

VARIAÇÃO SAZONAL DE FENÓIS E FLAVONOIDES EM FOLHAS NÃO-GALHADAS E GALHADAS DE *CARYOCAR BRASILIENSE* (CARYOCARACEAE)SEASONAL VARIATION OF PHENOLS AND FLAVONOIDS IN NON-GALLED AND GALLED LEAVES OF *CARYOCAR BRASILIENSE* (CARYOCARACEAE)TEIXEIRA, Edson Cardoso<sup>1</sup>; FERREIRA, Rafaela Oliveira<sup>2\*</sup><sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Química, Brasil<sup>2</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Brasil\* Autor correspondente  
e-mail: rafaolaoliveira@ufrb.edu.br

Received 12 April 2021; received in revised form 13 May 2021; accepted 21 June 2021

## RESUMO

**Introdução:** Os insetos galhadores manipulam o desenvolvimento de suas plantas hospedeiras. Galhas são ricas em metabólitos secundários, como compostos fenólicos e terpenos. *Caryocar brasiliense* atua como hospedeira de insetos galhadores. Poucos estudos relatam os impactos desta interação planta-inseto na morfologia, fisiologia e metabolismo secundário da espécie. **Objetivo:** A finalidade deste estudo foi verificar se existe correlação entre os teores de fenóis totais e flavonoides de extratos de folhas de *C. brasiliense* e variáveis ambientais, como temperatura e precipitação, ao longo do ano, e avaliar como os insetos galhadores podem interferir nessa sazonalidade. **Métodos:** Os extratos em etanol de folhas foram obtidos por extração em soxhlet. As principais classes de metabólitos secundários foram detectadas por prospecção fitoquímica e os teores de fenóis totais e flavonoides foram quantificados pelos testes de Folin-Dennis e reação de complexação com cloreto de alumínio, respectivamente. Através do coeficiente de correlação de Pearson, os teores de fenóis e flavonoides foram correlacionados com a média das temperaturas máximas mensais e acúmulo de precipitação, respectivamente, registrados em Gurupi - Tocantins. **Resultados e Discussão:** A prospecção fitoquímica indicou a presença de flavonoides, saponinas, taninos, triterpenos, esteroides e alcaloides em ambos os extratos. Em *C. brasiliense*, as amostras de folhas sadias sofreram maior variação nos teores de fenóis (68,39±2,3 a 279,34±3,1 mg EAG g<sup>-1</sup> extrato) e flavonoides (164,06±3,0 a 269,03±3,6 mg EQ g<sup>-1</sup> extrato) em comparação às amostras de folhas com galhas. Através da correlação de Pearson, constatou-se uma forte correlação positiva entre os teores de fenóis totais e as temperaturas máximas e uma forte correlação negativa com a precipitação. **Conclusões:** As variações observadas nos teores de fenóis e flavonoides dos extratos de *C. brasiliense* parecem estar relacionadas aos fatores abióticos e a herbivoria promovida pelo inseto galhador.

**Palavras-chave:** Insetos; galhas; pequi; fenólicos; sazonalidade

## ABSTRACT

**Introduction:** Gall-forming insects manipulate the development of their host plants. Galls are rich in secondary metabolites, such as phenolic compounds and terpenes. *Caryocar brasiliense* acts as a host of gall-forming insects. Few studies report the impacts of this plant-insect interaction on the species' morphology, physiology, and secondary metabolism. **Objective:** The purpose of this study was to verify if there is a correlation between the levels of total phenols and flavonoids in *C. brasiliense* leaf extracts and environmental variables, such as temperature and precipitation, throughout the year, and to evaluate how gall-forming insects can interfere in this seasonality. **Methods:** Ethanol extracts from leaves were obtained by soxhlet extraction. The main classes of secondary metabolites were detected by phytochemical prospecting. The levels of total phenols and flavonoids were quantified by the Folin-Dennis tests and complexation reaction with aluminum chloride, respectively. Pearson's correlation coefficient shows that the levels of phenols and flavonoids were correlated with the average monthly maximum temperatures and precipitation accumulation, respectively, recorded in Gurupi - Tocantins. **Results and Discussion:** Phytochemical prospecting indicated flavonoids, saponins, tannins, triterpenes, steroids, and alkaloids in both extracts. In *C. brasiliense*, the samples of healthy leaves suffered a greater variation in the levels of phenols (68.39±2.3 to 279.34±3.1 mg GAE g<sup>-1</sup> extract) and flavonoids (164.06± 3.0 at 269.03±3.6 mg QE g<sup>-1</sup> extract) compared to leaf samples with galls. A strong positive correlation was found between the contents of total phenols and maximum temperatures and a strong negative correlation with precipitation through Pearson's correlation. **Conclusions:** The variations observed in the levels of phenols and flavonoids in the extracts of *C. brasiliense* seem to be related to abiotic factors and the herbivory promoted by the gall-forming insect.

