

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO - *CAMPUS* RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS- AGRONOMIA

DESEMPENHO DE *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd CULTIVADA
SOB SOMBREAMENTO

Autora: Ellen Carla Francisca Alexandre
Orientador: Dr. Adriano Jakelaitis

Rio Verde - GO
Julho - 2016

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO - *CAMPUS* RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS- AGRONOMIA

DESEMPENHO DE *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd CULTIVADA
SOB SOMBREAMENTO

Autora: Ellen Carla Francisca Alexandre
Orientador: Dr. Adriano Jakelaitis

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS- AGRONOMIA, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Agrárias-Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde – Área de concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde - GO
Julho - 2016

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Alexandre, Ellen Carla Francisca.

A381d Desempenho de *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd cultivada sob sombreamento / Ellen Carla Francisca Alexandre; orientador Adriano Jakelaitis – Rio Verde, 2016.
76 f.: il. figs. tabs.

Tese (Doutorado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - *Campus* Rio Verde. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

1. Hortaliça não convencional. 2. Composição mineral. 3. Micro morfometria. 4. Cinética de secagem. 5. Farinha. I. Jakelaitis, Adriano orientador. II. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – *CAMPUS* RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-
AGRONOMIA

DESEMPENHO DE *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd CULTIVADA
SOB SOMBREAMENTO

Autora: Ellen Carla Francisca Alexandre
Orientador: Dr. Adriano Jakelaitis

TITULAÇÃO: Doutora em Ciências Agrárias- Agronomia – Área de
concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

APROVADA em 21 de julho de 2016.

Dr. Carlos Frederico de Souza Castro
Avaliador interno
Membro- IF Goiano/ Rio Verde

Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira
Avaliador interno
Membro- IF Goiano/ Iporá

Dr. José Wesseli de Sá Andrade
Avaliador interno
Membro- IF Goiano/ Rio Verde

Dr. Sebastião Carvalho Vasconcelos Filho
Avaliador interno
Membro- IF Goiano/ Rio Verde

Dr. Adriano Jakelaitis
Presidente da banca
Membro- IF Goiano/ Rio Verde

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido a vida, a proteção, o cuidado, o amor, pois se não fosse da sua bendita misericórdia não teria chegado até aqui, tudo o que conquistei foi proporcionado por Ele.

A toda minha família, minha mãe Joana D'arc Francisca Alexandre, meus irmãos José Carlos F. Alexandre e Marta F. Alexandre, e a todos os meus tios, pois todos sempre me apoiaram e me ajudaram de alguma forma. A meu tio Alancardec Francisco Alexandre, em especial, pois a ideia inicial de continuar os meus estudos surgiu dele. Ao meu tio Carlos Roberto Francisco Alexandre, que está ao lado de Deus, que estaria muito orgulhoso de mim neste momento especial.

A todos os professores, membros da banca, que transmitiram seus conhecimentos, e aos amigos do programa, funcionários da instituição, que foram importantes no decorrer da caminhada, pois estiveram ao meu lado, ajudando-me de alguma forma, mesmo com sua preciosa amizade e companheirismo, que cooperaram para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao professor José Wesseli de Sá Andrade, por conceder uma área no setor olericultura para a realização do experimento. Aos professores: Carlos Frederico de Souza Castro, Geovana Rocha Plácido, Katia Cylene Guimarães, Marco Antônio Pereira da Silva, Osvaldo Resende e Sebastião Carvalho Vasconcelos Filho, por terem disponibilizado os laboratórios para realização das análises, pois as parcerias foram de grande importância para a pesquisa.

Aos estudantes: Leandro Spíndola Pereira, Higor Leão de Sousa, Lucas Carvalho Alves e Douglas Oliveira Leite, por terem me auxiliado na realização do experimento. Aos funcionários do setor de olericultura: Sebastião Marques de Oliveira e Janir Martins da Silva e a todos que trabalham nos laboratórios, por terem transmitido seus conhecimentos quando possível.

Ao Adriano Jakelaitis, que me orientou, apoiou e confiou em meu trabalho, me deu a chance de concluir o doutorado, pois sem sua orientação não seria possível.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- Campus Rio Verde, por ter oferecido o curso. Aos professores: Alan Carlos Costa, Fabiano Guimarães Silva e Frederico Antônio Loureiro Soares por estarem na direção do programa e da instituição, trazendo crescimento e melhorias.

BIOGRAFIA DA AUTORA

ELLEN CARLA FRANCISCA ALEXANDRE, filha de Joana D'arc Francisca Alexandre e Isolino Afonso da Silva, nasceu dia 18 de março 1984, em Morrinhos, Goiás, Brasil.

Em 2010, graduou-se em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas, pela Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Morrinhos.

Em 2013, obteve o título de mestra em Ciências Agrárias, pelo no Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Ciências Agrárias, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- *Campus* Rio Verde, defendendo a dissertação intitulada: Produção de biodiesel metílico de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) via catálise homogênea.

Em agosto de 2013, ingressou no Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Ciências Agrárias- Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- *Campus* Rio Verde, defendendo, em 21 de julho de 2016, a tese intitulada: Desempenho de *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd cultivada sob sombreamento.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	xi
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 <i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd.....	1
1.2 Estresse luminoso.....	4
1.3 Secagem.....	5
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	8
3 OBJETIVOS.....	12
3.1 Objetivos específicos.....	12
4 CAPÍTULO I.....	13
CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA DA PLANTA E MICROMORFOMETRIA FOLIAR DE <i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd CULTIVADA SOB SOMBREAMENTO	
Resumo; Palavras-chaves.....	13
Abstract; Key-Words.....	14
4.1 Introdução.....	15
4.2 Material e Métodos.....	16
4.3 Resultados e Discussão.....	19

4.4 Conclusão.....	32
4.5 Referências Bibliográficas.....	32
5 CAPÍTULO II.....	36
COMPOSIÇÃO MINERAL E BROMATOLÓGICA DE <i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd CULTIVADA SOB SOMBREAMENTO	
Resumo; Palavras-chaves.....	36
Abstract; Key-Words.....	37
5.1 Introdução.....	38
5.2 Material e Métodos.....	39
5.3 Resultados e Discussão.....	41
5.4 Conclusão.....	53
5.5 Referências Bibliográficas.....	54
6 CAPÍTULO III.....	58
CINÉTICA DE SECAGEM DAS FOLHAS DE <i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA	
Resumo; Palavras-chaves.....	58
Abstract; Key-Words.....	59
6.1 Introdução.....	59
6.2 Material e Métodos.....	60
6.3 Resultados e Discussão.....	64
6.4 Conclusão.....	72
6.5 Referências Bibliográficas.....	73
7 CONCLUSÃO GERAL.....	75

ÍNDICE DE TABELAS

Página

CAPÍTULO II

COMPOSIÇÃO MINERAL E BROMATOLÓGICA DE *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd
CULTIVADA SOB SOMBREAMENTO

Tabela 1. Efeitos do sombreamento sobre os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe) e boro (B) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.....42

Tabela 2. Efeitos do sombreamento sobre os teores de potássio (K), magnésio (Mg) e zinco (Zn) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.....42

Tabela 3. Efeitos do sombreamento sobre o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.....46

Tabela 4. Efeitos do sombreamento sobre o acúmulo de ferro (Fe) e zinco (Zn) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.....47

Tabela 5. Efeitos do sombreamento sobre os teores de carboidratos totais (CT), cinzas (CI), extrato etéreo (EE), fibra de detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HC), proteína bruta (PB) e umidade (UM) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.....50

CAPÍTULO III

CINÉTICA DE SECAGEM DAS FOLHAS DE *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de produtos agrícolas.....61

Tabela 2. Coeficientes de determinação (R², %), erros médio relativo (P, %) e estimado (SE, decimal) para os onze modelos analisados durante a secagem das folhas de *Talinum triangulare* nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.....64

Tabela 3. Coeficiente do modelo de Page e Midilli ajustados para a secagem das folhas de *Talinum triangulare* nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.....66

Tabela 4. Valores médios do coeficiente de difusão (m² s⁻¹) obtidos para a secagem das folhas de *Talinum triangulare* nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.....67

Tabela 5. Concentrações de minerais (mg 100g⁻¹ de matéria seca) das farinhas de folhas de *Talinum triangulare* após secagem em diferentes temperaturas, comparadas com a literatura e com valores de ingestão diária recomendada para adultos segundo a ANVISA.....68

Tabela 6. Valores médios dos teores de água (%), cinzas (%), proteína total (%), extrato etéreo (%), carboidratos totais (%) das farinhas das folhas da hortaliça não convencional *Talinum triangulare* após a secagem em diferentes temperaturas.....69

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1. *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd.: A, B- Cultivo das plantas sob sombreamento; C- Aspecto geral da planta; D- Corte horizontal da raiz; E- Flores.....1

CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA DA PLANTA E MICROMORFOMETRIA FOLIAR DE *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd CULTIVADA SOB SOMBREAMENTO

Figura 1. Altura de plantas (A), número de folhas (B), diâmetro do caule (C), e área foliar (D) de *Talinum triangulare* em função dos níveis de sombreamento.....20

Figura 2. Comprimento (A), volume (B), massa fresca (C) e massa seca (D) de raiz de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.....22

Figura 3. Massa fresca de folhas (A), massa fresca de caule (B), massa seca de folhas (C) e massa seca de caule (D) de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.....23

Figura 4. Área foliar específica (A), razão de área foliar (B), razão de peso foliar (C) e razão raiz/parte área (D) de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.....24

Figura 5. Distribuição de massa seca de folhas, caules e raízes de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.....25

Figura 6. Índice estomático (A), densidade estomática (B) da face abaxial e índice estomático (C), densidade estomática (D) da face adaxial de folhas de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.....27

Figura 7. Espessura da epiderme das faces abaxial (A) e adaxial (B), parênquimas esponjoso (C) e paliçádico (D) e mesofilo (E) de folhas de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.....29

Figura 8. Cortes transversais corados com azul de toluidina, das folhas de plantas de *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd obtidas em diferentes níveis de sombreamento, sendo: A: 18% de sombreamento; B: 30%; C: 50% e D: pleno sol. Ep Ad: epiderme adaxial; Ep Ab: epiderme abaxial; Pc: parênquima clorofiliano. Barras: 200 μm31

CAPÍTULO II

COMPOSIÇÃO MINERAL E BROMATOLÓGICA DE *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd CULTIVADA SOB SOMBREAMENTO

Figura 1. Teores de cálcio (A), fósforo (B), enxofre (C), potássio (D), magnésio (E) e zinco (F) em plantas de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.....43

Figura 2. Efeitos do sombreamento sobre o acúmulo de potássio (A) e manganês (B) e de ferro (C) e zinco (D) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.....48

Figura 3. Fibra de detergente ácido (A), fibra em detergente neutro (B), hemicelulose (C) e umidade (D) em plantas de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.....51

CAPÍTULO III

CINÉTICA DE SECAGEM DAS FOLHAS DE *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA

Figura 1. Valores da cinética de secagem das folhas de *Talinum triangulare*, experimentais e estimados pelo modelo de Page para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.....66

Figura 2. Micrografias das farinhas de folhas de *Talinum triangulare* após secagem em diferentes temperaturas. Microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 30x (à esquerda) e 500x (à direita): (a) e (b) 50 °C; (c) e (d) 60 °C; (e) e (f) 70 °C; e (g) e (h) 80 °C.....71

Figura 3. Espectros de absorção na região do infravermelho das farinhas das folhas de *Talinum triangulare* após secagem nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.....72

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

%	Porcentagem.....-
µm	Micrômetro.....-
Al	Alumínio.....-
As	Arsênio.....-
Aw	Tropical.....-
B	Boro.....-
b.s.	Base seca.....Kg de matéria seca/kg de massa seca
c	Espessura da folha.....m
Ca	Cálcio.....-
CaCl ₂	Cloreto de cálcio.....-
CAM	Metabolismo do ácido crassuláceo.....-
Cd	Cádmio.....-
CIELAB	Coordenadas colorimétricas: L*, a* e b*.....-
cmol _c	Centimol de carga.....-
CO ₂	Dióxido de carbono.....-
Cr	Cromo.....-
CT	Carboidratos totais.....%
Cu	Cobre.....-
dm ³	Decímetro cúbico.....-
Do	Fator pré-exponencial.....-
Ea	Energia de ativação.....kJ.mol ⁻¹
EE	Extrato etéreo.....%

Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.....-
Ep Ab	Epiderme abaxial.....-
Ep Ad	Epiderme adaxial.....-
F	Flúor.....-
FDA	Fibra em detergente ácido.....%
FDN	Fibra em detergente neutro.....%
Fe	Ferro.....-
FSII	Fotossistema II.....-
GLR	Graus de liberdade do modelo.....-
h	Hora.....-
Hg	Mercúrio.....-
HM	Hemicelulose.....-
HRV	Herbário Rio Verde.....-
IDR	Ingestão diária recomendada.....mg
K	Potássio.....-
kJ.kmol^{-1}	Quilojoule por Mol.....-
LVdf	Latossolo Vermelho distroférrico.....-
m	Metro.....-
m^2	Metro quadrado.....-
m^3	Metro cúbico.....-
MEV	Microscopia eletrônica de varredura.....-
Mg	Magnésio.....-
mg	Miligrama.....-
mm	Milímetro.....-
MM	Matéria mineral.....-
mm^2	Milímetro quadrado.....-
Mn	Manganês.....-
Mo	Molibdênio.....-
N	Nitrogênio.....-
N	Número de observações experimentais.....-
Ni	Níquel.....-
nm	Nanômetro.....-

nt	Número de termos.....-
°C	Grau celsius.....-
P	Erro médio relativo.....-
P	Fósforo.....-
PAR	Radiação fotossinteticamente ativa.....-
PB	Proteína bruta.....%
Pb	Chumbo.....-
PC	Parênquima clorofiliano.....-
pH	Potencial hidrogeniônico.....-
PI _{ABS}	índice de desempenho com base na absorção.....-
PI _{total}	índice de desempenho total.....-
ppm	Partículas por milhão.....-
R	Constante universal dos gases.....8,134 kJ.kmol ⁻¹ .K ⁻¹ ;
R ²	Coefficiente de determinação.....-
RX	Razão de teor de água do produto.....Decimal, b.s.
S	Área da superfície do produto.....m ²
S	Enxofre.....-
SE	Desvio padrão da estimativa.....-
Se	Selênio.....-
Tab	Temperatura absoluta.....K
UM	Umidade.....-
UV	Ultra violeta.....-
V	Luz vermelha.....-
Ve	Luz vermelha extrema.....-
Xe	Teor de água de equilíbrio do produto.....Decimal, b.s.
Xi	Teor de água inicial do produto.....Decimal, b.s.
Y	Valor experimental.....-
Ŷ	Valor estimado pelo modelo.....-
Zn	Zinco.....-

RESUMO

ALEXANDRE, ELLEN CARLA FRANCISCA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Julho de 2016. **Desempenho de *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd cultivada sob sombreamento.** Orientador: Adriano Jakelaitis.

Talinum triangulare (Jacq.) Willd, (Talinaceae) é conhecida por bredo, língua de vaca, beldroega, folha de água entre outros. É cultivada em larga escala com fins medicinal e alimentar. A luz, dentre os diversos fatores físicos ambientais é um importante regulador da produção primária, que contribui eficientemente para o crescimento das plantas, e diante disso são usadas malhas sombreadoras para produzir uma condição microclimática, apropriada para as plantas. Objetivou-se avaliar os efeitos diferentes níveis de sombreamentos nas características biométricas e anatômicas das plantas de *T. triangulare*; avaliar sob diferentes níveis de sombreamentos o desempenho das plantas quanto ao acúmulo de nutrientes e composição centesimal nos órgãos das plantas; e a cinética de secagem das folhas de *T. triangulare* sob diferentes temperaturas e as características físico-químicas da farinha produzida. Foram realizadas análises biométricas e anatômicas das folhas. Foram feitas análises da composição mineral e centesimal das folhas, caules e raízes. As folhas selecionadas foram secas em estufa a temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C até atingir massa constante. Os resultados de secagem foram ajustados a modelos matemáticos usados para representação da secagem de produtos agrícolas. Com o aumento dos níveis de sombreamento houve incremento para as variáveis: altura de plantas, diâmetro do caule, área foliar, massa

fresca de folhas e caule, área foliar específica, razão de área foliar, espessura da epiderme da face abaxial e do mesófilo. Decréscimo para as variáveis: número de folhas, razão raiz/parte área, densidade estomática da face abaxial, densidade estomática da face adaxial e parênquima paliçádico. Permaneceram constantes as variáveis: comprimento de raiz, massa seca de folhas, massa seca de caule, razão de peso foliar, índice estomático da face adaxial, espessura da epiderme da face adaxial e parênquima esponjoso. As plantas demonstraram que respondem de maneira distinta ao sombreamento, apresentando alterações morfológicas e anatômicas, sugerindo plasticidade fenotípica, podendo ser cultivadas tanto em ambientes de sombra quanto de sol. Em valores médios foram observados maiores teores de minerais nos tecidos vegetais de *T. triangulare* na seguinte ordem: K>N>Ca>P>Mg>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu, e de acúmulo para: K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu. Quanto à composição bromatológica não foram observadas interações significativas entre os fatores testados apenas efeitos para os fatores principais relacionadas a carboidratos totais, fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HC), proteína bruta e umidade (UM) para os valores encontrados entre os órgãos da planta e para FDA, FDN, HC e UM em função dos níveis de sombreamento. A hortaliça não convencional *T. triangulare* pode ser utilizada para vários fins, e inclusive para alimentação humana quanto animal, para diminuir em período de seca a escassez de alimentos, visto que é uma alternativa devido a sua riqueza em nutrientes. Dos modelos testados o de Page foi o mais adequado para prever o fenômeno de secagem das folhas. O tempo necessário de secagem foi de 32, 10, 7 e 6 horas para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, respectivamente. Nas farinhas as concentrações de N, Mg e Cu foram influenciadas pelo aumento da temperatura de secagem. Não houve mudanças na estrutura química das farinhas provocadas pelo tratamento térmico.

Palavras-chaves: composição mineral, composição bromatológica, cinética de secagem, anatomia foliar.

ABSTRACT

ALEXANDRE, ELLEN CARLA FRANCISCA. Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano, July 2016. Performance of *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd grown under shade. Advisor: Adriano Jakelaitis.

Talinum triangulare (Jacq.) Willd (Talinaceae) is known as bredo, cow tongue, purslane, water sheet among others. It is cultivated on a large scale in medical and food purposes. The light from the various environmental physical factors is an important regulator of primary production, which effectively contributes to the growth of plants, so there were used shadow meshes to produce a microclimate condition, suitable for plants. This study aimed to evaluate the effect of different light intensities on biometric and anatomical features of *T. triangulare* plants; as well as to assess, under different levels of shading, the plant performance and the accumulation of nutrients and chemical composition in the organs of plants; and leaves drying kinetics of *T. triangulare* under different temperatures and the physic-chemical characteristics of the flour produced. Biometric and anatomical analyzes of leaves were made. Analyzes of the proximate and mineral composition of leaves, stems and roots were made. The selected sheets were dried at temperatures of 50, 60, 70 and 80 °C until constant mass. Drying results were fitted to mathematical models used to represent the drying agricultural products. With rising levels of shading there was an increase for the variables: plant height, stem diameter, leaf area, fresh weight of leaf and stem, specific leaf area, leaf area ratio, thickness of the epidermis of the abaxial and mesophyll. By other hand there was a decrease for the variables: number of leaves, root /area part ratio, stomatal density of abaxial face, stomatal density of

adaxial face and palisade. Remained constant the variables: root length, dry mass of leaves, stem dry weight, leaf/weight ratio, stomatal index of the adaxial face, thickness of the epidermis of the adaxial face and spongy parenchyma. The plants showed that respond differently to shading, with morphological and anatomical changes, suggesting phenotypic plasticity and can be grown both in shady and sunny environments. In average values were observed higher levels of minerals in plant tissue of *T. triangulare* in the following order: K>N>Ca>P>Mg>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu, and accumulation for: K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu. As for the chemical composition significant changes were observed among the tested factors only for the main factors related to total carbohydrates (TC), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), hemicellulose (HC), crude protein (CP) and humidity (HU) to the values found among the organs of the plant and ADF, NDF, HC and HU depending on the shading levels. The unconventional vegetable *T. triangulare* can be used for various purposes, including human as well as animals, to decrease in dry season food shortages, since it is an alternative due to its richness in nutrients. From tested models the Page was the most suitable for predicting the drying phenomenon of leaves. The time required for drying was 32, 10, 7 and 6 hours at temperatures of 50, 60, 70 and 80 °C respectively. In the flours the concentrations of N, Mg and Cu were influenced by increasing the drying temperature. There were no changes in the chemical structure of flour caused by heat treatment.

Key-words: mineral composition, chemical composition, drying kinetics, leaf anatomy.

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd

Talinum triangulare (Jacq.) Willd é uma planta anual, herbácea, que atinge de 20 a 40 cm de altura em média, lisa e glabra, reproduz-se por sementes e pode ser propagada por estaquia (Figura 1). Tem raiz pivotante, tuberosa, folhas alternas sésseis, carnosas, de limbo obovado, gradualmente atenuado para a base. Inflorescência apical, pedúnculo trígono alado, afilo com até 20 cm de comprimento. Flores em corimbo. Fruto cápsula subglobosa de 5 a 7 mm de diâmetro. Apresenta sementes lenticulares com 01 mm de tamanho em média (KISSMANN; GROTH, 1992).



Figura 1. *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd.: A, B- Cultivo das plantas sob sombreamento; C- Aspecto geral da planta; D- Corte horizontal da raiz; E- Flores.

Adapta-se bem ao clima quente e úmido, e à baixa fertilidade do solo (FASUYI, 2007). Pertencente à família Talinaceae, anteriormente Portulacaceae, (BRILHAUS et al., 2016), é conhecida no Brasil como beldroega-graúda, major-gomes, lustrosa grande, maria-gorda, erva-gorda, entre outras denominações comuns (LUCAS, 1988). Na Nigéria, é conhecida por folha de água (AJA et al., 2010; ENETE; OKON, 2010).

Originária da África Tropical, é atualmente cultivada em larga escala com fins medicinais e alimentares na América do Sul, Ásia e África, especialmente na Nigéria (FENNY et al., 1996; AGBONON et al., 2009). Na Nigéria, sua produtividade alcança 18-23 t/ha⁻¹ (LUCAS, 1988). Funciona como potencial biomarcador para a detecção de toxicidade de Pb (chumbo), desempenhando papel fundamental em relação à toxicidade e à estratégia de tolerância (KUMAR et al., 2012).

No Sudeste da Ásia e na América Latina, suas folhas são cultivadas para alimentação humana pelo seu valor nutricional e baixo custo (AKACHUKU; FAWUSI, 1995). No Brasil, é considerada hortaliça não convencional, e suas folhas são utilizadas principalmente nas regiões Norte e Nordeste, onde é consumida refogada, em omeletes, sopas e farofa (Brasil, 2010). Segundo Brasileiro (2010), as folhas de *T. triangulare* são ricas em N, K e Mg, com relação aos micronutrientes, verifica-se superioridade do Fé (14,33 mg.100g⁻¹) de biomassa seca.

As hortaliças não convencionais são aquelas com pouca distribuição, limitada a localidades ou regiões específicas, tendo grande influência na cultura e alimentação de populações tradicionais. Além disso, não estão organizadas na cadeia produtiva como as hortaliças convencionais tomate, batata, alface, repolho, entre outras, não estimulando o interesse comercial pelas empresas da área agrícola (BRASIL, 2010).

