



Photosynthetic characteristics in fig tree accessions for diversification of production

Características fotossintéticas em acessos de figueiras para diversificação de produção

Lucas Ferreira^{1*}, Maria Gabriela Fontanetti Rodrigues², Lucas Aparecido Manzani Lisboa², Abimael Gomes da Silva³, Arlindo Ananias Pereira da Silva¹, Paulo Alexandre Monteiro de Figueiredo²

Abstract: Photosynthesis allows plants, through metabolic reactions, to obtain products for their growth and development. Knowledge of and estimating the physiological variables involved in the photosynthetic process can be an advantage in choosing accessions for setting up an orchard. The aim of this study therefore was to evaluate some of the physiological characteristics involved in the photosynthetic process of six commercial accessions of the fig tree. The experiment was conducted in a completely randomised design, comprising six treatments and six replications, giving a total of 36 experimental units. The treatments consisted of the following fig accessions: 'Roxo de Valinhos', 'Palestino', 'Figo Vermelho', 'PI 189', 'Cuello Negro' and 'Turco'. The net rate of CO₂ assimilation, stomatal conductance, transpiration rate and internal leaf temperature varied statistically between accessions. Some accessions demonstrated the same performance as 'Roxo de Valinhos' for the photosynthetic variables. As such, the dependence of the domestic market on one single cultivar should be reviewed; however, further studies on other physiological and production characteristics should be carried out in order to validate each recommendation.

Key words: Net CO₂ assimilation. *Ficus carica* L. Gas exchange.

Resumo: A fotossíntese permite que as plantas, por meio de reações metabólicas, obtenham produtos para seu crescimento e desenvolvimento. Portanto, conhecer e estimar as variáveis fisiológicas envolvidas no processo fotossintético pode fornecer vantagens na escolha de acessos para a formação de um pomar. Assim, objetivou-se com o presente estudo avaliar algumas características fisiológicas envolvidas no processo fotossintético de seis acessos comerciais de figueira. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, constituído por seis tratamentos e seis repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Os tratamentos consistiram dos acessos de planta de figo, sendo: "Roxo de Valinhos", "Palestino", "Figo Vermelho", "PI 189", "Cuello Negro" e "Turco". As taxas de assimilação líquida de CO₂, condutância estomática, taxa de transpiração e temperatura interna da folha variaram estatisticamente entre os acessos. Alguns acessos demonstraram o mesmo desempenho do Roxo de Valinhos sobre as variáveis fotossintéticas. Assim, a dependência do mercado interno a uma única cultivar deve ser revista, porém devem ser realizados outros estudos, com outras características fisiológicas e de produtividade para validar uma recomendação.

Palavras-chave: Assimilação líquida de CO₂. *Ficus carica* L. Trocas gasosas.

*Corresponding author

Submitted for publication on 19/06/2019 and approved 22/10/2019

¹Eng. Agrônomo; Mestrando, Universidade Estadual Paulista- UNESP; Departamento de Biologia e Zootecnia, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira- SP, Brasil. E-mails: eng.agro.lucas@hotmail.com, arlindo-ananias@hotmail.com;

²Doutor (a), Universidade Estadual Paulista- UNESP; Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas FCAT-Dracena-SP, Brasil. E-mails: maria.

gf.rodrigues@unesp.br, lucas.lisboa@unesp.br, paulo.figueiredo@unesp.br;

³Doutorando, Universidade Estadual Paulista- UNESP; Departamento de Fitossanidade, Engenharia rural e Solos - DEFERS, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-SP, Brasil. E-mail: ag.silva@unesp.br.

INTRODUCTION

The fig tree (*Ficus carica* L.) is an ancient fruit species, which has been commercially exploited for a long time. It is mostly cultivated in countries along the Mediterranean coast, particularly Turkey, Algeria, Greece, Italy and Spain (SOUZA *et al.*, 2014). Originally from the Middle East, it has adapted to the humid and temperate subtropical climate, and so can be grown in various regions of Brazil. Its fruit can be appreciated *in natura* or processed, but is considered fragile, as it has a short postharvest life, even when stored under refrigeration (DALASTRA *et al.*, 2009; FRONZA *et al.*, 2010).

Due to growth brought about by the search for healthy food, fruit farming is an important agricultural sector that has been expanding throughout the world. The fig is one alternative in this scenario, because its fruit is rich in minerals and is known for its antioxidant power, thanks to the presence of carotenoids, polyphenols, flavonoids and anthocyanins (WOJDYLO *et al.*, 2016; BELWAL *et al.*, 2017).

In Brazil, the fig market is largely supported by the 'Roxo de Valinhos' accession. This domination in the domestic market is probably due to its being considered a hardy cultivar of high vigour (SILVA *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2015), in addition to its good adaptability to semi-arid conditions, showing greater precocity when compared to the figs of temperate regions (SILVA *et al.*, 2017). Research shows that the fig tree performs extremely well in the northeast of Brazil (FREITAS *et al.*, 2015). However, not many cultivars considered hardy are found in tropical regions (CHAGAS *et al.*, 2012). Thus, studies are necessary on breaking this exclusive dependence, on the diversification of cultivars, and on factors which are influenced by the environment.

Among factors related to the environment, the interception of solar radiation and its maximum use in photosynthesis are important and should be considered for the successful exploitation of crops (NOBERTO *et al.*, 2018). Plants are known to vary in their efficiency in receiving solar energy, as well as in absorbing and storing carbon in their structures (TAIZ *et al.*, 2017).