## 1. INTRODUÇÃO:

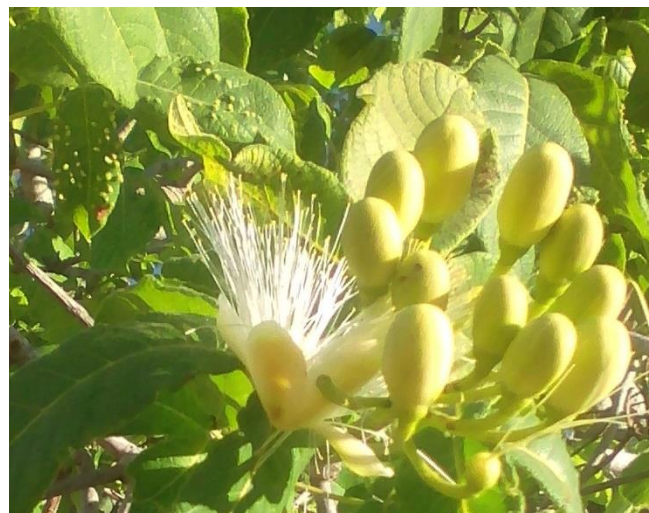
As galhas são resultado da hipertrofia e/ou hiperplasia dos tecidos vegetais causadas pela presença de um agente indutor, como vírus, bactérias, nematoides e insetos. As galhas possuem elevado conteúdo de nutrientes, além de acumularem substâncias do metabolismo secundário. O organismo indutor utiliza a galha como um sítio seguro para alimentação, proteção contra inimigos naturais e condições ambientais adversas (Formiga *et al.*, 2009; Damasceno *et al.*, 2010). As plantas hospedeiras podem apresentar deformação nas folhas, redução na taxa fotossintética e propriedades medicinais modificadas, esta última, provavelmente decorrentes de alterações no metabolismo secundário (Patel *et al.*, 2018).

O perfil de metabólitos secundários das plantas, responsáveis pelas suas atividades biológicas, podem sofrer alterações qualitativas e quantitativas dependendo de estímulos ambientais. Além dos fatores bióticos, como as interações planta-inseto, fatores como disponibilidade hídrica, intensidade luminosa, temperatura, nutrientes do solo e fases fenológicas da planta podem provocar alterações nas rotas metabólicas e na distribuição de metabólitos secundários. Estudos relacionados a variabilidade destes compostos são considerados importantes para orientar pesquisas que visam o isolamento de produtos naturais, especialmente para espécies de interesse medicinal (Gobbo-Neto e Lopes, 2007; Ouerghemmi *et al.*, 2016; Yao *et al.*, 2016; Ribeiro *et al.*, 2019).

O mecanismo de resistência das plantas compreende uma série de eventos bioquímicos, dentre estes, a produção de metabólitos de defesa como os compostos fenólicos e terpenos. A ação defensiva destes metabólitos inclui a toxicidade, a inibição do crescimento e redução de digestibilidade. Comumente, os tecidos das galhas apresentam maiores teores de compostos fenólicos quando em comparação ao tecido foliar sadio (Mota *et al.*, 2005; Formiga *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2014).

A família Caryocaraceae é da ordem dos Malpighiales, possui 2 gêneros e 25 espécies espalhadas pelas Américas do Sul e Central (Fleming *et al.*, 2009). O gênero *Caryocar* apresenta cerca de 16 espécies no Brasil, dentre estas destaca-se a *Caryocar brasiliense* (Figura 1), conhecida popularmente por pequi

(Nunes e Gil, 2016). O pequi é considerado uma das espécies do Cerrado de maior interesse econômico, principalmente devido ao uso do seu fruto na alimentação, na extração de óleos para a fabricação de cosméticos e na medicina popular (Carvalho *et al.*, 2015).



**Figura 1.** Espécime de *Caryocar brasiliense* com presença de galhas foliares. Fonte: O Autor, 2019

Alguns trabalhos relatam *C. brasiliense* como hospedeira de vários insetos galhadores (Leite *et al.*, 2009; Leite *et al.*, 2011; Castro *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2015). Apesar disso, poucos estudos foram descritos sobre essa interação planta-inseto galhador e seus possíveis efeitos na morfologia, fisiologia e metabolismo secundário da espécie.

Neste contexto, esse estudo teve como objetivo discutir o efeito de fatores abióticos sazonais, como estresse hídrico e temperatura, na biossíntese de fenóis e flavonoides em extratos de folhas sadias e galhadas de *C. brasiliense* e como os agentes galhadores podem interferir nessa sazonalidade.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL:

### 2.1. Solventes, produtos químicos e aparelhos

Os reagentes e solventes P.A. (Merck, Sigma-Aldrich, Nox chemicals e Quimex) foram utilizados sem purificação prévia. Os extratos foram concentrados em evaporador rotatório Fisatom 802. As análises fotométricas foram registradas em espectrofotômetro UV-VIS T60, PG instruments.