Na África, *T. triangulare* é usada intensiva e concomitantemente com medicamentos alopáticos no tratamento de doenças por pacientes ou por pessoas saudáveis para prevenir doenças, com a função de aumentar a resistência (FENNY et al., 1996; AGBONON et al., 2009). É utilizada para diversos fins medicinais como tratamento de sarampo, diabetes (FONTEM; SCHIPPERS, 2004) e como laxante (AGRA et al., 2008). É empregada também no tratamento tópico de feridas, favorecendo a cicatrização, pelo fato de suas folhas mucilaginosas serem emolientes (MORS et al., 2000).

Na província de Taiwan, República Popular da China, *T. triangulare* tem sido empregada na medicina popular no tratamento e prevenção de doenças hepáticas e câncer (LIANG et al., 2011). Em estudos com ratos, ela apresentou propriedades antiulcerosas significativas e promissoras, justificando, assim, seu uso no tratamento tradicional da úlcera péptica em diferentes partes da Nigéria (ONWURAH et al., 2013).

Aja et al. (2010) estudaram a composição fitoquímica de folhas *T. triangulare* secas e molhadas, tendo os resultados das amostras secas e úmidas revelado presença de flavonoides ($69,80 \pm 4,42$ mg/100 g e $58,33 \pm 9,00$ mg/100 g), alcaloides ($55,56 \pm 5,00$ mg/100 g e $13,89 \pm 5,00$ mg/100 g), saponinas ($1,48 \pm 0,20$ mg/100 g e $1,37 \pm 0,60$ mg/100 g) e taninos ($1,44 \pm 0,73$ mg/100 g e $1,09 \pm 0,26$ mg/100 g), respectivamente. As folhas de *T. triangulare* contêm uma quantidade apreciável de compostos bioativos, explicando o uso desta espécie para o tratamento de várias doenças.

Brasileiro (2010) verificou que a atividade antioxidante da *T. triangulare* variou significativamente entre sua época de plantio e de colheita, atingindo 56,97% nos extratos de plantas produzidas no inverno e colhidas aos 30 dias após o plantio. Os dados confirmam relação positiva entre o conteúdo de polifenóis e a atividade antioxidante do extrato, permitindo concluir que maiores teores de polifenóis e maior atividade antioxidante foram obtidos no plantio de inverno e em plantas colhidas 30 dias após a emergência.

Brasileiro (2010), estudando a anatomia de folhas de *T. triangulare*, verificou que esta espécie tem epiderme uniestratificada, revestida de cutícula delgada, anfiestomática e com estômatos paracíticos. O mesófilo tende a ser dorsiventral, com parênquima esponjoso com células hipertrofiadas e idioblastos contendo drusas de oxalato de cálcio. A nervura central é percorrida por feixe vascular colateral sem tecidos de sustentação. O pecíolo é curto com secção transversal aproximadamente triangular, cuja porção subepidérmica é caracterizada por discreta camada de colênquima angular.

Na porção apical, o caule tem secção transversal triangular, estrutura eustélica e feixes colaterais delimitando a medula e a região cortical, composta por células parenquimáticas volumosas. A porção subepidérmica de *T. triangulare* é caracterizada por uma camada de colênquima angular. Na porção basal, o caule apresenta formato circular, cerca de quatro camadas de colênquima angular e células parenquimáticas volumosas limitando internamente o

córtex. A zona vascular apresenta crescimento secundário incipiente, com presença de câmbio fascicular e interfascicular, porém sem formação de tecidos secundários na região interfascicular (BRASILEIRO, 2010).

1.2. Estresse luminoso

Os fatores abióticos variam no espaço e no tempo, podendo ser um fator limitante para o estabelecimento e crescimento da vegetação, também influenciando as características morfo-anatômicas das plantas (GIVNISH, 1984). Variações na qualidade e quantidade, presença ou ausência de luz influenciam fortemente o tipo de desenvolvimento que a planta irá apresentar, sendo a energia luminosa fundamental para seu desenvolvimento (POGGIANI et al., 1992).

O manejo das condições de irradiância, disponibilidade hídrica e de nutrientes é de grande importância para o desenvolvimento das espécies vegetais, sendo a irradiância uma variável difícil de controlar em ambientes naturais. O excesso de radiação pode causar destruição foto-oxidativa do aparato fotossintético, em particular no fotossistema II (FSII), causando prejuízos passageiros ou permanentes à eficiência quântica da fotossíntese. A exposição direta ao sol pode também causar aumento da temperatura das folhas e, conseqüentemente, da taxa respiratória, induzindo o fechamento estomático, diminuindo a fixação de carbono, acarretando maior consumo de fotoassimilados (KOZLOWSKI et al., 1991).

A variação da qualidade da luz ocorre pela absorção diferencial dos comprimentos de onda do espectro da luz que chegam até as plantas. A energia utilizada no processo fotossintético sucede dos comprimentos de onda da região do visível (400 a 700 nm), que vão à faixa da luz azul até a vermelha. A radiação com comprimento de onda na faixa da luz vermelha extrema (730 - 740 nm) é pouco absorvida pelas plantas, sendo dissipada na forma de reflexão (PATTERSON, 1985).

Em uma comunidade, como a luz vermelha extrema (V_e) não é absorvida, a relação luz vermelha/luz vermelha extrema (V/V_e) diminui em razão da presença das plantas. Dessa forma, a qualidade da luz é alterada precocemente pelas folhas do dossel e atua como um sinal importante entre as plantas da comunidade (SCHMITT; WULFF, 1993) na busca de adaptação e definição

de hierarquia em função dos recursos disponíveis no ambiente. A alteração na qualidade da luz é percebida pelo fitocromo e também por outros pigmentos não fotossintéticos como criptocromo, fototropina e pigmentos receptores de radiação ultravioleta ainda não identificados (NAGY et al., 2001).

Santos et al. (2014) recomendam produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale*) sob condições de sombreamento de telas termorrefletoras de 30% e 50%. Em seus estudos, os autores verificaram que a qualidade destas mudas foi influenciada pelos sombreamentos testados e tiveram os maiores crescimentos nos ambientes compostos de tela termorrefletora 50%, e um maior diâmetro de colo nos ambientes de sombrite 30% e tela termorrefletora 50%.

A malha negra é um método de sombreamento artificial que auxilia o controle de temperatura no local, sendo bastante utilizada em viveiros com diferentes espécies. A vantagem é que pode isolar e quantificar o efeito da amplitude luminosa e fornecer às parcelas condições de iluminação uniformes. Utilizando este método, pode-se estudar a quantidade ideal de irradiância para cada espécie (ENGEL, 1989).

As plantas sob sombreamento natural tendem a aumentar sua eficiência na captação de luz, aumentando o conteúdo de clorofila (LARCHER, 2000). A participação da qualidade da luz como fator de competição entre as plantas vem sendo atualmente abordada como uma forma de sinal precoce da presença de plantas que passarão a competir quantitativamente por luz em estádios futuros de desenvolvimento (SMITH, 2000).

Schock et al. (2014) averiguaram em seus estudos que a condição de sombreamento diminui a percentagem e velocidade de emergência das plântulas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e que a altura das plantas não é afetada pela diferença de luminosidade, porém plantas cultivadas em luminosidade reduzida apresentam caules menos espessos. Os autores observaram também que o número de folhas, os índices de desempenho PI_{ABS} (índice de desempenho com base na absorção) e PI_{total} (índice de desempenho total) e as maiores taxas assimilatórias líquidas e eficiência de carboxilação foram maiores nas plantas cultivadas em pleno sol.

De acordo com Siebeneichler et al. (2008), o ambiente de sombra natural não é apropriado para o desenvolvimento das mudas de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol., o teor de clorofila total nas plantas foi maior no ambiente de sombra natural e o crescimento das plantas foi

semelhante no ambiente de 50 e 100% de luminosidade. A condição de 100% de luminosidade pode ser utilizada para a produção de mudas. Conforme verificado nos trabalhos citados nesta revisão, cada espécie se comporta de modo diferente diante das condições impostas.

1.3 Secagem

Para garantir a qualidade e a estabilidade do produto após a colheita, a secagem é processo mais empregado. A secagem é um processo complexo, em que ocorre a transferência de calor e massa entre o ar de secagem e a matéria-prima a ser seca, em que o acréscimo da temperatura provoca no produto aumento da pressão parcial de vapor, gerando diminuição do teor de água (ARAÚJO et al., 2014). Para espécies medicinais, este processo é fundamental para a conservação e armazenamento, sendo empregado por indústrias farmacêuticas de fitoterápicos (LORENZI; MATOS, 2008).

Os microrganismos, as enzimas e todo o processo metabólico precisam de certa quantidade de água para desenvolver suas atividades. Fazendo a secagem, ocorrem diminuição da água disponível e, conseqüentemente, redução da velocidade das reações químicas no produto e também o desenvolvimento dos micro-organismos (CHRISTENSEN; KAUFMANN, 1974).

Grande parte dos estudos referentes à secagem de produtos agrícolas atribui o efeito de múltiplas variáveis externas como a umidade relativa, temperatura do ar, velocidade do ar, entre outras sobre a matéria-prima durante sua perda de água. Dependendo destes fatores, o processo de secagem pode durar desde algumas horas até alguns dias (DALPASQUALE; SPERANDIO, 2010).

Os fatores principais que prejudicam o processo de secagem são a temperatura e a velocidade do ar, e quanto maior forem esses fatores, menor o tempo de secagem do produto e a probabilidade de prejudicar a qualidade, em decorrência do estresse hídrico originado pela elevada taxa de secagem (CARLESSO et al., 2005).

Para representar a cinética de secagem, são empregados modelos matemáticos frente aos efeitos de diversas variáveis externas (CORRÊA et al., 2010). Os modelos matemáticos são de grande importância para as simulações matemáticas de camadas espessas de produto que irão

contribuir no projeto de criação de secadores ou no aprimoramento de secadores já em operação (BERBERT et al., 1995).

Para descrever a cinética de produtos agrícolas, há três tipos de modelos de secagem, que são: os teóricos, os semiteóricos e os empíricos. Os modelos teóricos consideram somente a resistência interna à transferência de calor e água entre o produto e o ar quente. Já os modelos semiteóricos e os empíricos consideram apenas a resistência externa, a umidade relativa do ar de secagem e a temperatura (MIDILLI et al., 2002; PANCHARIYA et al., 2002).

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGBONON, A. et al. In vitro inhibitory effect of West African medicinal and food plants on human cytochrome P450 3A subfamily. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 128, n. 2, p. 390-394, 2009.

AGRA, M.F. et al. Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 3, p. 472-508, 2008.

AJA, P.M. et al. Phytochemical composition of *Talinum triangulare* (water leaf) leaves. **Pakistan Journal Nutrition**, v. 9, n. 6, p. 527-530, 2010.

AKACHUKU, C.O.; FAWUSI, M.O.A. Growth characteristics, yield and nutritive value of waterleaf, *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd in a semi-wild environment. **Discovery and Innovation**, v. 7, n. 2, p. 163- 172, 1995.

ARAÚJO, W.D. et al. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 279–286, 2014.

BERBERT, P.A. et al. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 60, n. 3, p. 167-73, 1995.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não-convencionais**. Brasília: MAPA/ACS, 2010. 92 p.

BRASILEIRO, B.G. Germinação e produção de compostos fenólicos em plantas de *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd (Portulacaceae) tratadas com homeopatia. 2010. 123 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós Graduação em Fitotecnia. Viçosa, 2010.

BRILHAUS, D. et al. Reversible burst of transcriptional changes during induction of Crassulacean Acid Metabolism in *Talinum triangulare*. **Plant Physiology**, v. 170, n. 1, p. 102-122, 2016.

CARLESSO, V. de O. et al. Secagem de sementes de maracujá em camada delgada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 444-448, 2005.

CHRISTENSEN, C.M.; KAUFMANN, H.H. Microflora. In: Christensen, C. M. **Storage of cereal grain and their products**. St. Paul: American Association of Cereals Chemists, 1974. p. 158-192.

CORRÊA, P.C. et al. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.

DALPASQUALE, V.A.; SPERANDIO, D. Modelo de simulação de secagem de produtos agrícolas usando entalpia do ar constante. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 4, p. 726-731, 2010.