INTRODUÇÃO

A figueira (*Ficus carica* L.) é uma espécie antiga de frutífera, cuja exploração comercial é realizada há muito tempo, sendo mais cultivada nos países da costa do Mediterrâneo, especificamente, na Turquia, Argélia, Grécia, Itália e Espanha (SOUZA *et al.*, 2014). Originária do Oriente Médio, ela apresenta adaptação ao clima subtropical úmido e temperado, por isso seu cultivo pode ocorrer em diversas regiões do Brasil. Seus frutos podem ser apreciados *in natura* ou processados, porém são considerados frágeis por apresentarem uma breve vida pós-colheita, mesmo armazenados sob refrigeração (DALASTRA *et al.*, 2009; FRONZA *et al.*, 2010).

Devido ao crescimento ocasionado pela busca de alimentos saudáveis, a fruticultura é um importante setor da agricultura que tem se expandido em todo mundo. A figueira é uma alternativa neste cenário, pois seus frutos são ricos em minerais e conhecidos pelo poder antioxidante, graças à presença de carotenóides, polifenóis, flavonoides e antocianinas (WOJDYLO *et al.*, 2016; BELWAL *et al.*, 2017).

No Brasil, o comércio de figo é em grande parte sustentado pelo acesso Roxo de Valinhos. Provavelmente, esse domínio do mercado interno é devido ao fato de ser considerada uma cultivar com alto vigor e rusticidade (SILVA *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2014; COSTA *et al.*, 2015), além da boa adaptabilidade às condições semiáridas, apresentando maior precocidade quando comparadas às figueiras de regiões temperadas (SILVA *et al.*, 2017). Pesquisas mostram que a figueira tem desempenho excelente no Nordeste brasileiro (FREITAS *et al.*, 2015). Entretanto, nas regiões tropicais não são encontradas muitas cultivares consideradas rústicas (CHAGAS *et al.*, 2012). Assim, estudos sobre quebra dessa dependência exclusiva, diversificação de cultivares e sobre os fatores influenciados pelo ambiente são necessárias.

Entre os fatores relacionados ao ambiente, a interceptação solar e o aproveitamento máximo para fotossíntese são importantes, devendo ser levados em consideração para obter sucesso na exploração das culturas (NOBERTO *et al.*, 2018). Sabe-se que as plantas variam na eficiência com que recebem a energia solar, assim como na absorção e no armazenamento de carbono em suas estruturas (TAIZ *et al.*, 2017).

There are few studies regarding the differences and photosynthetic efficiency of fig cultivars. Thus, the hypothesis of the present study is based on the genetic variability between fig tree accessions. It is likely that some have similar responses to the most commonly used cultivar and, therefore, also have the potential for adaptation and production in tropical regions, reducing the dependence of the domestic market on one single cultivar. This research is innovative, given the limited availability of studies found in the literature with this same focus; it also presents a clear experimental approach. As such, the aim of this study was to evaluate and compare the photosynthetic characteristics of six fig tree accessions, cultivated in Dracena, in the state of São Paulo, Brazil.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out in the field at the School of Agrarian and Technological Sciences (FCAT/UNESP), located in the municipality of Dracena, in state of São Paulo, at 21°28'57" S and 51°31'58" W, and an average altitude of 421 m. According to the Köppen classification (1948), the climate in the region is type cwa, subtropical with mild and dry winters followed by very hot summers; the mean annual temperature is 23.6°C.

The genetic material used in the experiment came from six accessions of genus *Ficus*, comprising the 5-year-old Active Fig Germplasm Bank of the Teaching, Research and Extension Farm, on the Ilha Solteira Campus of FEIS/UNESP, in the municipality of Selvíria, Mato Grosso do Sul.

The accessions under analysis were 'Roxo de Valinhos', 'Palestino', 'Figo Vermelho', 'PI 189', 'Cuello Negro' and 'Turco'. Woody and semi-woody cuttings that served as material for propagation were standardised to a length of 20 cm, and removed from the accessions in October 2016. Seedlings from the accessions, developed as cuttings, were placed in a protected screened location and irrigated by misting at three-minute intervals, remaining in the nursery until finally planted in January 2017.

During the first year of cultivation, the plants were grown on a single stem, and topped in April 2017 to a height of 40 cm from the ground to avoid apical dominance and stimulate the emergence of lateral shoots. When the new shoots reached 10 cm, they were thinned, until only three branches remained, distributed to form a 120° angle, giving rise to the main branches of the plants. The most vigorous branch of each plant was selected from the regrowth when the physiological evaluations were made, and each plant was considered one experimental unit after treatment.

Há escassez de estudos em relação às diferenças e à eficiência fotossintética entre as cultivares de figueira. Assim, a hipótese do presente estudo fundamenta-se no fato de existir variabilidade genética entre os acessos de figueiras. Logo, é provável que alguns deles apresentem respostas semelhantes às da cultivar mais utilizada e, portanto, que também possuam potencial de adaptação e produção em regiões tropicais, aliviando a dependência do mercado interno de uma única cultivar. É uma pesquisa inovadora, visto a pouca disponibilidade de estudos encontrados na literatura com este foco; também apresenta uma abordagem experimental clara. Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar e comparar características fotossintéticas em seis acessos de figueiras cultivadas no Município de Dracena – SP.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo, na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT / UNESP), localizada no Município de Dracena, no estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: 21°28'57" S de Latitude e 51°31'58" O de Longitude e altitude média de 421 m. O clima regional é subtropical cwa, segundo a classificação de Köppen (1948), apresentando invernos brandos e secos seguidos de verões muito quentes, e a temperatura média anual é de 23,6°C.

O material genético utilizado foi proveniente de seis acessos pertencentes ao gênero *Ficus*, que compõem o Banco Ativo de Germoplasma de Figo, com 5 anos de idade, oriundos da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, da FEIS/UNESP - Campus de Ilha Solteira, localizada no Município de Selvíria-MS.