## 2.2. Material vegetal

O material vegetal foi coletado em Gurupi – TO (11°44'21" S; 49°05'25" W). Uma excisada foi depositada no herbário do Recôncavo da Bahia (HURB) da UFRB (número 26019). O procedimento de acesso ao patrimônio genético foi realizado e o projeto foi registrado no SisGen (Cadastro A10589B). As coletas de folhas sadias e galhadas de *C. brasiliense* foram realizadas nos dias 15/06/2018 (floração), 15/10/2018 (frutificação), 15/02/2019 (período vegetativo) e 15/06/2019 (floração). As amostras de folhas sadias foram nomeadas S1; S2; S3 e S4; de forma similar, as amostras de folhas galhadas foram nomeadas, respectivamente G1; G2; G3 e G4.

## 2.3. Preparo dos extratos

As folhas sadias e com galhas de *C. brasiliense* foram secas ao ar livre. Em seguida, foram trituradas em um liquidificador. As folhas (10 g) em pó foram submetidas a extração em soxhlet com etanol P.A. por 2 horas. Os extratos obtidos foram filtrados e concentrados em evaporador rotativo e secos até peso constante

## 2.4. Análises químicas

### 2.4.1 Prospecção fitoquímica

A triagem fitoquímica foi realizada por meio da análise qualitativa da composição química dos extratos foliares. Observou-se a formação de espuma, reações colorimétricas e/ou de precipitação para identificar os principais grupos químicos naturais como taninos, saponinas, flavonoides, catequinas, alcaloides, xantonas, triterpenos e esteroides (Matos, 1997). As reações gerais nesta análise, descritas a seguir, revelaram a presença ou ausência dessas classes de metabólitos secundários nos extratos analisados.

#### 2.4.1.1 Taninos

Para realizar o ensaio utilizou-se 1,0 mL de extrato EtOH, sendo adicionada gota a gota uma solução de gelatina 2,5 %. A presença de precipitado branco indicaria reação positiva.

#### 2.4.1.2 Triterpenos e esteroides

Neste ensaio realizou-se a reação de Liebermann-Burchard (anidrido acético + ácido sulfúrico concentrado). Coloração azul evanescente seguida de verde indicaria presença de esteroides/triterpenos.

### 2.4.1.3 Alcaloides

Em 1,0 mL de extrato adicionou-se quinze gotas de hidróxido de sódio a 1%, 2,0 mL de água destilada e 2,0 mL de clorofórmio. A fração aquosa foi desprezada e a fração clorofórmica acrescida de quinze gotas de ácido clorídrico a 1%, em seguida extraída com 2,0 mL de água destilada. A fração aquosa de clorofórmio foi desprezada e os testes foram realizados com a fração aquosa ácida, onde se acrescentou três gotas do reagente de Dragendorff. A formação de precipitados insolúveis e floculosos indicaria a presença de alcaloides.

#### 2.2.1.4 Saponinas

Em 2,0 mL de extrato adicionou-se 2,0 mL de clorofórmio e 5,0 mL de água destilada logo após filtrou-se para um tubo de ensaio. Agitou-se a solução por 3 minutos e observou-se a formação de espuma. Presença de espuma persistente e abundante indicaria reação positiva.

### 2.4.1.5 Flavonoides, chalconas e xantonas

Em três tubos de ensaio foram adicionados 1,0 mL de extrato. O tubo 1 foi acidificado com HCl 0,5 mol.L<sup>-1</sup> (pH 3). Os tubos 2 e 3 foram alcalinizados com NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> (pH 8 e 11). O aparecimento de coloração vermelha, lilás e azul púrpura nos tubos 1, 2 e 3, respectivamente, indicaria a presença de antocianidinas. A coloração amarela no tubo 3, indicaria a presença de flavonas, flavonóis e xantonas. A coloração vermelha nos tubos 1 e 3 indicaria a presença de chalconas e auronas. A coloração vermelho-laranja no tubo 3, indicaria a presença de flavanonois.

#### 2.4.1.6 Leucoantocianidinas, Catequinas e Flavanonas

Em dois tubos de ensaio foram adicionados 1,0 mL de extrato. Os pH dos tubos 1 e 2 foram ajustados para 3 e 11, respectivamente. Posteriormente, os tubos foram aquecidos em bico de Bunsen. A coloração vermelha ou amarela no tubo 1 indicaria a presença de leucoantocianidinas ou catequinas, respectivamente. A coloração vermelho-laranja no tubo 2, indicaria a presença de flavanonas.