ENETE, A.A.; OKON, U.E. Economics of waterleaf (*Talinum triangulare*) production in Akwa Ibom State, Nigeria. **Field Actions Science Reports** [Online], v. 4, 2010. Disponível em: <http://factsreports.revues.org/438>. Acesso em: 24/02/2014.

ENGEL, V.L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia**. 1989. 202 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, 1989.

FASUYI, A.O. Bio-nutritional evaluations of three tropical leaf vegetables (*Telfairia occidentalis*, *Amaranthus cruentus* and *Talinum triangulare*) as sole dietary protein sources in rat assay. **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 757-765, 2007.

FENNY, K.L. et al. **Uji aktivitas imunostimulan daun ginseng Sumatera (*Talinum triangulare* Willd) leaves and Korea ginseng (*Panax ginseng* C.A. Mayer) leaves**. Skripsi, Department Farmasi, Institute Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia. 1996.

FONTEM, D.A.; SCHIPPERS, R.R., 2004. ***Talinum triangulare* (Jacq.) Willd**. Record from Protabase. Grubben, G. J. H.; Denton, O. A. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/ Ressources végétales de l’Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. Disponível em: <http://www.prota4u.info/searchresults.asp>. Acesso em 15/03/2014.

GIVNISH, T.J. Adaptações folha e do dossel das florestas tropicais. In: Medina, E.; Mooney HÁ; Vasques-Yanes, C. (eds.) **Ecologia fisiológica de plantas nos trópicos úmidos**. Haia, o Dr. W. Junk Publishers, p. 51-84, 1984.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF, v. 2, 1992. 798 p.

KOZLOWSKI, T.T. et al. **The Physiological Ecology of Woody Plants**. San Diego: Academic Press. 1991, 657 p.

KUMAR, A. et al. O. Lead toxicity, defense strategies and associated indicative biomarkers in *Talinum triangulare* grown hydroponically. **Chemosphere**, v. 89, n. 9, p. 1056-1065, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

LIANG, D. et al. Studies on the antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Talinum triangulare*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 136, n. 2, p. 316-321, 2011.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: Nativas e exóticas**. 2 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., 2008. 544p.

LUCAS, E.O. The potencial of leaf vegetables in Nigeria. **Outlook on Agriculture**, v. 17, n. 4, p. 163-168, 1988.

MIDILLI, A. et al. New model for single-layer drying. **Drying Technology**, v. 20, n. 7, p.1503-1513, 2002.

NAGY, F. et al. Intracellular trafficking of photoreceptors during light-induced signal transduction in plants. **Journal of Cell Science**, v. 114, n. 3, p. 475-480, 2001.

NYFFELER, R.; EGGLI, U. Disintegrating Portulacaceae: a new familial classification of the suborder Portulacineae (Caryophyllales) based on molecular and morphological data. **Taxon**, v. 59, n. 1, p. 227- 240, 2010.

ONWURAH, N.N. et al. A.O. Antiulcer properties of aqueous extract of *Talinum triangulare* leaves in experimentally induced gastric ulceration in mice. **Asian journal of biochemical and pharmaceutical research**, v. 03, n. 1, p. 4-7, 2013.

PANCHARIYA, P.C. et al. Thin-layer modeling of black tea drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 4, p. 349- 357, 2002.

PATTERSON, D.T. Comparative ecophysiology of weeds and crops. In: DUKE, S. O. (Ed.) **Weed physiology. Reproduction and Ecophysiology**. Boca Raton: CRC Press, 1985, p. 102-129.

POGGIANI, F. et al. **Efeito do sombreamento sobre o crescimento das mudas de três espécies florestais**. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. Anais... Campos do Jordão: SBS, 4 (nº único): 564-569, 1992.

SANTOS, U.F. et al. Níveis de sombreamento na produção de mudas de Pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale*). **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 129-136, 2014.

SCHMITT, J.; WULFF, R.D. Light spectral quality, phytochrome and plant competition. **Tree**, v. 8, n. 2, p. 47-51, 1993.

SCHOCK, A.A. et al. Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-mansão cultivadas em diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 3-9, 2014.

SIEBENEICHLER, S.C. et al. Características morfofisiológicas em plantas de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. em condições de luminosidade. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 3, p. 467-472, 2008.

SMITH, H. Phytochromes and light signal perception by plants? An emerging synthesis. **Nature**, v. 407, n. 6804, p. 585-591, 2000.

3. OBJETIVOS

Estudar o desempenho da hortaliça não convencional *T. triangulare* em função dos níveis de sombreamentos.

3.1 Objetivos específicos

Determinar quais variáveis biométricas das plantas e a micro morfometria foliar de *T. triangulare* são afetadas quando cultivadas a pleno sol e a 18, 30 e 50% de sombra;

Avaliar a composição centesimal e mineral de *T. triangulare* cultivadas a pleno sol e a 18, 30 e 50% de sombra;

Realizar a cinética de secagem de folhas de *T. triangulare* sob diferentes temperaturas de secagem e avaliar as características físico-químicas, composição mineral e centesimal e alterações estruturais na farinha produzida.

4. CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA DA PLANTA E MICROMORFOMETRIA FOLIAR DE *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd CULTIVADA SOB SOMBREAMENTO

RESUMO: *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd (Talinaceae) é conhecida por bredo, língua de vaca, beldroega e por folha de água, sendo cultivada com fins medicinais e alimentares. Entre os diversos fatores físicos ambientais, a luz é um importante regulador da produção primária, contribuindo diretamente para o crescimento das plantas. Contudo, o sucesso de cada indivíduo depende das respostas morfoanatômicas na presença de luz. Objetivou-se, com este trabalho, determinar quais variáveis biométricas das plantas de *T. triangulare* e sua micromorfometria foliar são afetadas quando cultivadas a pleno sol e a 18, 30 e 50% de sombra. Testou-se, em canteiros dispostos em blocos, o cultivo de *T. triangulare* sob os níveis de sombreamento de 0, 18, 30 e 50%, em quatro repetições. Foram feitas avaliações biométricas referentes à altura de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, comprimento e volume do sistema radicular, massas frescas e secas de folhas, caule e raiz e avaliações anatômicas referentes a índice estomático, densidade estomática, espessura da epiderme, dos parênquimas esponjoso e paliádico e mesófilo. Com o aumento dos níveis de sombreamento, houve incremento para as variáveis altura de plantas, diâmetro do caule, área foliar, massa fresca de folhas, massa fresca de caule, área foliar específica, razão de área foliar, espessura da epiderme da face abaxial e do mesófilo e decréscimo para as variáveis número de folhas, razão raiz/parte área, densidade

estomática da face abaxial e adaxial e parênquima paliçádico. Permaneceram constantes as variáveis comprimento de raiz, massa seca de folhas, massa seca de caule, razão de peso foliar, índice estomático da face adaxial, espessura da epiderme da face adaxial e parênquima esponjoso. As plantas responderam de maneira distinta ao sombreamento, apresentando alterações morfológicas e anatômicas, sugerindo plasticidade fenotípica, podendo ser cultivadas tanto em ambientes de sombra quanto de sol.

Palavras-chave: crescimento, descrição, anatomia, plasticidade, luminosidade.

**BIOMETRIC CHARACTERIZATION AND ANATOMICAL OF *Talinum triangulare*
(Jacq.) Willd GROWN IN SHADE**

ABSTRACT: *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd (talinaceae) is known for bredo, cow tongue, purslane and water leaf, being cultivated with medicinal and food purposes. Among the various environmental physical factors light is an important regulator of primary production, which contributes directly to the growth of plants. However, the success of each individual depends on morphoanatomic responses in the presence of light. This study aimed to determine which biometric and anatomical variables *T. triangulare* plants are affected when grown in full sun and 18, 30 and 50% shade. Is tested in beds arranged in blocks, cultivation *T. triangulare* days under shading levels of 0, 18, 30 and 50% in four replicates. Biometric evaluations were carried out (plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, length and volume of the root system fresh and dry weight of leaf, stem and root) and anatomical (stomatal index, stomatal density, epidermal thickness, spongy and palisade parenchyma and mesophyll). With rising levels of shading there was an increase for the variables plant height, stem diameter, leaf area, fresh weight of leaf and stem, specific leaf area, leaf area ratio, thickness of the epidermis of the abaxial and mesophyll. Decrease for the variables: number of leaves, root cause / part area, stomatal density abaxial, stomatal density of adaxial and palisade. Remained constant variables: root length, dry mass of leaves, stem dry weight, leaf weight ratio, stomatal index of the adaxial face, thickness of

the epidermis of the adaxial and spongy parenchyma. The plants showed that respond differently to shading, with morphological and anatomical changes, suggesting phenotypic plasticity and can be grown both in shady environments and sun.

Key-words: growth, description, anatomy, plasticity, light.

4.1 Introdução

Talinum triangulare (Jacq.) Willd, pertence à família Talinaceae, anteriormente Portulacaceae (BRILHAUS et al., 2016). É conhecida pelo nome vulgar de bredo, major-gomes, língua de vaca, beldroega (AGRA et al., 2008) e por folha de água (AJA et al., 2010). Tem distribuição pantropical e adapta-se bem a solos de baixa fertilidade (FASUYI, 2007; NYFFELER; EGGLI, 2010). Originária da África Tropical, é cultivada com fins medicinais (AGBONON et al., 2010; LIANG et al., 2011) e alimentares na América do Sul, Ásia e África, especialmente na Nigéria, sendo considerada hortaliça não convencional (IFON; BASSIR, 1979, 1980; AREMU; UDOESSIEN, 1990; FENNY et al., 1996; FASUYI, 2007).

A luz, entre os diversos fatores físicos ambientais, regula a produção primária e contribui eficientemente para o crescimento das plantas (DALMOLIN et al., 2015). Diante disso, são usadas malhas sombreadoras que têm sido empregadas isoladamente ou em associação, em ambientes protegidos, tornando a condição microclimática produzida apropriada para o crescimento das culturas. Com isto, os efeitos nocivos da alta incidência da radiação solar são reduzidos, protegendo também contra os extremos de temperatura (MORAIS et al., 2011).

São imprescindíveis para aumentar a produtividade a compreensão da fisiologia do desenvolvimento da cultura, dos impactos dos fatores abióticos e bióticos envolvidos no desenvolvimento e crescimento e o manejo desses fatores (GOENAGA, 1995). Vários trabalhos reportam o benefício do uso do sombreamento no cultivo de diversas espécies, conforme relatado para ora-pro-nóbis (QUEIROZ et al., 2015), taro (OLIVEIRA et al., 2011), rúcula (COSTA et al.,

2011; GRANGEIRO et al., 2011), coentro (GRANGEIRO et al., 2011), alface (GRANGEIRO et al., 2006; KOSMA et al., 2013), agrião d'água (HIRATA; HIRATA, 2015), entre outras.

A intensidade de radiação fotossinteticamente ativa desempenha papel importante na aclimação de plantas à radiação UV. As características morfológicas e fisiológicas influenciadas pela alta irradiância também são afetadas pela luz azul (HOFFMANN et al., 2015). Em plantas de pimenta, os autores constataram que elevada quantidade de luz azul desencadeia processos bioquímicos e fisiológicos específicos, resultando em melhor aclimação e recuperação das plantas ao estresse produzido pela radiação UV. Entre as espécies cultivadas, é variável a capacidade de empregar a luz para produção biológica, e as respostas morfoanatômicas são responsáveis pelo sucesso de cada indivíduo (ARAGÃO et al., 2014).

Avaliações biométricas e anatômicas das plantas auxiliam na compreensão das diferenças encontradas no crescimento de plantas crescidas em diversos ambientes. Portanto, é de extrema importância a avaliação das características produtivas e anatômicas de *T. triangulare* cultivadas sob distintos níveis de sombreamento e a pleno sol, visando à elaboração de uma base de informações confiáveis para nortear as práticas agrônômicas inerentes à sua produção. Diante do exposto, objetivou-se determinar quais variáveis biométricas das plantas de *T. triangulare* e a micro morfometria foliar são afetadas quando cultivadas a pleno sol e a 18, 30 e 50% de sombra.