Os acessos analisados foram: "Roxo de Valinhos", "Palestino", "Figo Vermelho", "PI 189", "Cuello Negro" e "Turco". As estacas lenhosas e semi-lenhosas que serviram como material de propagação foram padronizadas com 20 cm e retiradas dos acessos em outubro de 2016. As mudas dos acessos, desenvolvidas por estaquia, foram colocadas em local protegido, telado e irrigadas por nebulização intermitente em intervalos de 3 minutos, permanecendo no viveiro até o plantio definitivo, realizado em janeiro de 2017.

No primeiro ano de cultivo, as plantas foram conduzidas em haste única, sendo despontadas, em abril de 2017 aos 40 cm de altura do solo, para eliminar a dominância apical e estimular o surgimento de brotações laterais. Das novas brotações, ao atingirem 10 cm, foi realizada uma desbrota, permanecendo apenas três ramos, distribuídos de maneira a formar entre si um ângulo de 120°, originando as 'pernadas' das plantas. O ramo mais vigoroso de cada planta foi selecionado a partir da rebrota, quando foram realizadas as avaliações fisiológicas, e cada planta foi considerada uma unidade experimental após o tratamento.

The experimental design was completely randomised, with 6 treatments and 6 replications. Each accession was considered one treatment, giving a total of 36 experimental units. The spacing, considered dense, was 1.5 x 1.5 m.

The evaluations were made between 10:00 and 14:00 on the middle region of a fully expanded leaf from the apical part of the crown, completely exposed to solar radiation, using portable gas-exchange equipment (model LC-Pro Infrared Gas Analyzer - IRGA, ADC Bio Scientific Ltd). The conditions initially determined to perform the measurements were 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ photosynthetically active radiation (PAR), provided by LED lamps, 380 ppm CO_2 and a chamber temperature of 28 °C.

The following characteristics were evaluated: net rate of CO_2 assimilation ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), stomatal conductance ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), internal CO_2 concentration, leaf transpiration rate ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and internal leaf temperature (°C). Water use efficiency ($\mu\text{mol mmol}^{-1}$) was taken as the net CO_2 assimilation divided by the value for leaf transpiration (DONOVAN; EHLERINGER, 1994).

The data were subjected to analysis of variance by F-test ($p \leq 0.05$). When this value was significant, the mean values were compared by Tukey's test at 5% probability. The statistical analysis was carried out using the SISVAR software (FERREIRA, 2014).

RESULTS AND DISCUSSION

The 'Roxo de Valinhos', 'Palestino', 'Cuello Negro' and 'Turco' cultivars did not differ statistically for the variable, net CO_2 assimilation. However, they stood out over the 'PI 189' cultivar. Only the 'Figo Vermelho' showed intermediate behaviour (Figure 1).

The net assimilation rate represents the photosynthesis performed by the plant. Therefore, superior performance in this variable results in an increase in quantum efficiency, and in the use and conversion of light energy (FERRAZ *et al.*, 2014), as well as its increased utilisation for phytomass allocation and the formation of better plant architecture (DALASTRA *et al.*, 2009). Silva *et al.* (2010) obtained similar results in the 'Roxo de Valinhos' cultivar, which were in general around 11 to 14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, varying in relation to the phyllotaxis of the plant.

For stomatal conductance (Figure 2), the 'Roxo de Valinhos' cultivar showed a better mean value than the 'Turco' and 'PI 189' cultivars, but did not differ statistically from 'Palestino', 'Figo Vermelho' or 'Cuello Negro'. The 'Turco' cultivar showed intermediate behaviour in relation to this variable.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 6 repetições. Cada acesso foi considerado um tratamento, totalizando 36 unidades experimentais. O espaçamento, considerado adensado, foi de 1,5 x 1,5 m.

As avaliações foram realizadas na região mediana de uma folha completamente expandida na parte apical da copa, estando totalmente exposta à radiação solar, no período compreendido entre 10 e 14 h, utilizando-se um equipamento portátil de trocas gasosas (Infra Red Gas Analyser -IRGA, marca ADC Bio Scientific Ltd, modelo LC-Pro). As condições inicialmente impostas para realização das medidas constaram de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), providas por lâmpadas LED, 380 ppm de CO_2 e temperatura da câmara em 28 °C.

Foram avaliadas as seguintes características: taxa de assimilação líquida de CO_2 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 , taxa de transpiração nas folhas ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e temperatura interna da folha (°C). A eficiência do uso da água ($\mu\text{mol mmol}^{-1}$) foi mensurada por meio da assimilação líquida de CO_2 dividida pelo valor da transpiração da folha (DONOVAN; EHLERINGER, 1994).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Quando significativo o F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cultivares Roxo de Valinhos, Palestino, Cuello Negro e Turco não diferiram estatisticamente entre si para a variável de assimilação líquida de CO_2 . Porém, sobressaíram-se sobre a cultivar PI 189. Apenas a cultivar Figo Vermelho apresentou comportamento intermediário (Figura 1).

A taxa de assimilação líquida representa a fotossíntese realizada pela planta. Dessa forma, um desempenho superior para essa variável resulta em aumento da eficiência quântica, aproveitamento e conversão da energia luminosa (FERRAZ *et al.*, 2014), além do maior aproveitamento para alocação em fitomassa e formação de uma melhor arquitetura das plantas (DALASTRA *et al.*, 2009). Silva *et al.* (2010) obtiveram resultados semelhantes aos alcançados para cultivar Roxo de Valinhos. Em geral, seus valores ficaram em torno de 11 a 14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, variando em relação à filotaxia da planta.

Em relação à condutância estomática (Figura 2), a cultivar "Roxo de Valinhos" apresentou melhor média em relação a cultivar Turco e PI 189, porém não diferiu estatisticamente das cultivares Palestino, Figo Vermelho e Cuello Negro. A cultivar Turco demonstrou comportamento intermediário em relação a essa variável.