### 2.4.2 Teor de fenóis totais

O teor de fenóis totais foi determinado usando o método de Folin-Dennis modificado (Singleton *et al.*, 1999). Misturou-se 0,5 mL do extrato (0,1 mg·mL<sup>-1</sup> em metanol) com 2,5 mL do

reagente de Folin-Denis e, após 5 minutos, adicionaram-se 2,0 mL de uma solução de carbonato de sódio a 14% (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Após 2 h, mensurou-se a absorbância da mistura reacional em espectrofotômetro a 760 nm, usando metanol como branco. O teor de fenóis totais foi expresso em miligramas de equivalentes de ácido gálico por grama de extrato (mg EAG.g<sup>-1</sup> de extrato).

#### 2.4.3 Teor de flavonoides

O teor de flavonoides foi determinado utilizando um método colorimétrico descrito por MEDA *et al.*, 2005, com modificações. Misturaram-se 2,0 mL de uma solução metanólica de cloreto de alumínio a 2% (AlCl<sub>3</sub>) com 2,0 mL de solução do extrato (0,1 mg.mL<sup>-1</sup> em metanol). Após 30 min, mensurou-se a absorbância a 415 nm, usando metanol com branco. O teor de flavonoides totais foi expresso em equivalentes de quercetina (mg EQ.g<sup>-1</sup> de extrato).

#### 2.5. Dados climatológicos

Os teores de fenóis totais e flavonoides dos extratos foram correlacionados através do coeficiente de correlação de Pearson com as médias das temperaturas máximas de Gurupi – TO registradas no mês de coleta das amostras e com a precipitação acumulada no quadrimestre anterior a coleta de cada amostra. As correlações foram avaliadas de acordo com a abordagem clássica para distribuição de Pearson com a utilização dos seguintes critérios:  $|r| < 0,3$  (correlação fraca),  $0,3 \leq |r| < 0,6$  (correlação moderada) e  $|r| \geq 0,6$  (correlação forte).

Os dados climatológicos utilizados neste estudo foram extraídos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponibilizados na plataforma online AGRITEMPO.

#### 2.6. Análises estatísticas

Os testes foram realizados em três repetições, com todos os valores expressos em média ± desvio padrão. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas usando Microsoft Excel e GraphPad 5.0 DEMO.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A triagem fitoquímica é um procedimento importante para a bioprospecção de espécies vegetais de interesse farmacológico e/ou toxicológico. A triagem fitoquímica de extratos de

folhas sadias e galhadas de *C. brasiliense* (Tabela 1), nos diferentes períodos de coleta, detectou a presença de flavonoides, taninos, esteroides e triterpenos, saponinas, catequinas e alcaloides em ambos os extratos. Esses resultados são parcialmente semelhantes aos relatados por Magalhães *et al.* (1988), que detectou a ausência de alcaloides nas folhas de *C. brasiliense*.

**Tabela 1.** Triagem fitoquímica dos extratos de folhas sadias e galhadas de *C. brasiliense*

Classes de metabólitos secundários	Extratos em EtOH	
	Folhas Galhadas	Folhas Sadias
Saponina	+	+
Taninos	+	+
Alcaloides	+	+
Esteroides e triterpenos	+	+
leucoantocianidinas	-	-
Catequinas	+	+
Flavanonas	-	-
Antocianinas e antocianidinas	-	-
Flavonas, flavonóis e xantonas	+	+
Chalconas e auronas	-	-
Flavanonóis	-	-

(+) Presente; (-) Ausente

Em relação aos fatores climáticos, Gurupi - TO caracteriza-se pela distinção entre uma estação seca (maio a outubro) e outra chuvosa (novembro a abril), característica do bioma Cerrado. Observou-se uma variação significativa na precipitação no decorrer do período de coleta (Figura 2), o maior acúmulo de precipitação foi observado entre novembro/2018 a fevereiro/2019 (889,28 mm) e o menor índice registrado entre julho/2018 a outubro/2018 (69,6 mm). A temperatura apresentou resultados relativamente constantes durante o período em estudo, mínimas na faixa de 20°C de madrugada e máximas na faixa de 30°C pela tarde. As temperaturas mais baixas foram registradas nos meses de maio/2018 a julho/2018 e as temperaturas mais elevadas nos meses de agosto/2018 a outubro/2018 (Figura 2).

Os teores de fenóis totais quantificados em extratos de folhas de *C. brasiliense* estão descritos na Figura 3. Os extratos S1, S2 e S4

apresentaram teores de fenóis totais significativamente maiores com relação a G1, G2 e G4, respectivamente ( $p < 0,05$ ). Somente nas amostras coletadas em fevereiro/2019, o teor de fenóis totais foi superior no extrato de folhas galhadas (G3) em comparação ao de folhas sadias (S3).

Com relação aos fatores climáticos, o teor de fenóis totais apresentou uma forte correlação com as temperaturas máximas ( $r = 0,817$  para folhas sadias e  $r = 0,666$  para folhas galhadas) registradas nos meses de coleta. Considerando-se o acúmulo de precipitação hídrica, observou-se uma forte correlação negativa com os teores de fenóis em folhas sadias ( $r = -0,918$ ) e galhadas ( $r = -0,826$ ), respectivamente.

