings in Life Sciences*, p. 81, 1985.

PINHEIRO, M. L. B.; XAVIER, C. M.; SOUZA, A. D. L.; RABELO, D. M.; BATISTA, C. L.; BATISTA, R. L.; COSTA, E. V.; CAMPOS, F. R.; BARISON, A.; VALDEZ, R. H.; UEDA-NAKAMURA, T.; NAKAMURA, C. V. Acanthoic Acid and other Constituents from the Stem of *Annona amazonica* (Annonaceae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 20, 1095-1102, January 2009.

SURESH, H. M.; SHIVAKUMAR, B.; SHIVAKUMAR, S. I. Cytotoxicity of Aporphine Alkaloids from the Roots of *Annona Reticulata* on Human Cancer Cell Lines. **International Journal of Plant Research**, 2, 57-60, May 2012.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que o NH_4^+ , apesar de ser tóxico para as plantas, foi direcionado pela espécie *A. sylvatica* para produção de alcaloides, aumentando assim a concentração deste metabólito em suas raízes aos 90 dias após o início do experimento, estudos futuros podem determinar uma concentração adequada de NH_4^+ para o cultivo de tal espécie, diminuindo a taxa de mortalidade e otimizando a produção de alcaloides, em especial da liriodenina, alcaloide predominante em *A. sylvatica* que apresenta diversas propriedades medicinais e contra fitopatógenos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE TODA A DISSERTAÇÃO

ABDOLZADEH, A.; HOSSEINIAN, F.; AGHDASI, M.; SADGIPOOR, H. Effects of Nitrogen Sources and Levels on Growth and Alkaloid Content of Periwinkle. **Asian Journal of Plant Sciences**, 5, 271–276, February 2006.

ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Biology Department. Baylor University. Ed. 4.1, January 2017.

ALCANTARA, J. M.; LUCENA, J. M. V. M.; FACANALI, R.; MARQUES, M. O. M.; LIMA, M. P. Chemical Composition and Bactericidal Activity of the Essential Oils of Four Species of Annonaceae Growing in Brazilian Amazon. **Natural Product Communications**, 12, 619-622, February 2017.

ATTIQ, A.; JALIL, J.; HUSAIN, K. Annonaceae: Breaking the Wall of Inflammation. **Frontiers in Pharmacology**, 8, 752, October 2017.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils - A review. **Food and Chemical Toxicology**, 46, 446-475, February 2008.

BARON, B.; FERREIRA, G.; RODRIGUES, J. D.; BOARO, C. S. F.; MACEDO, A. C. Gas exchange, physiological indexes and inoic accumulation in *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer seedlings in nutrients solution. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 35, 361-376, June 2013.

BASSI, D.; MENOSSI, M.; MATTIELLO, L. Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. **Scientific Reports**, 8, 2327, February 2018.

BASSOLÉ, I. H.N.; JULIANI, H.R. Essential Oils in Combination and Their Antimicrobial Properties. **Molecules**, 17, 3989-4006, April 2012.

BEAUDOIN G. A. W.; FACCHINI P. J. Benzylisoquinoline alkaloid biosynthesis in opium poppy. **Planta**, 240, 19-32, July 2014.

BENSADDEK, L.; GILLET, F.; SAUCEDO, J. E. N.; FLINIAUX, M. The effect of nitrate and ammonium concentrations on growth and alkaloid accumulation of *Atropa belladonna* hairy roots. **Journal of Biotechnology**, 85, 35-40, January 2001.

BETTI, M.; GARCIA-CALDERON, M.; PEREZ-DELGADO, C. M.; CREDALI, A.; ESTIVILL, G.; GALVAN, F.; VEGA, J. M.; MARQUEZ, A. J. Glutamine Synthetase in Legumes: Recent Advances in Enzyme Structure and Functional Genomics. **International Journal of Molecular Sciences**, 13, 7994-8024, June 2012.

BLOWMAN, K.; MAGALHÃES, M.; LEMOS, M. F. L.; CABRAL, C.; PIRES, I. M. Anticancer Properties of Essential Oils and Other Natural Products. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2018, 12, March 2018.

BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. NH_4^+ toxicity in higher plants: a critical review. **Journal of plant physiology**, 15, 567-584, 2002.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Ed. 2, p. 1250, August 2015.

CAMPOS, F. G.; VIEIRA, M. A. R.; AMARO, A. C. E.; DE LA CRUZ CHACÓN, I.; MARQUES, M. O. M.; FERREIRA, G.; BOARO, C. S. F. Nitrogen in the defense system of *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer. **Plos One**, 14, June 2019.