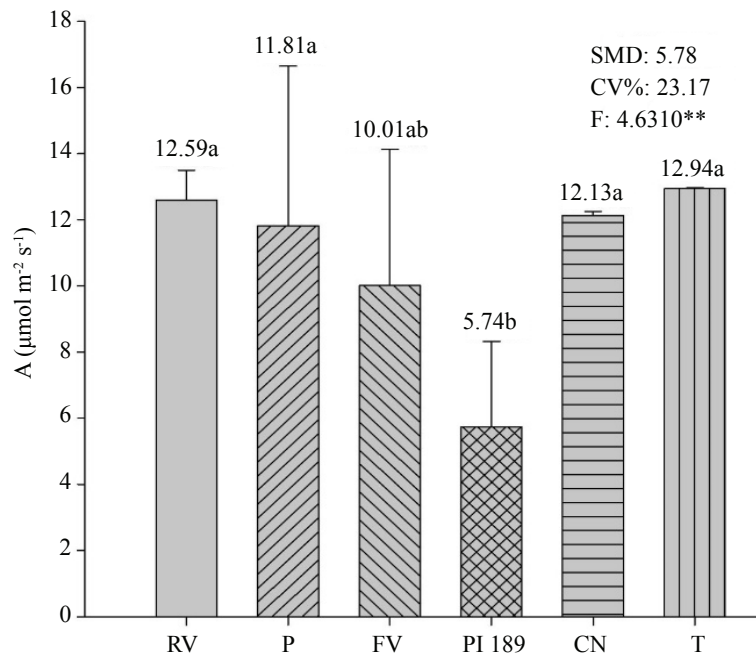


Figure 1 – Mean rate for photosynthesis (A) in six fig tree accessions.

SMD - Minimum significant difference; CV - Coefficient of variation; F - F-test at 1** and 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - Turco.

Figura 1 - Valores médios da taxa de fotossíntese (A) em seis acessos de figueiras.

SMD - Diferença mínima significativa; CV - Coeficiente de variação; F - Teste F a 1** e 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - turco.

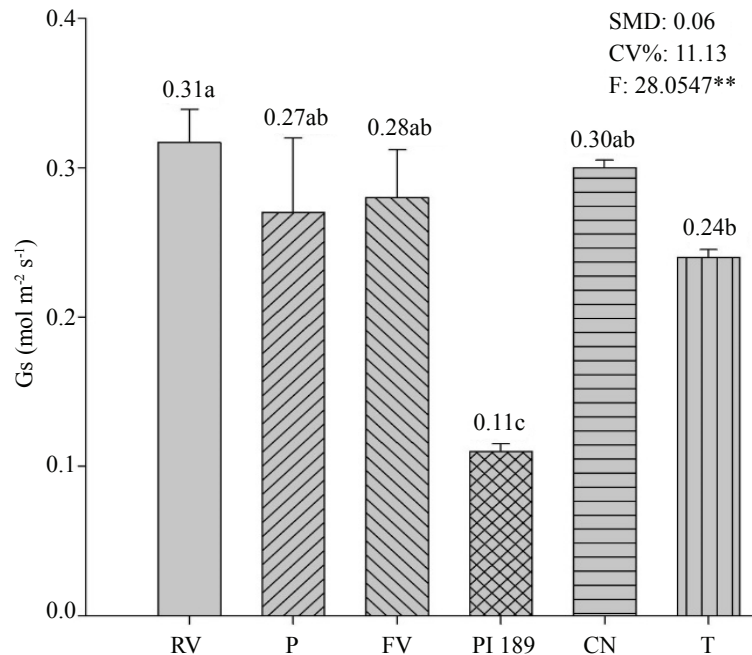


Figure 2 - Mean value for stomatal conductance (Gs) in six fig tree accessions.

SMD - Minimum significant difference; CV - Coefficient of variation; F - F-test at 1** and 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - Turco.

Figura 2 - Valores médios de condutância estomática (Gs) em seis acessos de figueiras.

SMD - Diferença mínima significativa; CV - Coeficiente de variação; F - Teste F a 1** e 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - turco.

The PI 189 accession had the lowest mean value for net CO₂ assimilation and stomatal conductance (Figures 1 and 2). These results are correlated, since stomatal conductance is directly related to the net rate of CO₂ assimilation, as low values may be associated with partial stomatal closure, reducing CO₂ entry to the rubisco carboxylation sites, thereby reducing net photosynthesis (DALLAGNOL *et al.*, 2011; PINHEIRO; CHAVES, 2011; RODRIGUES, *et al.*, 2011). Similar values for stomatal conductance of around 0.316 to 0.420 mol m⁻² s⁻¹ were reported by Silva *et al.* (2010) in an experiment with the 'Roxo de Valinhos' fig in a semi-arid region of Brazil.

The accessions showed no significant difference for internal CO₂ concentration (Figure 3).

Values of internal carbon may relate to C3 metabolism, and, it is likely that, when comparing the accessions under study, the lower rates of CO₂ assimilation and high rates of internal concentration can be explained by the low rate of stomatal conductance caused by stomatal closure (CHAVES *et al.*, 2011; TAIZ *et al.*, 2017).

The accessions showed differences regarding leaf transpiration (Figure 4). The 'Turco' cultivar presented the highest rate for this variable, which was significant in the 'Palestino', 'Figo Vermelho' and 'PI 189' accessions. However, it did not differ from the 'Roxo de Valinhos' or 'Cuello Negro' accessions. Transpiration is directly involved with water loss. Albuquerque *et al.* (2013) demonstrated that in young plants of *Khaya ivorensis* under low water conditions, there were significant reductions in the net rate of CO₂ assimilation, stomatal conductance, transpiration, and the ratio between the intercellular and environmental concentrations of CO₂. In situations where water is not a limiting factor, low values for leaf transpiration or stomatal conductance are no longer beneficial. In this study, these responses were accompanied by low rates of net photosynthesis (Figure 1).