O pico no teor de fenóis totais no período de estudo foi observado nas amostras coletadas em outubro/2018 (S2 com  $279,34 \pm 3,1$  mg EAG  $g^{-1}$ ; G2 com  $157,58 \pm 2,2$  mg EAG  $g^{-1}$ ), que coincide com a fase reprodutiva do pequi e com o período de estação seca na região. Os menores teores de fenóis totais (S3 com  $68,39 \pm 2,3$  mg EAG  $g^{-1}$ ; G3 com  $117,01 \pm 1,7$  mg EAG  $g^{-1}$ ) foram registrados em fevereiro/2019, que compreende o período vegetativo do pequi e a estação chuvosa no Cerrado.

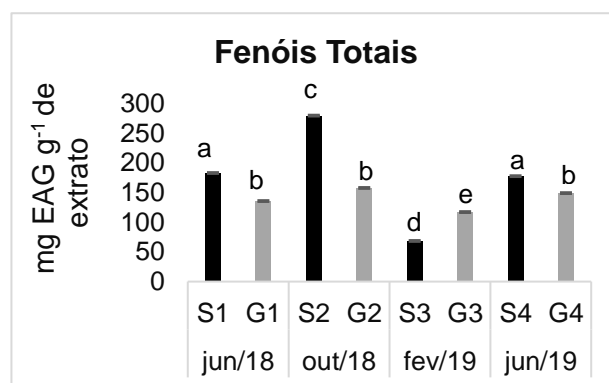
De maneira geral, observou-se uma maior produção de fenóis em períodos mais secos e/ou com temperaturas elevadas. Similarmente, a restrição hídrica proporcionou maiores teores de fenóis totais em *Vitis vinífera* L. (Chavarria *et al.*, 2011). Em flores de *Hypericum perforatum* observou-se o aumento na concentração de flavonoides, hipericinas e ácido clorogênico (Gray *et al.*, 2003). Os fenóis contribuem para a absorção e neutralização de radicais livres gerados pelo aumento do estresse oxidativo nas plantas provocado pelo déficit hídrico (Detoni *et al.*, 2010). Resultados similares foram observados por Formiga *et al.* (2009), que indicaram o impacto de fatores físicos na produção de fenóis em folhas sadias e com galhas de *Aspidosperma spruceanum*.

Em sinergia com a estação seca, os eventos reprodutivos, como a frutificação do pequi, podem estimular a produção de fenóis como um mecanismo de defesa vegetal em resposta a atração de insetos (Kaplan *et al.*, 2008; Ribeiro *et al.*, 2019).

Os menores teores de fenóis totais observados em folhas sadias (S3) e galhadas (G3) podem estar relacionados ao período vegetativo do pequi, onde ocorre uma translocação de carbono para o metabolismo

primário em detrimento ao metabolismo secundário, o que pode explicar o déficit de fenóis neste período (Pimpão, 2009). Adicionalmente, alguns trabalhos relatam a menor atividade da enzima fenilalanina amônia-liase PAL, enzima chave na biossíntese de compostos fenólicos (Cartea *et al.*, 2010), nas estações chuvosas (Castro *et al.*, 2005).

A análise das curvas de precipitação e temperaturas mensais durante o período de estudo em conjunto com os teores de fenóis totais (Figuras 2 e 3), sugere que fatores abióticos estejam atuando em conjunto com a galhas na modulação da resposta química da planta hospedeira. Essa tendência é reforçada considerando-se que a diferença entre os teores de fenóis totais das galhas e dos tecidos sadios foi significativa ( $p < 0,05$ ) em todos os meses analisados.



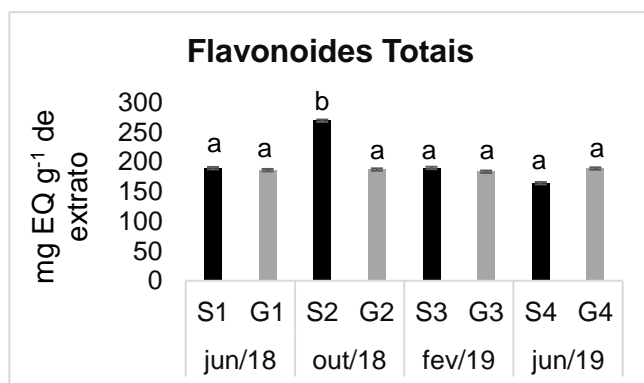
**Figura 3.** Teor de fenóis totais em extratos de folhas de *C. brasiliense*. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05)

Com relação ao teor de flavonoides (Figura 4), os extratos S1, S3 e S4 apresentaram teores de flavonoides similares aos de G1, G3 e G4, respectivamente. Analogamente, Rehill e Schultz (2012) não observaram diferenças no teor de fenóis de galhas e folhas sadias de *Hamamelis virginiana*. Nas amostras coletadas em outubro/2018, os teores de flavonoides foram significativamente maiores nas folhas sadias (S2) em comparação as folhas galhadas (G2) ( $p < 0,05$ ). Ferreira *et al.* (2014) e Motta *et al.* (2005) detectaram maiores teores de flavonoides em folhas sadias de *Clusia lanceolata* e *Tibouchina pulchra*, respectivamente, em comparação as folhas galhadas.