4.2 Material e Métodos

O ensaio foi conduzido no período de outubro de 2014 a março de 2015, no município de Rio Verde, Goiás, Brasil (latitude -17°48'55"S e longitude -50°56'28"O na altitude de 753 m). Segundo a classificação de Koppen e Geiger, o clima local é tropical (Aw). As precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais e ocorre nos meses de outubro a maio, e os meses de seca são de junho a setembro. A variação da temperatura média anual é de 20 a 35 °C (SILVA et al., 2015).

As sementes para formação das mudas foram obtidas de plantas no município de Rio Verde, em área de ocorrência natural. Uma exsicata (HRV 468), após identificação, foi devidamente depositada no Herbário do Instituto Federal Goiano, Rio Verde. Em bandejas de

polipropileno contendo substrato comercial, as sementes coletadas na área descrita foram colocadas para germinar, tendo permanecido 21 dias nas bandejas, sendo neste período também feito o desbaste e, posteriormente, foram transplantadas para os canteiros, tendo ficado 118 dias nos ambientes.

O solo dos canteiros foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) de textura argilosa (Embrapa, 2006). As características físico-químicas deste solo a 20 cm de profundidade foram pH (em CaCl_2) de 5,7; P= 27,74 mg dm^{-3} ; K^+ = 0,13 cmolc dm^{-3} ; Ca^{2+} = 4,07 cmolc dm^{-3} ; Mg^{2+} = 1,21 cmolc dm^{-3} ; Al= 0,01 cmolc dm^{-3} ; H+Al= 2,89 cmolc dm^{-3} ; V%= 65,3%; SB= 5,43 cmolc dm^{-3} ; CTC= 8,32 cmolc dm^{-3} ; B=0,36 mg dm^{-3} ; Na=5,0 mg dm^{-3} ; Cu=5,75 mg dm^{-3} ; Fe=18,55 mg dm^{-3} ; Mn=44,56 mg dm^{-3} ; Zn= 21,34 mg dm^{-3} ; e granulometria 590 g kg^{-1} de areia, 100 g kg^{-1} de silte e 310 g kg^{-1} de argila.

O túnel onde estavam dispostos os canteiros apresentava dimensões de 30 m de comprimento por 5,2 m de largura com 1,4 m de pé direito. O túnel tinha estrutura de ferro galvanizado e para o fechamento superior e lateral foram utilizadas malhas de sombreamento preto para os ambientes sombreados, representando 18, 30 e 50% de atenuação de radiação e a pleno sol (100% de radiação incidente). Os canteiros, para cada tratamento, tinham dimensão de 1m de largura e 5m de comprimento e foram repetidos 4 vezes, em área total de 30 m^2 , considerando os espaços entre canteiros. O espaçamento adotado entre plantas foi de 0,25 x 0,25 m.

Os canteiros foram feitos com enxada rotativa e, por ocasião desta operação, foi incorporado composto orgânico curtido na dose de 1 kg m^{-2} . Não foram aplicados produtos fitossanitários durante o cultivo das plantas, tendo o controle de plantas daninhas sido feito por capinas semanal.

Por ocasião da colheita, foram avaliados a altura das plantas, o diâmetro do caule, o número de folhas, a área foliar, o comprimento e o volume do sistema radicular, as massas frescas e secas das folhas, caule e raiz de *T. triangulare* em função dos tratamentos. Para obtenção da altura de plantas, comprimento da raiz e diâmetro do caule, foram utilizados um escalímetro e um paquímetro, respectivamente. Para auferir o volume das raízes, elas foram lavadas em água corrente, sob uma peneira, até a completa remoção dos resíduos de solo. Em seguida, o volume do sistema radicular foi medido pelo deslocamento da coluna d'água em uma

proveta graduada. As massas frescas das folhas, caule e raiz foram obtidas por pesagem em balança analítica, e logo após o procedimento, para obtenção da massa seca, foram colocadas em sacos de papel em estufa de circulação de ar, a 65°C, até atingir peso constante, que foi expresso em g planta⁻¹. A área foliar foi determinada em cm², mediante a integração da imagem digital das folhas por meio do software ImageJ – Image Processing and Analysis in Java, versão 1.47.

Quanto às análises micromorfométricas foliares, foram feitas análises da densidade e índice estomático das superfícies adaxial e abaxial, da altura e espessura da epiderme da face adaxial e abaxial, das espessuras do mesófilo, parênquima paliçádico e esponjoso, com auxílio do software ANATI QUANTI® (AGUIAR et al., 2007). Para a análise da superfície foliar de *T. triangulare* e obtenção dos dados de densidade e índice estomático, utilizou-se a técnica de impressão de epiderme com cianoacrilato. Uma gota de adesivo foi colocada numa lâmina de vidro, com as superfícies da folha a ser analisadas de frente para o adesivo, pressionando-se contra a corrediça. Depois de o adesivo ter secado, o material vegetal foi removido, deixando uma impressão da epiderme na corrediça (ALVES et al., 2014).

Pela técnica de coloração em azul de toluidina, foram avaliados os efeitos dos diferentes ambientes na estrutura anatômica das folhas de *T. triangulare*. Para auferir os dados de espessamento dos tecidos foliares, foi coletada, com o auxílio de uma navalha descartável, uma amostra de 0,5 cm² do terço médio das folhas por planta de cada tratamento (pleno sol, 18, 30 e 50% de sombreamento), fixada em solução de Karnovsky (1965) por 24 h, desidratada em série etílica crescente, pré-infiltrada e infiltrada em historesina (Historesin Leica), segundo recomendações do fabricante.

Posteriormente, o material foi seccionado transversalmente a 5µm de espessura em micrótomato rotativo (Modelo 1508R). Logo após, os cortes foram corados com azul de toluidina, coloração policromática, a 0,05% em tampão fosfato 0,1 M, pH 6,8 (O'brien; Feder; Mccully, 1964), para a análise estrutural e micromorfométrica. Posteriormente, as imagens foram obtidas através do microscópio Olympus, modelo BX61, com câmera DP-72, descritas e estimadas quantitativamente com o auxílio do software ImageJ – Image Processing and Analysis in Java, versão 1.47.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, foi feito o teste de regressão a 5% de probabilidade, utilizando o software Sisvar®.

4.3 Resultados e Discussão

Em função dos ambientes a que plantas de *T. triangulare* foram expostas, houve variação no padrão de crescimento das plantas no que se refere à altura de plantas, número de folhas, diâmetro da haste e área foliar (Figuras 1A a D). *T. triangulare* mostrou para altura de plantas comportamento linear crescente com o aumento da intensidade de sombreamento, apresentando incremento de 0,31 cm para cada unidade de aumento no nível de sombra dentro do intervalo testado (Figura 1A). Para altura de plantas, o aumento nos níveis de sombra em relação às plantas que cresceram a pleno sol foi de 10,43; 14,39 e 37,74% para os níveis de 18, 30 e 50%, respectivamente (Figura 1A). Os resultados respaldam-se no trabalho desenvolvido por Oliveira et al., (2009) que, estudando plantas de *Artemisia vulgaris* cultivadas sob tela colorida tipo cromatinet (50%) vermelha e azul e em ambiente com pleno sol, verificaram que as plantas expostas a pleno sol apresentaram menor altura (36,68 cm) quando comparadas às plantas expostas a sombreamentos com tela azul (122,12 cm) e tela vermelha (125,87 cm), os quais não foram diferentes entre si.

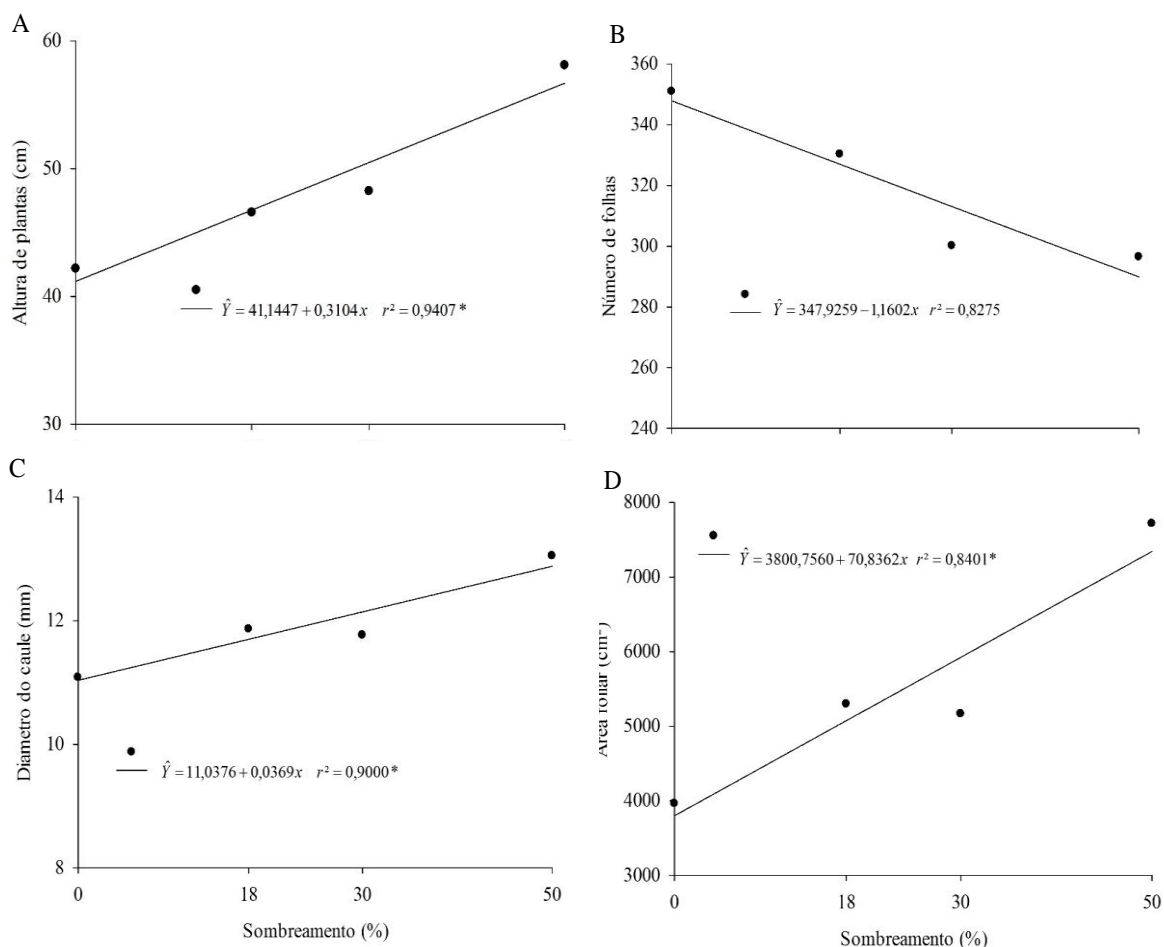


Figura 1. Altura de plantas (A), número de folhas (B), diâmetro do caule (C) e área foliar (D) de *Talinum triangulare* em função dos níveis de sombreamento.

Contrariamente à altura de plantas, o número de folhas foi reduzido linearmente com o aumento nos níveis de sombra de 1,16 por unidade, o que representou diminuição de 5,9; 14,48 e 15,53% para os níveis de 18, 30 e 50%, respectivamente, em relação ao número de folhas de plantas crescidas a pleno sol (Figura 1B). Foi observado em plantas de *Curatella americana* sob ambientes a pleno sol e sombra, atenuação de 76% de radiação, tela de cor vermelha, que o maior investimento em área foliar se contrapõe ao número de folhas, tendo as plantas sob pleno sol exibido aos 240 dias maior número de folhas e menor área foliar em comparação com as plantas mantidas sob sombreamento (DALMOLIN et al., 2015), corroborando os resultados obtidos neste trabalho tanto para o número de folhas quanto para a área foliar.