CHATROU, L. W.; PIRIE, M. D.; ERKENS R. H. J.; COUVREUR, T. L. P.; NEUBIG, K. M.; ABBOTT, J. R.; MOLS, J. B.; MAAS, J. W.; SAUNDERS, R. M. K.; CHASE, M. W. A new subfamilial and tribal classification of the pantropical flowering plant family Annonaceae informed by molecular phylogenetics. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 169, 5–40, 2012.

CHEN, C.; WU, H.; CHAO, W.; LEE, C. Review on pharmacological activities of liriodenine. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, 7, 067-1070, Maio 2013.

COSTA, E. V.; PINHEIRO, M. L. B.; SILVA, J. R. A.; MAIA, B. H. L. N. S.; DUARTE, M. C. T.; AMARAL, A. C. F.; MACHADO, G. M. C.; LEON, L. L. Antimicrobial and antileishmanial activity of essential oil from the leaves of *Annona foetida* (Annonaceae). **Química Nova**, 32, 78-81, 2009.

COSTA, E. V.; DUTRA, L. M.; JESUS, H. C. R.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S.; SALVADOR, M. J.; CAVALCANTI, S. C. H.; SANTOS, R. L. C.; PRATA, A. P. N. Chemical Composition and Antioxidant, Antimicrobial, and Larvicidal Activities of the Essential Oils of *Annona salzmannii* and *A. pickelii* (Annonaceae). **Natural Product Communications**, 6, 907-912, June 2011.

COSTA, E. V.; DUTRA, L. M.; SALVADOR, M. J.; RIBEIRO, L. H. G.; GADELHA, F. R.; CARVALHO, J. E. Chemical composition of the essential oils of *Annona pickelii* and *Annona salzmannii* (Annonaceae), and their antitumour and trypanocidal activities. **Natural Product Research**, 27, 997-1001, May 2012.

COSTA, E. V.; DUTRA, L. M.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S.; SALVADOR, M. J.; RIBEIRO, L. H. G.; GADELHA, F. R. Essential Oil from the Leaves of *Annona vepretorum*: Chemical Composition and Bioactivity. **Natural Product Communications**, 7, 265-266, February 2012.

- COSTA, E. V.; CRUZ, E. O.; LOURENÇO, C. C.; MORAES, V. R. S.; NOGUEIRA, P. C. L.; SALVADOR, M. J. Antioxidant and antimicrobial activities of aporphinoids and other alkaloids from the bark of *Annona salzmannii* A. DC. (Annonaceae). **Natural Product Research**, 27, 1002-1006, June 2013.
- DAI, J.; MUMPER, R. J. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. **Molecules**, 15, 7313-7352, October 2010.
- DE LA CRUZ CHACÓN, I.; GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R.; FEFER, P. G.; GARCIA, L. F. J. G. Liriodenine, Early Antimicrobial Defence in *Annona diversifolia*. **Zeitschrift für Naturforschung C**, 66, 377 – 384, July 2011.
- DE LA CRUZ CHACÓN, I.; GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R. Liriodenine alkaloid in *Annona diversifolia* during early development. **Natural Product Research**, 26, 42–49, January 2012.
- DE LIMA, J. P. S.; PINHEIRO, M. L. B.; SANTOS, A. M. G.; PEREIRA, J. L. S. SANTOS, D. M. F.; BARISON, A.; SILVA-JARDIM, I. COSTA, E. V. In Vitro Antileishmanial and Cytotoxic Activities of *Annona mucosa* (Annonaceae). **Revista Virtual de Química**, 4, 692-702, November 2012.
- DEELL, J. R.; TOIVONEN, P. M. A. **Practical Applications of Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology**, June 2003.
- DEMMIG-ADAMS, B.; ADAMS W. W.; BARKER, D. H.; LOGAN, B. A.; BOWLING, D. R.; VERHOEVEN, A. S. Using chlorophyll fluorescence to assess the fraction of absorbed light allocated to thermal dissipation of excess excitation. **Physiologia Plantarum**, 98, 253-264, October 1996.
- DING, Y.; HUFFAKER, A.; KOLLNER, T. G.; WECKWERTH, P.; ROBERT, C. A. M.; SPENCER, J. L.; LIPKA, A. E.; SCHMELZ, E. A. Selenene Volatiles Are Essential Precursors for Maize Defense Promoting Fungal Pathogen Resistance. **Plant Physiology**, 175, 1455-1468, November 2017.
- DUDAREVA, N.; KLEMPIEN, A.; MUHLEMANN, J. K.; KAPLAN, I. Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. **New phytologist**, 198, 16-32, 2013.
- EGYDIO-BRANDÃO, A. P. M.; NOVAES, P.; SANTOS, D. Y. A. C. Alkaloids from *Annona*: Review from 2005 to 2016. **JSM Biochemistry e Molecular Biology**, 4, 1031, October 2017.