Com relação aos fatores climáticos, o teor de flavonoides totais apresentou uma forte correlação com as temperaturas máximas para

folhas sadias ( $r= 0,511$ ) e galhadas ( $r= 0,648$ ), respectivamente. Considerando o acúmulo de precipitação hídrica, observou-se uma moderada correlação negativa com os teores de fenóis em folhas sadias ( $r= -0,448$ ) e uma forte correlação com folhas galhadas ( $r= -0,687$ ), respectivamente.

Os flavonoides atuam na modulação do transporte e nas respostas dependentes de auxinas, influenciando a arquitetura das plantas (Peer e Murphy, 2007; Buer *et al.*, 2010). Bedetti *et al.* (2014), correlacionou o acúmulo de fenólicos em galhas de *Piptadenia gonoacantha* ao controle de auxinas (IAA). Bedetti *et al.* (2017), observaram que os locais de acúmulo de IAA e fenólicos coincidiram com as regiões mais hipertrofiadas, influenciando na determinação da forma final das galhas em *P. gonoacantha*.



**Figura 4.** Teor de flavonoides totais em extratos de folhas de *C. brasiliense*. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (0,05)

A amplitude das variações no conteúdo de fenóis totais foi maior nas folhas sadias do que nas folhas galhadas durante todo o período analisado (junho/2018 a junho/2019). Detoni *et al.* (2011) relataram maior variação no perfil fenólico em tecidos sadios de *Calliandra brevipes* e sugeriram que os insetos galhadores possuem algum mecanismo para limitar essa variação, provavelmente para sua própria defesa. Entretanto, essa menor variação sazonal dos teores de fenóis e flavonoides em tecidos galhados pode estar relacionado ao papel regulador da hipertrofia celular em galhas exercido por esses grupos de substâncias.

#### 4. CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos sugerem que em *C. brasiliense*, os fatores abióticos, como precipitação e temperatura, estejam atuando em conjunto com a herbivoria promovida pelo inseto

galhador na modulação da defesa vegetal. O teor de fenóis totais apresentou uma forte correlação com as temperaturas máximas e uma forte correlação negativa com a precipitação, respectivamente. Os extratos de folhas sadias sofreram uma maior variação nos teores de fenóis em comparação aos extratos com galhas, sugerindo que os insetos possuem algum mecanismo de controle para evitar mudanças bruscas no conteúdo destas substâncias, provavelmente ligado à sua defesa ou ao papel de regulação da hipertrofia celular desempenhado por essas substâncias nas galhas.

#### 5. AGRADECIMENTOS:

Ao PPGQ-UFT

#### 6. REFERÊNCIAS:

1. Bedetti, C. S., Modolo, L. V., and Isaias, R. M. S. (2014). The role of phenolics in the control of auxin in galls of *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) MacBr (Fabaceae: Mimosoideae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 55, 53–59.
2. Bedetti, C. S., Bragança, G. P., and Isaias, R. M. S. (2017). Influence of auxin and phenolic accumulation on the patterns of cell differentiation in distinct gall morphotypes on *Piptadenia gonoacantha* (Fabaceae). *Australian Journal of Botany*, 65, 411–420.
3. Buer, C. S., Imin, N., and Djordejevic, M. A. (2010). Flavonoids: new roles for old molecules. *Journal of Integrative Plant Biology*, 52, 98–111.
4. Castro, A.H.F., Alvarenga, A.A., Soares, A.M., Young, M.C.M., and Purcino, A.A.C. (2005). Avaliação sazonal da atividade da fenilalanina amônia-liase e dos teores de fenóis e taninos totais em *Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.: uma espécie medicinal do cerrado. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 7(3), 45–55.
5. Cartea, E.M., Francisco, M., Soengas, P. and Velasco, P. (2010). Phenolic compounds in *Brassica* vegetables. *Molecules*, 6, 251–280.
6. Chavarria, G., Bergamaschi, H., Silva, L. C., Santos, H. P., Mandelli, F., Guerra, C. C., Flores, C. A., and Tonietto, J. (2011). Relações hídricas, rendimento e