Water comprises the occurrence matrix of the main biochemical processes, actively participating in the hydrolysis and ionisation reactions of photosynthesis, with cell division, growth and plant development being negatively affected in its absence (TAIZ *et al.*, 2017).

O acesso PI 189 teve menor média para assimilação líquida de CO₂ e condutância estomática (Figuras 1 e 2). Esses resultados estão correlacionados, pois a condutância estomática está diretamente relacionada à taxa de assimilação líquida de CO₂, uma vez que os baixos valores podem estar associados ao fechamento parcial dos estômatos, reduzindo a entrada de CO₂ até os sítios de carboxilação da rubisco, diminuindo assim a fotossíntese líquida (DALLAGNOL *et al.*, 2011; PINHEIRO; CHAVES, 2011; RODRIGUES, *et al.*, 2011). Valores semelhantes de condutância estomática foram relatados por Silva *et al.* (2010), em torno de 0,316 a 0,420 mol m⁻² s⁻¹, em ensaio com a figueira Roxo de Valinhos em região semiárida do Brasil.

Para a concentração interna de CO₂, os acessos não demonstraram diferença significativa entre si (Figura 3).

Os valores de carbono interno podem se relacionar ao metabolismo C3. Assim, é provável que, ao comparar os acessos estudados, as menores taxas de assimilação de CO₂ e altas de concentração interna sejam explicadas pela baixa taxa de condutância estomática ocasionada pelo fechamento dos estômatos (CHAVES *et al.*, 2011; TAIZ *et al.*, 2017).

Os acessos demonstraram diferenças em relação à transpiração das folhas (Figura 4). A cultivar Turco apresentou a maior taxa para essa variável, sendo significativa para os acessos Palestino, Figo Vermelho e PI189. Porém, não diferiu dos acessos "Roxo de Valinhos" e Cuello Negro. A transpiração está diretamente envolvida com a perda de água. Albuquerque *et al.*, (2013) demonstraram que em condições de baixo suprimento de água para plantas jovens de *Khaya ivorensis* houve reduções significativas nas taxas de assimilação líquida de CO₂, condutância estomática, transpiração e na razão entre concentração intercelular e ambiental de CO₂. Em situações nas quais a água não é fator limitante, valores baixos de transpiração da folha e condutância estomática deixam de ser vantajosos. Neste trabalho, essas repostas foram acompanhadas por baixas taxas de fotossíntese líquida (Figura 1).

A água constitui a matriz de ocorrência dos principais processos bioquímicos, participando ativamente nas reações de hidrólise e ionização da fotossíntese, sendo que, em sua ausência, divisão celular, crescimento e desenvolvimento vegetal são afetados negativamente (TAIZ *et al.*, 2017).

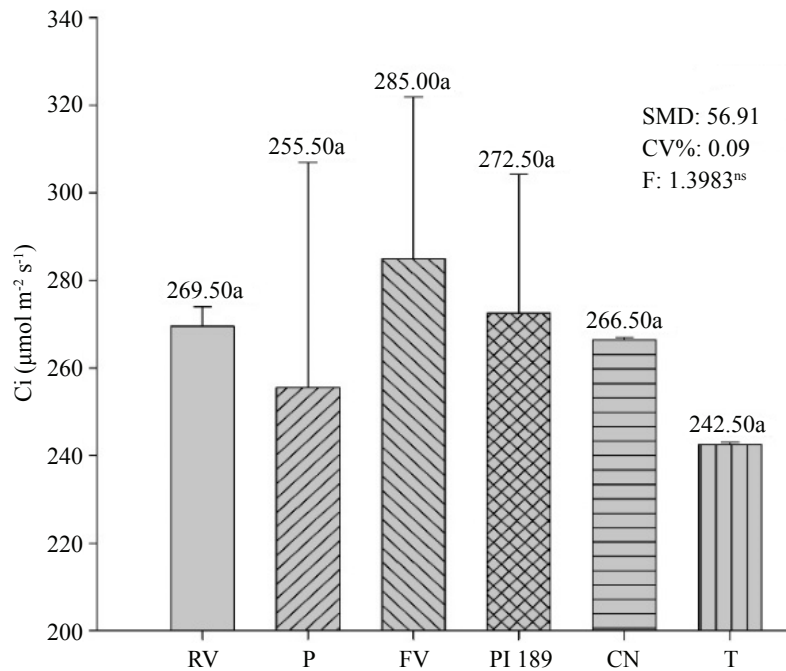


Figure 3 – Mean values for internal CO₂ concentration (Ci) in six fig tree accessions.

SMD - Minimum significant difference; CV - Coefficient of variation; F - F-test at 1** and 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - Turco.

Figura 3 - Valores médios da concentração interna de CO₂ (Ci) em seis acessos de figueiras.

SMD - Diferença mínima significativa; CV - Coeficiente de variação; F - Teste F a 1** e 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - turco.