- EVANS, W. C. Trease And Evans Pharmacognosy. Ed. 16, p. 353-415, 2009.
- FACCHINI, P. J. Alkaloid biosynthesis in plants: Biochemistry, Cell Biology, Molecular Regulation, and Metabolic Engineering Applications. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 52, 29-66, June 2001.
- FORMAGIO, A. S. N.; VIEIRA, M. C.; SANTOS, L. A. C.; CARDOSO, C. A. L.; FOGLIO, M. A.; CARVALHO, J. E.; SILVA, M. A.; KASSUYA, C. Composition and Evaluation of the Anti-Inflammatory and Anticancer Activities of the Essential Oil from *Annona sylvatica* A. St.-Hil. **Journal of Medicinal Food**, 16, 20–25, January 2013.
- FOYER, C. H.; NOCTOR G.; HODGES, M. Respiration and nitrogen assimilation: targeting mitochondria-associated metabolism as a means to enhance nitrogen use efficiency. **Journal of Experimental Botany**, 62, 1467-1482, February 2011.
- FRACHEBOUD, Y. Using Chlorophyll Fluorescence to Study Photosynthesis. **Institute of Plant Sciences**, Zurich 2004.
- FREEMAN, B. C.; GWYN, A. B. An overview of plant defenses against pathogens and herbivores. **The Plant Health Instructor**, 94, January 2008.
- FRITZ, C.; PALACIOS-ROJAS, N.; FEIL, R.; STITT, M. Regulation of secondary metabolism by the carbon–nitrogen status in tobacco: nitrate inhibits large sectors of phenylpropanoid metabolism. **The Plant Journal**, 46, 533-548, May 2006.
- GOMES, G. C.; CARDOSO, J. H.; FERRER, R. S.; RODRIGUES, P. R. F.; RODRIGUES, W. F. Árvores da Serra dos Tapes: Guia de Identificação com Informações Ecológicas, Econômicas e Culturais. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Clima Temperado. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013
- GONÇALVES, G. L. P.; RIBEIRO, L. P.; GIMENES, L.; VIEIRA, P. C.; SILVA, M. F. G. F.; FORIM, M. R.; FERNANDES, J. B.; VENDRAMIM, J. D. Lethal and sublethal toxicities of *Annona sylvatica* (Magnoliales: Annonaceae) extracts to *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). **Florida Entomological Society**, 98, 921-928, September 2015.
- GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R.; DE-LA-CRUZ-CHACÓN, I; CASTRO-MORENO, M.; OROZCO-CASTILLO, J. A.; RILEY-SALDAÑA, C. A. Alkaloids and acetogenins in Annonaceae development: biological considerations. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36, 001-016, February 2014.

- GUO, X.; ZU, Y.; TANG, Z. Physiological responses of *Catharanthus roseus* to different nitrogen forms. **Acta Physiologiae Plantarum**, 34, 589-598, March 2012.
- HAGEL, J. M.; FACCHINI, P. J. Benzyloisoquinoline Alkaloid Metabolism: A Century of Discovery and a Brave New World. **Plant Cell Physiology**, 54, 647–672, May 2013.
- HIKOSAKA, K. Interspecific difference in the photosynthesis–nitrogen relationship: patterns, physiological causes, and ecological importance. **Journal of Plant Research**, 117, 481-494, December 2004.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water: culture method for growing plants without soil. **Berkeley: California Agricultural Experiment Station**, 347, 1-32, 1950.
- IRITI, M.; FAORO, F. Chemical Diversity and Defence Metabolism: How Plants Cope with Pathogens and Ozone Pollution. **International Journal of Molecular Sciences**, 10, 3371-3399, July 2009.
- KANDI, S.; GODISHALA, V.; RAO, P.; RAMANA, K. V. Biomedical Significance of Terpenes: An Insight. **Biomedicine and Biotechnology**, 3, 8-10, March 2015.
- KANEHISA, M.; GOTO, S. KEGG: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes. *Nucleic Acids Res.*, 28, 27-30, 2000.
- KAUR, B.; KAUR, G.; ASTHIR, B. Biochemical aspects of nitrogen use efficiency: An overview. **Journal of plant nutrition**, 40, 506-523, October 2016.
- KESZEI, A.; BRUBAKER, C. L.; CARTER, R.; KOLLNER, T.; DEGENHARDT, J.; FOLEY, W. J. Functional and evolutionary relationships between terpene synthases from Australian Myrtaceae. **Phytochemistry**, 71, 844-852, June 2010.
- KHODDAMI, A.; WILKES, M. A.; ROBERTS, T. H. Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. **Molecules**, 18, 2328-2375, February 2013.
- KIM, D.; LEE, H.; JEON, Y.; HAN, Y.; KEE, J.; KIM, H.; SHIN, H.; KANG, J.; LEE, B. S.; KIM, S.; KIM, S.; PARK, S.; CHOI, B.; PARK, S.; UM, J.; HONG, S. Alpha-Pinene Exhibits Anti-Inflammatory Activity Through the Suppression of MAPKs and the NF-κB Pathway in Mouse Peritoneal Macrophages. **The American Journal of Chinese Medicine**, 43, 731–742, June 2015.