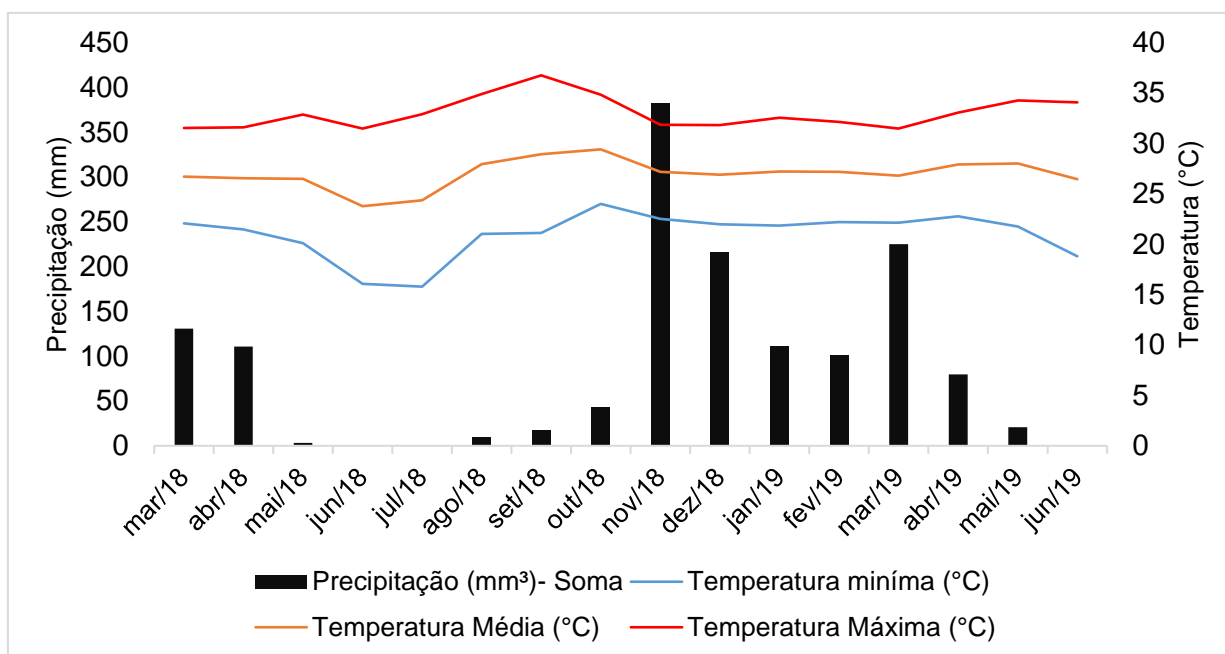
- compostos fenólicos de uvas Cabernet Sauvignon em três tipos de solo. *Bragantia*, 70(3), 481-487.
7. Castro, A. C. R., Leite, G. L. D., Oliveira, D. C., and Isaias, R. M. S. (2012). Morphological Patterns of a Hymenopteran Gall on the Leaflets of *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae). *American Journal of Plant Sciences*, 3, 921-929.
  8. Carvalho, L. S., Pereira, K. F., and Araújo, E. G. (2015). Características botânicas, efeitos terapêuticos e princípios ativos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense*). *Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR*, 19(2), 147-157.
  9. Damasceno, F. C., Nicolli, K. P., Caramao, E. B., Soares, G. L. G., and Zini, C. A. (2010). Changes in the volatile profile of *Schinus polygamus* (Anacardiaceae) and *Baccharis spicata* (Asteraceae) induced by galling psyllids. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 21, 556-563.
  10. Detoni, M. L., Vasconcelos, E. G., Scio, E., Aguiar, J. A., Isaias, R. M. S., and Soares, G.L.G. (2010). Differential biochemical responses of *Calliandra brevipes* (Fabaceae, Mimosoidae) to galling behaviour by *Tanaostigmodes ringueleti* and *T. mecanga* (Hymenoptera, Tanaostigmatidae). *Australian Journal of Botany*, 58, 280-285.
  11. Detoni, M. L., Vasconcelos, E. G., Rust, N. M., Isaias, R. M. S., and Soares, G. L. G. (2011). Seasonal variation of phenolic content in galled and non-galled tissues of *Calliandra brevipes* Benth (Fabaceae: Mimosoidae). *Acta Botanica Brasílica*, 25(3), 601-604.
  12. Ferreira, B. G., and Isaias, R. M. S. (2014). Floral-like destiny induced by a galling Cecidomyiidae on the axillary buds of *Marcetia taxifolia* (Melastomataceae). *Flora*, 209, 391-400.
  13. Ferreira, R. O., Carvalho Junior, A. R., Silva, T. M. G., Castro, R. N., Silva, T. M. S., and Carvalho, M. G. (2014). Distribution of metabolites in galled and non-galled leaves of *Clusia lanceolata* and its antioxidant activity. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 24(6), 617-625.
  14. Fleming, T. H., Geiselman, C., and Kress, W. J. (2009). The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective. *Annals of Botany*, 104, 1017-1043.
  15. Formiga, A. T., Gonçalves, S. J. M. R., Soares, G. L. G., and Isaias, R. S. S. (2009). Relações entre o teor de fenóis totais e o ciclo das galhas de Cecidomyiidae em *Aspidosperma spruceanum* Mull. Arg. (Apocynaceae). *Acta Botânica Brasílica*, 23, 93-99.
  16. Gray, D.E., Pallardy, S.G., Garrett, H.E. and Rottinghaus, G.E. (2003). Effect of acute drought stress and time of harvest on phytochemistry and dry weight of St. John's wort leaves and flowers. *Planta Medica*, 69(11), 1024-1030.
  17. Gobbo-Neto, L., and Lopes, N. P. (2007). Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova*, 30(2), 374-381.
  18. Kaplan, I., Halitschke, R., Kessler, A., Sardanelli, S., and Denno, R. F. (2008). Constitutive and induced defenses to herbivory in above- and belowground plant tissues. *Ecology*, 89(2), 392-406.
  19. Leite, G. L. D., Veloso, R. V. S., Silva, F. W. S. S., Guanabens, R. E. M., and Fernandes, G. W. (2009). Distribuição espacial de galhas induzidas por *Eurytoma* (Hymenoptera, Eurytomidae) em plantas de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(4), 643-648.
  20. Leite, G. L. D., D'ávila, V. A., Cerqueira, V. M., Nascimento, A. F., and Fernandes, G. W. (2011). Spatial distribution of a spherical gall (Hymenoptera, Eulophidae) on *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). *Revista Brasileira de entomologia*, 55(3), 396-400.
  21. Magalhães, H. G., Monteiro Neto, H., Lagrota, M. H., Wigg, M. D., Guimarães, L. A. S., Loja, M. A. S. O., and Araújo, R. R. (1988). Estudo estrutural do pequiheiro *Caryocar brasiliense* Camb. Caryocaraceae, sob o aspecto farmacológico e botânico. *Revista Brasileira de Farmácia*, 69(3), 31-41.
  22. Matos, F.J.A. (1997). Introdução à fitoquímica experimental. Edições UFC, Fortaleza.
  23. Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., and Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid, and proline contents in *Burkina Fasan* honey, as well as their radical