Para algumas espécies, o diâmetro do caule é característica de grande plasticidade e também é um atributo desejável, pois garante maior sustentação para a parte aérea (LEE et al., 1997). Com o aumento do sombreamento, o diâmetro da haste aumentou linearmente em 0,0369 mm por unidade de sombra, com ganhos de 7,12; 6,22 e 17,78% para os níveis de 18, 30 e 50%, respectivamente, em relação ao crescimento a pleno sol (Figura 1C). Meira et al. (2012) verificaram que os ambientes com luz plena e com 25, 50 e 75% de sombreamento não influenciaram o diâmetro do caule de *Melissa officinalis*, respectivamente de 0,43; 0,68; 0,49 e 0,69 mm, não corroborando o comportamento verificado neste trabalho, sendo que as espécies se comportaram de forma diferentes conforme o ambiente.

Similarmente, a área foliar apresentou crescimento linear com aumento nos níveis de sombra de 70,84 cm² por unidade de aumento de sombreamento, o que representou acréscimos de 37,60; 30,42 e 94,81% para 18, 30 e 50% de sombra, respectivamente, se comparado às plantas crescidas a pleno sol (Figura 1D). De acordo com Lambers et al. (2008), as plantas que estão sob ambientes com baixa irradiância investem em maior quantidade de fotoassimilados e outros recursos, com o objetivo de aumentar a área foliar e diminuir a densidade de massa para ampliar a captação de luz incidente e aumentar a eficiência fotossintética.

Com o aumento do sombreamento, não foram verificados efeitos para o comprimento das raízes das plantas de *T. triangulare*, apenas respostas significativas para massa fresca, massa seca e volume de raiz (Figuras 2 A a D). Estas variáveis apresentaram comportamento quadrático com ponto de máximo em 16,30; 16,87 e 11,19% de sombreamento, com valores de 58,63 g; 9,62 g; e 59,45 mL por planta para massa fresca, seca e volume de raiz, respectivamente.

Em *Aloysia gratissima*, houve efeito significativo para a matéria seca das raízes de plantas cultivadas sob os ambientes pleno sol e sombreadas com malha Aluminet® 40 e 80%, obtendo, respectivamente, massas de 32,8, 43,8 e 15,8 g (Pinto et al., 2007). Segundo Gonçalves et al. (2012), as plantas que crescem em ambientes a pleno sol apresentam maiores fluxos transpiratórios e requerem maiores sistemas radiculares e mais eficazes, com um sistema vascular mais bem desenvolvido.

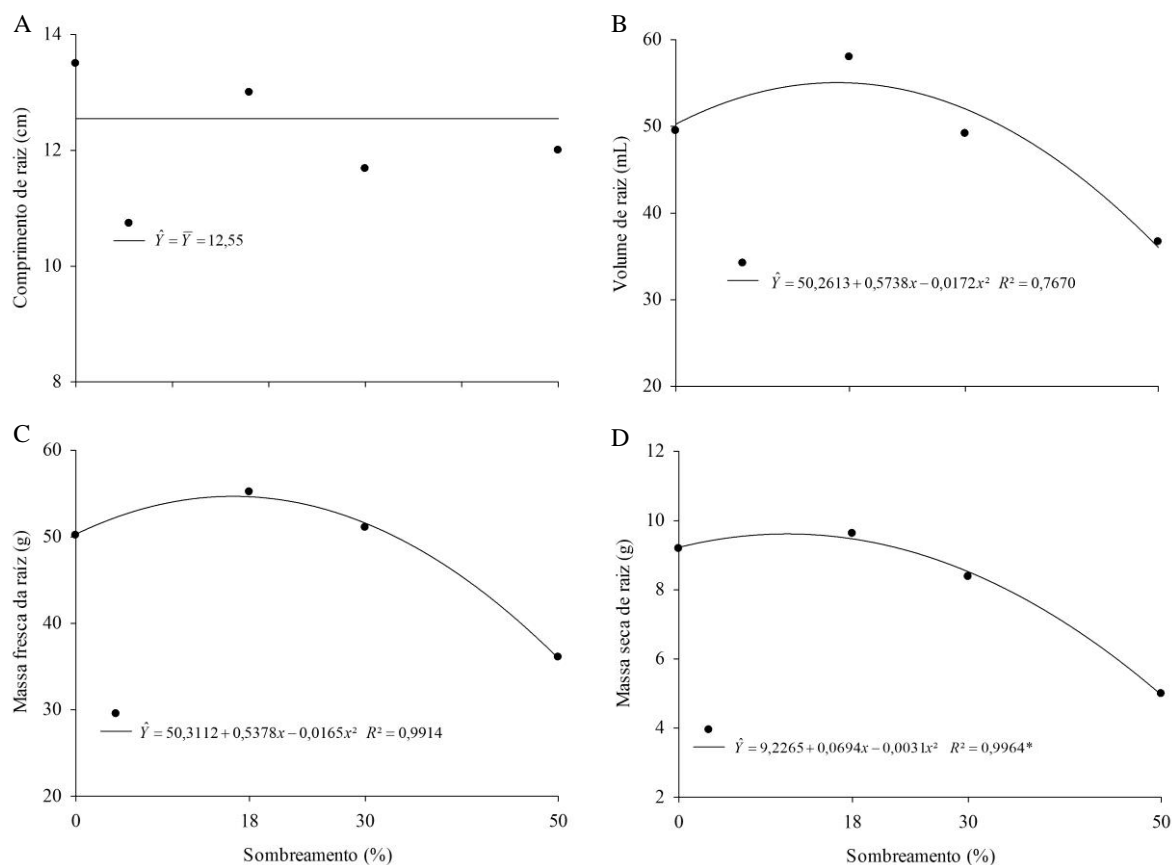


Figura 2. Comprimento (A), volume (B), massa fresca (C) e massa seca (D) de raiz de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.

Para produção de massa fresca de folhas e de caule, foram observados efeitos significativos com incrementos lineares na produção com o aumento do sombreamento (Figura 3A e B), que não se refletiram em aumentos na massa seca da planta para ambas as variáveis (Figuras 3C e D). Para massa fresca de folhas, o incremento para cada unidade de sombreamento foi de 0,6165 g por planta, o que representou acréscimos de 20,79; 14,52 e 36,09% para os níveis de sombra de 18, 30 e 50%, respectivamente, em relação às plantas crescidas a pleno sol. Para caule, o incremento de massa foi de 0,889 g por planta, com acréscimos de 13,11; 16,15 e 29% para os níveis de sombra de 18, 30 e 50%, respectivamente, em relação às plantas crescidas a pleno sol.

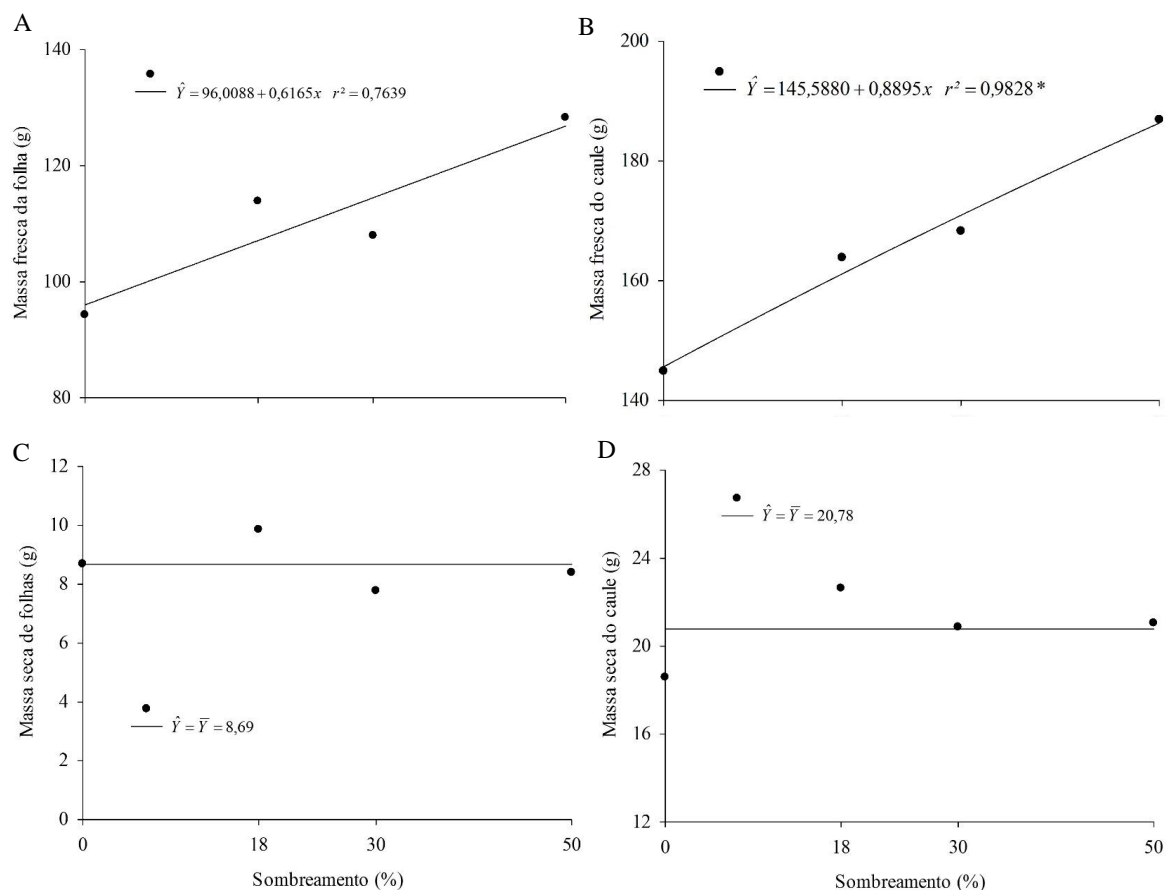


Figura 3. Massa fresca de folhas (A), massa fresca de caule (B), massa seca de folhas (C) e massa seca de caule (D) de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.

Com o aumento do sombreamento, foram observados acréscimos na área foliar específica (Figura 4A) e na razão de área foliar (4B). A razão de peso foliar não foi alterada (Figura 4C) e a relação raiz/parte área das plantas crescidas em ambiente sombreado apresentou reduções em seus valores (Figura 4D). Para área foliar específica e razão de área foliar, os acréscimos em relação aos níveis de sombra foram lineares, com ganhos de 11,64; 40,56 e 81,09%, e para área foliar específica, foram de 11,39; 25,15 e 98,62%, considerando os níveis de 18, 30 e 50% de sombra, respectivamente, se comparadas às plantas que cresceram a pleno sol.

As plantas classificadas de sombra, comumente, apresentam baixa razão de área foliar a pleno sol, como resultado da habilidade da planta em se adaptar a distintas condições de luminosidade (AGUILERA et al., 2004). Em plantas de *Mentha arvensis*, os níveis de

sombreamento (0, 30, 50 e 70%) impostos pelas malhas Aluminet® e preta afetaram a área foliar específica, razão de área foliar, razão do peso foliar e peso específico foliar, e aumentaram de forma linear, sendo que a cada 10% de acréscimo no sombreamento, estimou-se um aumento de $0,219 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$, $0,087 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$, $0,00747 \text{ g g}^{-1}$ e $0,0497 \text{ g dm}^{-2}$, respectivamente (CHAGAS et al., 2010).