- LAWLOR, D. W.; KONTTURI, M.; YOUNG, A. T. Photosynthesis by flag leaves of wheat in relation to protein, ribulose biphosphate carboxylase activity and nitrogen supply. **Journal of Experimental Botany**, 40, 43-52, January 1989.
- LEITE, A. M.; LIMA, E. O.; SOUZA, E. L.; DINIZ, M. F. F. M.; TRAJANO, V. N.; MEDEIROS, I. A. Inhibitory effect of α -pinene, β -pinene and eugenol on the growth of potential infectious endocarditis causing Gram-positive bacteria. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, 43, 121-126, March 2007.
- LIMA, P. S. S.; LUCCHESI, A. M.; ARAÚJO-FILHO, H. G.; MENEZES, P. P.; ARAÚJO, A. A. S.; QUINTANS-JÚNIOR, L. J.; QUINTANS, J. S. S. Inclusion of Terpenes in Cyclodextrins: Preparation, Characterization and Pharmacological Approaches. **Carbohydrate Polymers**, 20, 965-987, October 2016.
- LONG, S. P.; BERNACCHI, C. J. Gas exchange measurements, what can they tell us about the underlying limitations to photosynthesis? Procedures and sources of error. **Journal of Experimental Botany**, 54, 2393-2401, November 2003.
- LOPES, J. C.; MELLO-SILVA, R. Diversidade e caracterização das Annonaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36, 125-131, February 2014.
- MAAS, P.; LOBÃO, A.; RAINER, H. Annonaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, 66, 1085-1113, 2015.
- MARSCHNER, P. Mineral nutrition of higher plants. Australia: School of Agriculture, Food and Wine, The University of Adelaide Australia, Ed. 3, p. 651, 2012.
- MIKOLAJCZAK, K. J.; MADRIGAL, R. V.; RUPPRECHT, J. K.; HUI, Y.-H.; LIU, Y.-M.; SMITH, D. L.; MCLAUGHIN, J. L. Sylvaticin: A new cytotoxic and insecticidal acetogenin from *Rollinia sylvatica* (Annonaceae). **Experientia**, 46, 324-327, March 1990.
- MILLER, A. J.; CRAMER, M. D. Root nitrogen acquisition and assimilation. **Plant and Soil**, 274, 1-36, March 2004.
- MOHAMED, A. A.; EL-EMARY, G. A.; ALI, H. F. Influence of Some Citrus Essential Oils on Cell Viability, Glutathione-S-Transferase and Lipid Peroxidation in *Ehrlich ascites Carcinoma* Cells. **Journal of American Science**, 6, 820-826, January 2010.
- MUR, L. A. J.; SIMPSON, C.; KUMARI, A.; GUPTA, A. K.; GUPTA, K. J. Moving nitrogen to the centre of plant defence against pathogens. **Annals of Botany**, 119, 703–709, September 2016.

NUNES-NESI, A.; FERNIE, A. R.; STITT, M. Metabolic and Signaling Aspects Underpinning the Regulation of Plant Carbon Nitrogen Interactions. **Molecular Plant**, 3, 973-996, November 2010.

OKSMAN-CALDENTEY, K.; INZÉ, D. Plant cell factories in the post-genomic era: new ways to produce designer secondary metabolites. **TRENDS in Plant Science**, 9, 433-440, September 2004.