- scavenging activity. *Food Chemistry*, 91, 571-577.
24. Motta, L. B., Kraus, J. E., Salatino, A., and Salatino, M. L. F. (2005). Distribution of metabolites in galled and non-galled foliar tissues of *Tibouchina pulchra*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 33, 971-981.
  25. Nunes, C. S., and Gil, A. S. B. (2016). Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Caryocaraceae. *Rodriguésia*, 67(5), 1281-1283.
  26. Ouerghemmi, S., Sebei, H., Siracusa, L., Ruberto, G., Saija, A., Cimino, F., and Cristani, M. (2016). Comparative study of phenolic composition and antioxidant activity of leaf extracts from three wild *Rosa* species grown in different Tunisia regions: *Rosa canina* L., *Rosa moschata* Herrm. and *Rosa sempervirens* L. *Industrial Crops and Products*, 94, 167-177.
  27. Peer, W., and Murphy, A. (2007). Flavonoids and auxin transport: modulators or regulators? *Trends in Plant Science*, 12, 556-563.
  28. Pimpão, R.S.S. (2009). Compostos fenólicos e suas actividades antioxidantes em espécies de *Juniperus*: Análise de produção sazonal e sob condições de stresse. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Portugal.
  29. Patel, S., Rauf, A., and Khan, H. (2018). The relevance of folkloric usage of plant galls as medicines: Finding the scientific rationale. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 97, 240-247.
  30. Rehill, B. J., and Schultz, J. C. (2012). *Hormaphis hamamelidis* Fundatrices Benefit by Manipulating Phenolic Metabolism of Their Host. *Journal of Chemical Ecology*, 38, 496-498.
  31. Ribeiro, D.A., Macêdo, D.G., Boligon, A.A., Menezes, I.R.A., Souza, M.M.A., and Costa, J.G.M. (2019). Influence of seasonality on the phenolic composition of *Secondatia floribunda* A.DC (Apocynaceae) during its phenological cycle. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41, 185.
  32. Santos, C. S., Sampaio, A. C., Silva, P. C., Barbosa, D. S., and Dantas, S. P. (2015). Descrição morfológica das galhas foliares de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae): uma espécie super hospedeira. *Journal of Bioenergy and Food Science*, 02(4), 194-200.
  33. Singleton, V. L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
  34. Yao, X.H., Zhang, Z.B., Song, P., Hao, J.Y., Zhang, D.Y., and Zhang, Y.F. (2016). Different harvest seasons modify bioactive compounds and antioxidant activities of *Pyrola incarnata*. *Industrial Crops and Products*, 94, 405-412.

## 7. OPEN ACCESS:

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution, and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third-party material in this article are included in the article's Creative Commons license unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.





**Figura 2.** Dados climatológicos (precipitação mensal, médias das temperaturas mínima, média e máxima) do município de Gurupi – TO, referentes aos meses de março/2018 a junho/2019, fornecidos pelo INMET através do sistema Agritempo