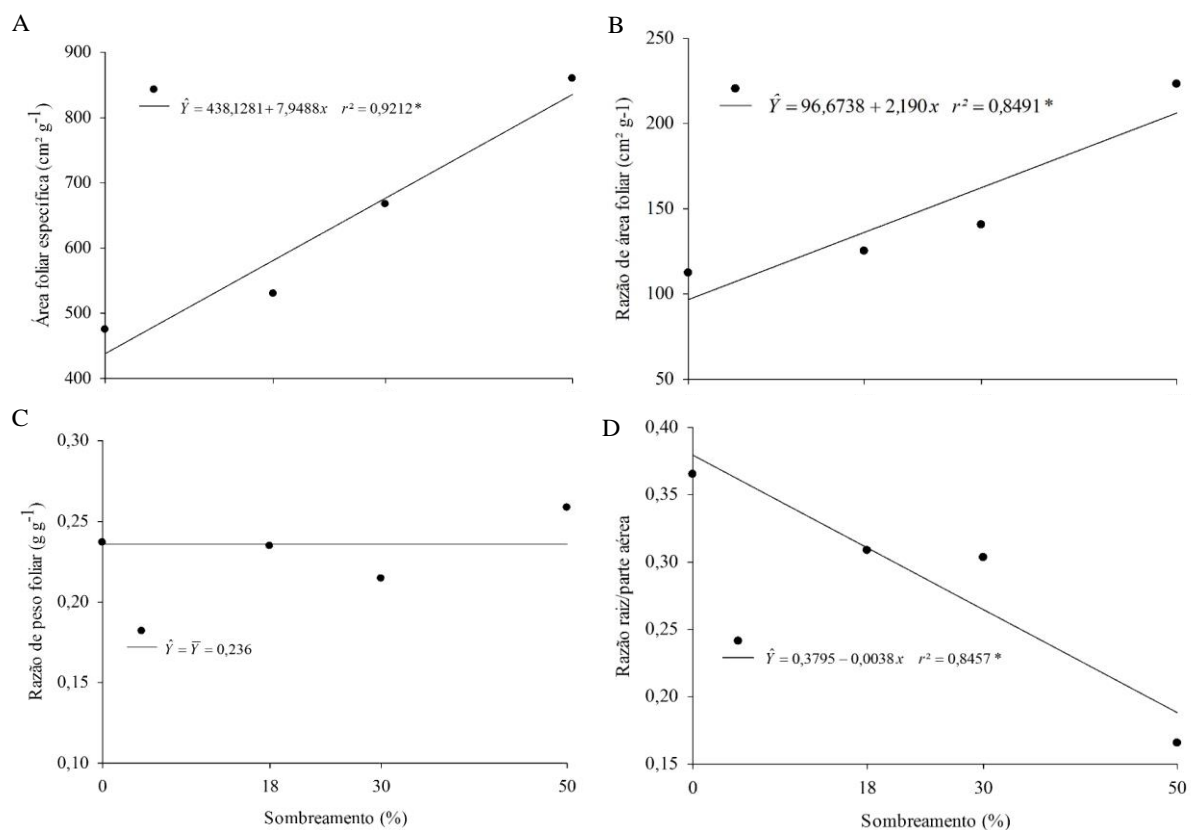


Figura 4. Área foliar específica (A), razão de área foliar (B), razão de peso foliar (C) e razão raiz/parte área (D) de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.

Decréscimos lineares foram verificados na relação raiz/parte aérea em 16,21; 18,91 e 54,05% com o aumento dos níveis de sombreamento testados de 18, 30 e 50% de sombra, respectivamente, sobre as plantas cultivadas, se comparadas com aquelas que cresceram a pleno sol. Segundo Oliveira et al. (2009), a razão raiz/parte aérea pode sofrer alterações pela interferência no remanejamento e na distribuição de fotoassimilados dentro da planta em decorrência de modificações ambientais. E as plantas de *Artemisia vulgaris* que estavam sob

pleno sol apresentaram maior razão raiz/parte aérea, sugerindo, pelo efeito da intensidade luminosa, alocação prioritária de matéria seca para o sistema radicular.

As médias da distribuição de massa seca de folhas, caules e raízes de *T. triangulare* para os níveis de sombreamentos de 18, 30 e 50% foram de 23,15%, 55,55% e 21,3%, respectivamente (Figura 5). Plantas cultivadas em ambiente com 50% de sombreamento apresentaram maior massa seca de folhas, 24,4%, e de caule, 61,1%. A maior massa seca das raízes foi obtida pelas plantas cultivadas no ambiente a pleno sol, representando 25,2%.

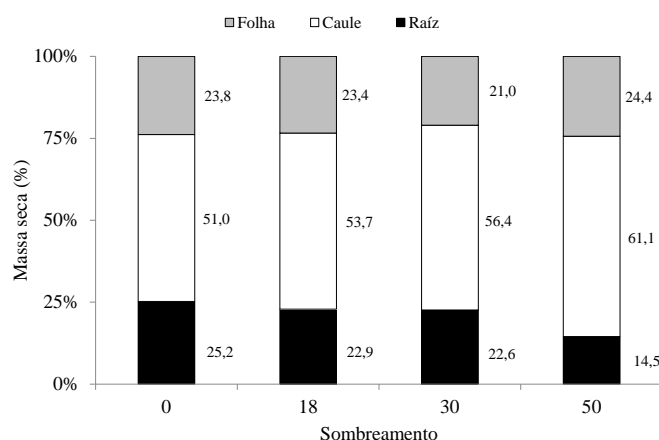


Figura 5. Distribuição de massa seca de folhas, caules e raízes de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.

As folhas de *T. triangulare* são anfiestomáticas. O índice estomático na face abaxial da epiderme apresentou comportamento decrescente (Figura 6A) se comparado com a face adaxial da epiderme, que se manteve constante para todos os níveis de sombreamentos (Figura 6 C). Da face abaxial, o índice estomático atingiu o maior valor, 13,58%, com 5,4% de sombreamento, com valores menores conforme foram aumentados os níveis de sombra, representando redução de 0,22; 4,80 e 14,93% para os níveis de 18, 30 e 50%, respectivamente (Figura 6A).

Há especificidade das vantagens de utilizar diferenciadas telas que influenciam o microclima, modificando a composição e a intensidade da luz que chega até as plantas, otimizando a produtividade, e essa luz intervém na anatomia foliar nos estádios iniciais de desenvolvimento quanto na fase adulta, devido à plasticidade da folha em suas estruturas internas de se adaptar à luz do ambiente (OLIVEIRA et al., 2009).

Em ambientes com maior intensidade de radiação para as plantas, verifica-se maior densidade estomática, principalmente na epiderme da face abaxial, Figura 6B, tendo a densidade estomática sido superior ao dobro da densidade estomática da face adaxial, Figura 6D, e para ambas as faces, foi exibido um comportamento linear decrescente com o aumento dos níveis de sombra. Na face abaxial, a redução foi mais relevante, apresentando queda de 1,16 estômatos por mm^2 de folha, enquanto na face adaxial, esta queda foi de 0,2017 estômatos por mm^2 de folha para cada aumento da unidade de sombreamento (Figuras 6C e 6D).

O comportamento de acréscimo da presença estomática em folhas expostas a alta irradiância pode ser um mecanismo de adaptação importante das espécies que toleram ambientes áridos (ABRAMS; MOSTOLLER, 1995). Em *Curatella americana*, as plantas sob sombreamento exibiram características anfi-hipoestomáticas, com redução na densidade estomática na superfície adaxial das folhas, características observadas por plantas que se desenvolvem em ambientes mesofíticos, evidenciando a plasticidade da folha (DALMOLIN et al., 2015).

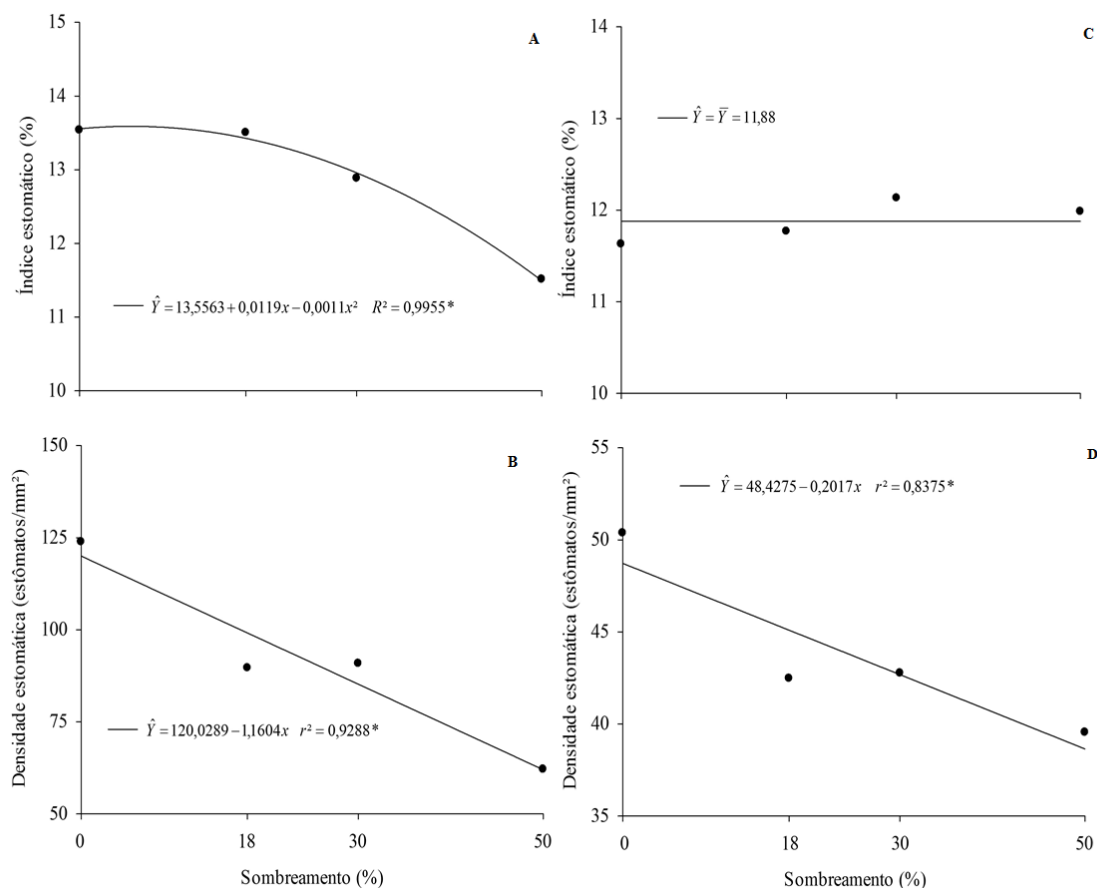


Figura 6. Índice estomático (A), densidade estomática (B) da face abaxial e índice estomático (C), densidade estomática (D) da face adaxial de folhas de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.

A espessura da epiderme da face abaxial, Figura 7, foi influenciada pelo sombreamento das plantas de *T. triangulare*, mostrando comportamento linear crescente com incremento de 0,196 μm por unidade de sombreamento, Figura 7A, atingindo 55,9% no sombreamento de 50% se comparado à sua ausência. Contrariamente, os níveis de sombra não afetaram a espessura da epiderme adaxial, Figura 7B, nem a espessura do parênquima esponjoso (Figura 7C). Os ambientes a pleno sol, 40 e 80% de sombreamento influenciaram significativamente o parênquima esponjoso de *Aloysia gratissima* e foram, respectivamente, 59,1; 50,7 e 44,9 μm (PINTO et al., 2007).

Em folhas de *Aloysia gratissima*, a espessura da epiderme na face abaxial foi influenciada pelos ambientes, tendo sido de 9,5 μm para pleno sol, de 8,1 μm para 40% de sombreamento e de 11,2 μm para 80% de sombreamento, sendo significativamente mais espessas. Também foram significativos os efeitos dos ambientes na espessura da epiderme na face adaxial das folhas, sendo a maior em plantas cultivadas a pleno sol (40,3 μm) em relação aos tratamentos 40% (34,8 μm) e 80% (31,1 μm) de sombreamento (PINTO et al., 2007).

A espessura do parênquima paliçádico foi influenciada pelos tratamentos, apresentando maior espessura quando *T. triangulare* foi cultivada a pleno sol, diminuindo linearmente com os níveis de sombreamento (Figura 7 D). Segundo Lambers et al. (2008), a espessura do parênquima esponjoso é idêntica quando se confrontam folhas de sombra e de sol, enquanto a espessura do parênquima paliçádico comumente é menor nas folhas de sombra, em menor número e com menores células, fato também observado para *T. triangulare*.