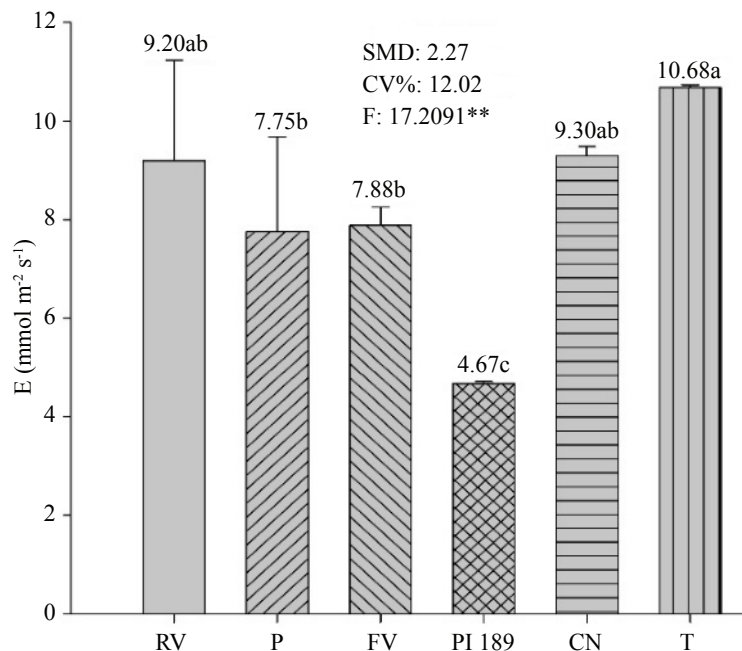


Figure 4 - Mean values for leaf transpiration rate (E) in six fig tree accessions.

SMD - Minimum significant difference; CV - Coefficient of variation; F - F-test at 1** and 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - Turco.

Figura 4 - Valores médios da taxa de Transpiração da folha (E) em seis acessos de figueiras.

SMD - Diferença mínima significativa; CV - Coeficiente de variação; F - Teste F a 1** e 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - turco.

For the characteristic, internal leaf temperature (Figure 5), the 'Turco' accession was superior to the others. This accession also stood out for the variable, leaf transpiration (Figure 4). Leaf transpiration is one of the factors involved in the energy balance that determines leaf temperature (LEUZINGER *et al.*, 2010). Morais *et al.* (2017), studying the influence of leaf temperature associated with low water availability in *Sclerolobium paniculatum* Vogel, demonstrated that there was a reduction in the rates of net CO₂ assimilation as a function of the increase in leaf temperature. Furthermore, thermal stress can lead to enzyme denaturation, disfiguring the active sites in the compounds participating in chemical reactions, and leading to the loss of their functional activity.

In environments with a water deficit, maintaining the status of turgescence is essential for proper plant development, and in such a situation the regulation of photosynthesis is low (BERTOLLI *et al.*, 2015). This reduction in photosynthetic efficiency is noticed when there is an imbalance between the energy captured by photosystems I and II and their biochemical conversion stage (BERTOLLI *et al.*, 2012).

There was no significant difference between accessions for water use efficiency (WUE) (Figure 6). Mejia-de Tafur *et al.* (2017), in their work with eucalyptus, demonstrate that there was no difference in water use efficiency between treatments involving rates of water reduction. The authors found a significance only in the treatment which included soaking.

WUE relates the production of biomass, as a function of CO₂ incorporation, to the amount of water lost through evapotranspiration (DONOVAN; EHLERINGER, 1994). The lack of any difference between the accessions for water use efficiency is due to net assimilation, which presented greater deviations than the values for the transpiration rate.

Considering that the physiological characteristics of photosynthetic processes are directly linked to the environment, the results show the existence of genetic variability between the accessions in relation to the photosynthetic variables being presented. The results support the initial hypothesis of this study: they show a potential for the adaptation, development and productivity of accessions evaluated in tropical regions, that can reduce the dependence of the domestic market on one single fig cultivar.

Para a característica temperatura interna da folha (Figura 5), o acesso Turco foi superior aos demais. Esse acesso também se sobressaiu para a variável de transpiração da folha (Figura 4). A transpiração das folhas é um dos fatores envolvidos no balanço energético que determina a temperatura foliar (LEUZINGER *et al.*, 2010). Morais *et al.* (2017), estudando a influência da temperatura foliar quando associada à baixa disponibilidade de água em *Sclerolobium paniculatum* Vogel (Taxi-branco), demonstraram que houve redução das taxas de assimilação líquida de CO₂ em função da elevação da temperatura foliar. Ademais, um estresse térmico pode levar as enzimas à desnaturação, desfigurando as regiões de encaixe nos compostos participantes das reações químicas, o que conduz à perda de sua atividade funcional.

Em ambientes com déficit hídrico, a manutenção do status de turgescência é essencial para um desenvolvimento adequado da planta, sendo que nesta situação é observada baixa regulação da fotossíntese (BERTOLLI *et al.*, 2015). A redução da eficiência fotossintética é percebida quando existe um desequilíbrio entre a energia capturada pelos fotossistemas I e II e sua fase de conversão bioquímica (BERTOLLI *et al.*, 2012).

Para a característica eficiência do uso da água (EUA), não houve diferença significativa entre os acessos (Figura 6). Mejia-de Tafur *et al.* (2017), em seus estudos com eucalipto, demonstram que não houve diferença na eficiência do uso da água entre os tratamentos quando envolvidas as taxas de redução hídrica. Os autores constataram uma significância somente para o tratamento com encharcamento.

A EUA relaciona a produção de biomassa, em função da incorporação de CO₂, pela quantidade de água evapotranspirada (DONOVAN; EHLERINGER, 1994). A ausência de diferença ocorrida entre os acessos para a eficiência do uso da água se deve à assimilação líquida, que apresentou desvios maiores do que os valores da taxa de transpiração.

Considerando que as características fisiológicas dos processos fotossintéticos estão diretamente ligadas ao ambiente, os resultados demonstram existência de variabilidade genética entre os acessos em relação às variáveis fotossintéticas apresentadas. Os resultados apoiam a hipótese inicial desse estudo, demonstram um potencial de adaptação, desenvolvimento e produtividade dos acessos avaliados em regiões tropicais, de forma a aliviar a dependência do mercado interno a uma única cultivar de figo.