OROZCO-CASTILLO, J. A.; CRUZ-ORTEGA, R.; MARTINEZ-VÁZQUEZ, M.; GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R. Aporphine alkaloid contents increase with moderate nitrogen supply in *Annona diversifolia* Saff. (Annonaceae) seedlings during diurnal periods. **Natural Product Research**, 30, 2209-2214, October 2016.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLÔRES, S. H. Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of three Brazilian fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, 29, 19-24, February 2013.

PHILLIPSON J. D.; ROBERTS, M. F.; ZENK, M. H. The Chemistry and Biology of Isoquinoline Alkaloids. *Proceedings in Life Sciences*, p. 81, 1985.

PINHEIRO, M. L. B.; XAVIER, C. M.; SOUZA, A. D. L.; RABELO, D. M.; BATISTA, C. L.; BATISTA, R. L.; COSTA, E. V.; CAMPOS, F. R.; BARISON, A.; VALDEZ, R. H.; UEDA-NAKAMURA, T.; NAKAMURA, C. V. Acanthoic Acid and other Constituents from the Stem of *Annona amazonica* (Annonaceae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, 20, 1095-1102, January 2009.

RABELO, S. V.; COSTA, E. V.; BARISON, A.; DUTRA, L. M.; NUNES, X. P.; TOMAZ, J. C.; OLIVEIRA, G. G.; LOPES, N. P.; SANTOS, M. F. C.; ALMEIDA, J. R. G. S. Alkaloids isolated from the leaves of atemoya (*Annona cherimola* × *Annona squamosa*). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 25, 419-421, August 2015.

RAMAKRISHNA, A.; GILL, S. S. *Metabolic Adaptations in Plants During Abiotic Stress*. Ed. 1, September 2018.

RAO, B. R. R. Biomass and essential oil yields of rainfed palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) Wats. var. *motia* Burk.) supplied with different levels of organic manure and fertilizer nitrogen in semi-arid tropical climate. **Industrial Crops and Products**, 14, 171–178, November 2001.

REZENDE, F. M.; ROSADO, D.; MOREIRA, F. A.; CARVALHO, W. R. S. Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. VI Botânica no Inverno 2016, p. 93-104, 2016.

- RINALDI, M. V. N.; DÍAZ, I. E. C.; SUFFREDINI, I. B.; MORENO, P. R. H. Alkaloids and biological activity of beribá (*Annona hypoglauca*). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 27, 77-83, February 2017.
- SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, H.; MORQUECHO-CONTRERAS, A. Chemical Plant Defense Against Herbivores. *Herbivores*, p. 3-28, March 2017.
- SEIGLER, D. S. *Plant Secondary Metabolism*. Ed. 1, 1998.
- SHARMA, S.; KUMAR, R. Effect of nitrogen on growth, biomass and oil composition of clary sage (*Salvia sclarea* Linn.) under mid hills of north western Himalayas. **Indian Journal of Natural Products and Resources**, 3, 79-83, March 2012.
- SINGH, B.; SHARMA, R. A. Plant terpenes: defense responses, phylogenetic analysis, regulation and clinical applications. **3 Biotech**, 5, 129-151, April 2015.
- SURESH, H. M.; SHIVAKUMAR, B.; SHIVAKUMAR, S. I. Cytotoxicity of Aporphine Alkaloids from the Roots of *Annona Reticulata* on Human Cancer Cell Lines. **International Journal of Plant Research**, 2, 57-60, May 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Ed. 5, 2009.
- TOHGE, T.; WATANABE, M.; HOEFGEN, R.; FERNIE, A. R. Shikimate and phenylalanine biosynthesis in the green lineage. **Frontiers in Plant Science**, 4, 1-13, March 2013.
- TZIN, V.; GALILI, G.; AHARONI, A. Shikimate Pathway and Aromatic Amino Acid Biosynthesis. **eLS**, August 2012.
- VENDRUSCULO, G. S.; SIMÕES, C. M. O.; MENTZ, L. A. Etnobotânica no Rio Grande do Sul: Análise comparativa entre o conhecimento original e atual sobre as plantas medicinais nativas. **Pesquisas, Botânica**, 56, 85-322, January 2005.
- WARTHEN, D.; GOODEN, E. L.; JACOBSON, M. Tumor Inhibitors: Liriodenine, a Cytotoxic Alkaloid from *Annona glabra*. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, 58, 637-638, May 1969.
- ZHOU, Y.; ZHANG, Y.; WANG, X.; CUI, J.; XIA, X.; SHI, K.; YU, J. Effects of nitrogen form on growth, CO₂ assimilation, chlorophyll fluorescence, and photosynthetic electron allocation in cucumber and rice plants. **Biomed & Biotechnol**, 12, 126-134, January 2011.