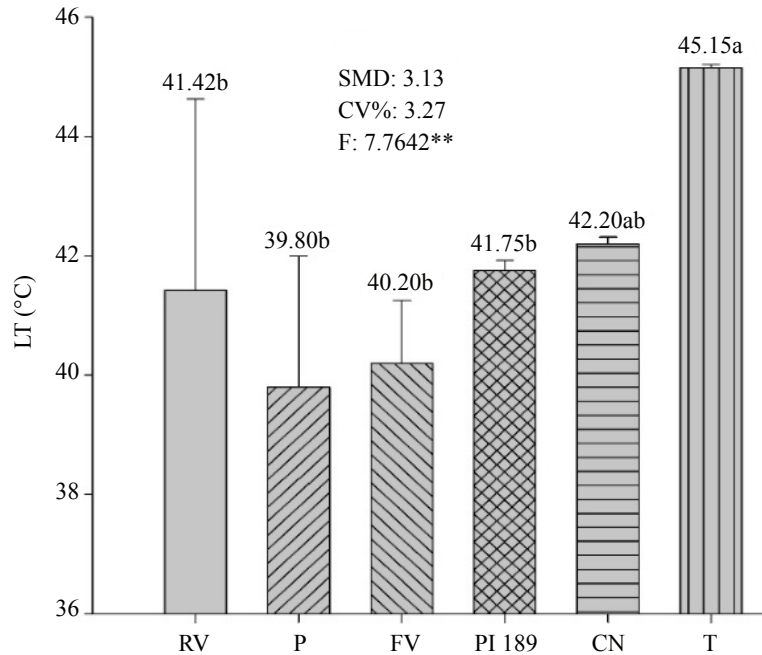


Figure 5 - Mean value for internal leaf temperature (LT) in six fig free accessions.

SMD - Minimum significant difference; CV - Coefficient of variation; F - F-test at 1** and 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - Turco.

Figura 5 - Valores médios temperatura interna da folha (LT) em seis acessos de figueiras.

SMD - Diferença mínima significativa; CV - Coeficiente de variação; F - Teste F a 1** e 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - turco.

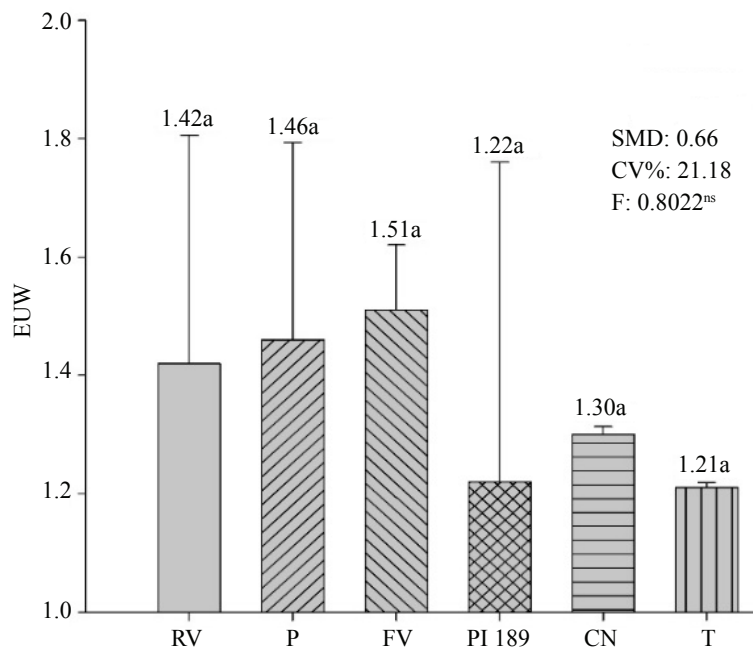


Figure 6 - Mean value for Water Use Efficiency (WUE) in six fig free accessions.

SMD - Minimum significant difference; CV - Coefficient of variation; F - F-test at 1** and 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - Turco.

Figura 6 - Valores médios de Eficiência do uso da água (EUA) em seis acessos de figueiras.

SMD - Diferença mínima significativa; CV - Coeficiente de variação; F - Teste F a 1** e 5*; RV - Roxo de Valinhos; P - Palestino; FV - Figo Vermelho; PI - PI 189; CN - Cuello Negro; T - turco.

CONCLUSIONS

Some of fig free accessions demonstrated the same performance as 'Roxo de Valinhos' for photosynthetic variables;

Dependence on a single cultivar should be reviewed, and further studies on other physiological and production characteristics should be carried out in order to validate each recommendation.

CONCLUSÕES

Alguns acessos de figueiras demonstraram o mesmo desempenho do Roxo de Valinhos sobre as variáveis fotossintéticas;

Assim, a dependência de uma única cultivar deve ser revista, devendo haver ainda novos estudos, com outras características fisiológicas e de produtividade, para validar uma recomendação.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I.; CASTRO, G. L.; RAMOS, E. M. L.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mognoafricano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 9-16, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000100002>

BELWAL, T.; NABAVI, S. F.; NABAVI, S. M.; HABTEMARIAM, S. Dietary anthocyanins and insulin resistance: when food becomes a medicine. **Nutrients**, v. 9, n. 10, p. 1-22, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/nu9101111>

BERTOLLI, S. C.; SOUZA, J.; SOUZA, G. M. Caracterização fotossintética da espécie isohídrica pata-de-elefante em condições de deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 196-2005, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n322rc>

BERTOLLI, S. C.; RAPCHAN, G. L.; SOUZA, G. M. Photosynthetic limitations caused by different rates of water-deficit induction in *Glycine max* and *Vigna unguiculata*. **Photosynthetica**, v. 50, n. 3, p. 329-336, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11099-012-0036-4>

CHAGAS, E. A.; BARBOSA, W.; PASQUAL, M.; PIO, R.; CHAGAS, P. C.; TIZATO, L. H. G.; BETTIOL NETO, J. E.; NEVES, A. A.; SCARPARE FILHO, J. A. Avaliação fenológica de cultivares e seleções de pessegueiros e nectarineiras com baixa exigência de refrigeração. **Acta Horticulturae**, v. 1, n. 962, p. 39-44, 2012.

CHAVES, M. M.; COSTA, M.; SAIBO, N. J. M. Recent advances in photosynthesis under drought and salinity. **Advances in Botanical Research**, v. 57, p. 49-104, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-387692-8.00003-5>

COSTA M.G.S.; CORREIA E.S.S.; REIS L.L.; WILCKEN S.R.S. Reação das figueiras a três espécies de nematoides das galhas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n.3, p. 617-622, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-168/14>

DALASTRA, I. M.; PIO, R.; CAMPAGNOLO, L. A.; DALASTRA, G. A.; CHAGAS, E. A.; GUIMARÃES, V. F. Épocas de poda na produção de figos verdes 'Purple Valinhos' em sistema orgânico na região oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 447-453, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000200019>

DALLAGNOL, L. J.; RODRIGUES, F. A.; MARTINS, S. C. V.; CAVATTE, P. C.; DAMATTA, F. M. Alterations on Rice leaf physiology during infection by *Bipolarisoryzae*. **Australasian Plant Pathology**, v. 40, n. 4, p. 360-365, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13313-011-0048-8>

DONOVAN, L. A.; EHLERINGER, J. R. Carbon isotope discrimination, water-use efficiency, growth and mortality in a natural shrub population. **Oecologia**, v. 100, n. 3, p. 347-354, 1994. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00316964>

FERREIRA, D. F. SISVAR: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>

FERRAZ, R. L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; MAGALHÃES, I. D.; FERNANDES, P. D.; ROCHA, M. S. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. **Semina**, v. 35, n. 2, p. 735-748, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n2p735>

- FREITAS, R. N. S.; SOUZA, P. A.; SILVA, M. E. T.; SILVA, F. L.; MARACAJÁ, P. B. A caracterização pós-colheita de figos (*Ficus carica* L.) é realizada sob várias condições de cultivo na Chapada do Apodi-CE. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 43-46, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i1.3316>
- FRONZA, D.; BRACKMANN, A.; CARLESSO, R.; ANESE, R. de O.; BOTH, V.; PAVANELLO, E. P.; HAMANN, J. Produtividade e qualidade de figos Purple Valinhos à fertirrigação e ao armazenamento refrigerado. **Revista Ceres**, v. 57, n. 4, p. 494-499, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2010000400009>
- LEUZINGER, S.; VOGT, R.; KÖRNER, C. Tree surface temperature in an urban environment. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, p. 56-62, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.08.006>
- MEJIA-DE TAFUR, M. S.; RIAÑO-HERRERA, N. M.; URREGO-MESA, J. B.; IBARRA-ESPINOSA, D. M.; ZAPATA-DUQUE, C. M. Effect of soil water availability on gas exchange in young trees of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Acta Agronómica**, v. 66, n. 4, p. 549-557, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v66n4.58194>
- MORAIS, R. R.; ROSSI, L. M. B.; HIGA, R. C. V. Trocas gasosas de plantas jovens de taxi-branco submetidas à variação de temperatura foliar e suspensão da irrigação. **Ciência Florestal**, v. 5, n. 1, p. 97-104, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509826450>
- NOBERTO, P.; ALVARENGA, A. A.; ANDRADE, J. C.; RODRIGUES, F. A.; PEREIRA, L. V.; GONÇALVES, E. D. Cultivo da Figueira “Purple Valinhos” em Diferentes Densidades Vegetais para Produção de Figos Verdes para Indústria na Região do Campo das Vertentes-MG. **Agricultural Sciences**, v. 9, p. 1097-1106, 2018.
- PINHEIRO, C.; CHAVES, M. M.; Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 3, p. 869-882, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erq340>
- RODRIGUES, H. J. B.; COSTA, R. F.; RIBEIRO, J. B. M.; FILHO, D. C. S.; RUIVO, M. L. P.; JÚNIOR, J. A. S. Variabilidade sazonal da condutância estomática em um ecossistema de manguezal amazônico e suas relações com variáveis meteorológicas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 189-196, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862011000200003>
- SILVA, A. C.; LEONEL, S.; SOUZA, A. P.; DOMINGOS, J. R.; DUCATTI, C. Trocas gasosas e ciclo fotossintético da figueira ‘Purple Valinhos’. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1270-1276, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010000600005>
- SILVA, F. S. O.; PEREIRA, E. C.; MENDONÇA, V.; SILVA, R. M.; ALVES, A. A. Phenology and yield of the ‘roxo de valinhos’ fig cultivar in western Potiguar. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 802-810, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n329rc>
- SOUZA, M. E.; JEMNI, M.; OTON, M.; LEONEL, S.; MELGAREJO, P.; ARTÉS, F. Atributos físico-químicos e aceitabilidade dos frutos de figueiras cultivadas na Espanha. **Nativa**, v. 2, n. 3, p. 138-142, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v02n03a02>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.
- WOJDYŁO, A.; NOWICKA, P.; CARBONELL-BARRACHINA, Á. Phenolic compounds, antioxidant and antidiabetic activity of different cultivars of *Ficus carica* L. fruits. **Journal of Functional Food**, v. 25, p. 421-432, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2016.06.015>