Os ambientes a pleno sol, 40 e 80% de sombreamento influenciaram significativamente o parênquima paliçádico de *Aloysia gratissima* e foram, respectivamente, de 154,4; 102,9 e 75,7 μm (PINTO et al., 2007). A espessura do parênquima paliçádico diminuiu linearmente no amendoim-forrageiro com o sombreamento crescente: pleno sol (82,6 μm), 50% (73,9 μm) e 70% (65,6 μm) de sombreamento, no primeiro corte (GOBBI et al., 2011). Resultou em *Artemisia vulgaris* cultivadas sob pleno sol maior espessura do parênquima paliçádico (62,70 μm) em comparação com as plantas sob tela colorida tipo cromatinet (50%) vermelha (54,15 μm) e azul (54,57 μm) (OLIVEIRA et al., 2009).

A espessura do mesófilo, Figura 7E, apresentou comportamento significativo e, à medida que foram aumentados os níveis de sombreamento, houve redução na sua espessura, que atingiu espessura mínima (500,83 μm) com 34,66% de sombreamento. Entre folhas submetidas a diferentes níveis de radiação, as modificações estruturais encontradas podem ser atribuídas a concentrações de distintos fito-hormônios, principalmente de auxina. A auxina admite maior distensão de células da epiderme em folhas de plantas sombreadas, porque ela se concentra nas regiões menos iluminadas das folhas e as folhas mais iluminadas exibem maiores teores deste fito-hormônio no mesófilo, enquanto em folhas sombreadas, as auxinas são localizadas na folha toda, até mesmo na epiderme (MORAIS et al., 2004).

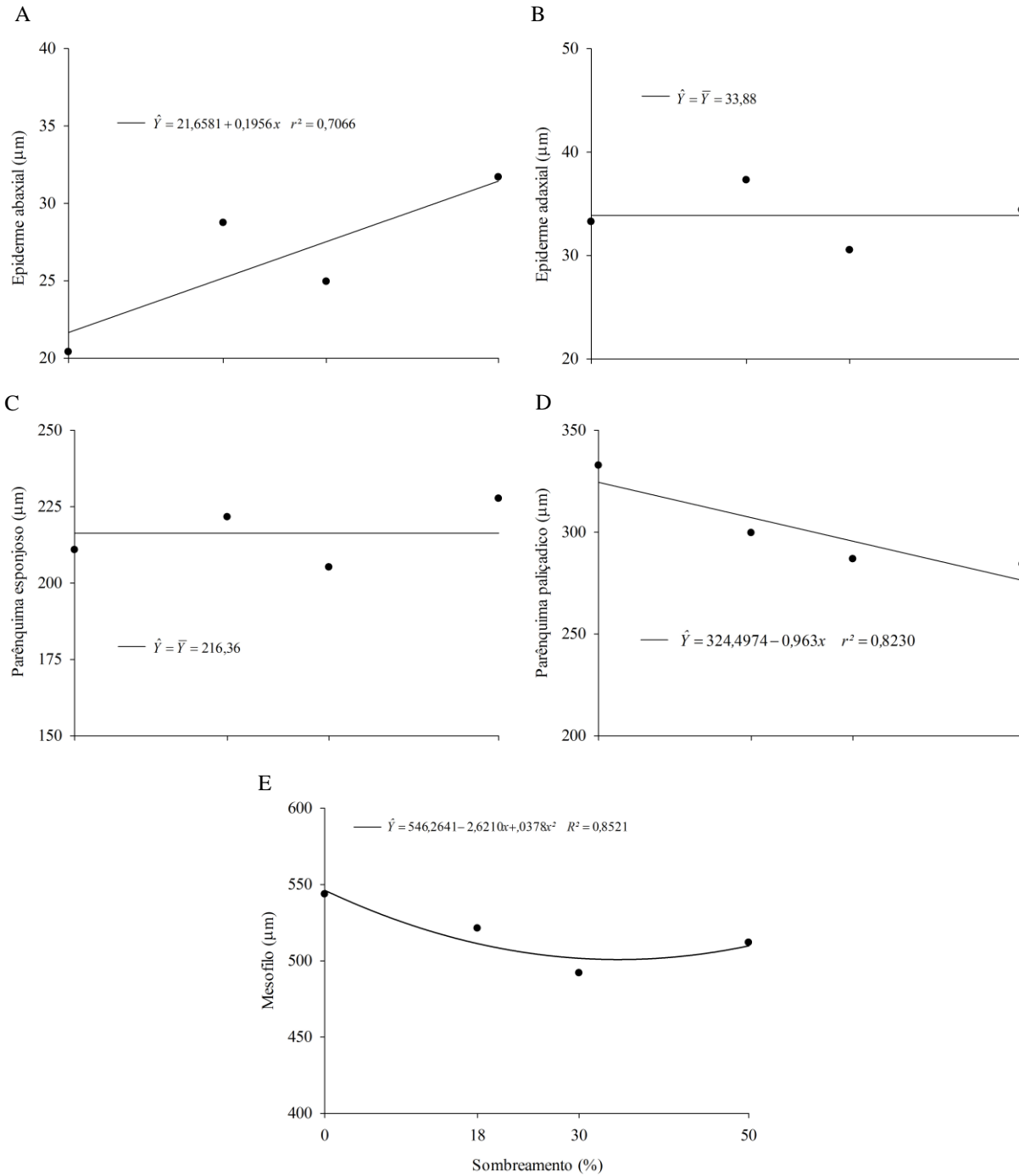


Figura 7. Espessura da epiderme das faces abaxial (A) e adaxial (B), parênquimas esponjoso (C) e paliçádico (D) e mesofilo (E) de folhas de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.

Para todos os níveis de sombreamentos caracterizados na impressão de epiderme, Figura 8, verificou-se, na face adaxial da folha, presença de quantidades menores de estômatos e de outras células, porém de maior tamanho. Para a face abaxial, observou-se maior quantidade de estômatos e de outras células, mas de menor tamanho (Figura 8).

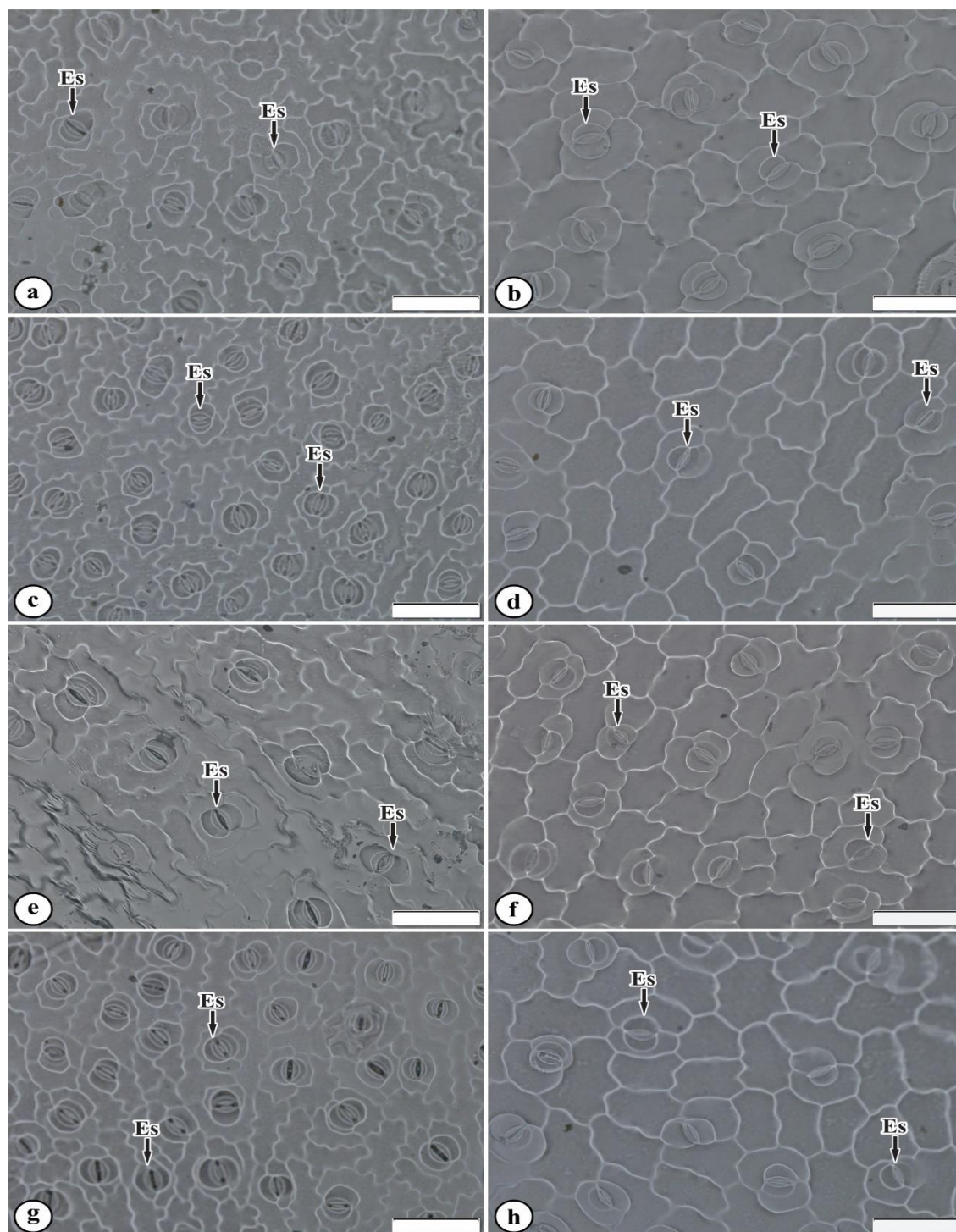


Figura 8. Impressão da epiderme de ambas as faces das folhas de plantas de *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd em função de diferentes níveis de sombreamento, sendo: A-B: 18% de sombreamento; C-D: 30%; E-F: 50% e G-H: pleno sol. Fotos da esquerda correspondem à face abaxial e as fotos da direita correspondem à face adaxial. Barras: 100 μm.

4.4 Conclusão

Com o aumento dos níveis de sombreamento, houve incremento para as variáveis altura de plantas, diâmetro do caule, área foliar, massa fresca de folhas, massa fresca de caule, área foliar específica, razão de área foliar e espessura da epiderme da face abaxial.

Com o aumento dos níveis de sombreamento, houve decréscimo para as variáveis número de folhas, razão raiz/parte área, densidade estomática da face abaxial e adaxial, parênquima paliádico e mesófilo.

Permaneceram constantes as variáveis comprimento de raiz, massa seca de folhas, massa seca de caule, razão de peso foliar, índice estomático da face adaxial, espessura da epiderme da face adaxial e parênquima esponjoso. Plantas de *T. triangulare* submetidas aos ambientes deste estudo responderam de maneira distinta, apresentando alterações morfológicas e anatômicas, sugerindo plasticidade fenotípica, podendo ser cultivadas tanto em ambientes de sombra quanto de sol.

4.5 Referências Bibliográficas

ABRAMS, M.D.; MOSTOLLER, S.A. Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understory sites during a drought. **Tree Physiology**, v.15, n. 6, p.361-70, 1995.

AGBONON, A. et al. In vitro inhibitory effect of West African medicinal and food plants on human cytochrome P450 3A subfamily. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 128, n. 2, p. 390-394, 2010.

AGUIAR, T.V. et al. ANATI QUANTI: Software de análises quantitativas para estudos em anatomia vegetal. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 649-659, 2007.

AGUILERA, D.B. et al. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta daninha**, v. 22, n. 1, p. 43-51, 2004.

AJA, P.M. et al. Phytochemical composition of *Talinum triangulare* (water leaf) leaves. **Pakistan Journal Nutrition**, v. 9, n. 6, p. 527-530, 2010.

ALVES, R.M. et al. Leaf-surface characterization and the effects of the herbicide saflufenacil on the leaves of weeds. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 550-555, 2014.

ARAGÃO, D. de S. et al. Efeito do sombreamento na anatomia foliar de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 631-639, 2014.

AREMU, C.Y.; UDOESSIEN, E.I. Chemical estimation of some inorganic elements in selected tropical fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 37, n. 3, p. 229-234, 1990.

BRILHAUS, D. et al. Reversible burst of transcriptional changes during induction of Crassulacean Acid Metabolism in *Talinum triangulare*. **Plant Physiology**, v. 170, n. 1, p. 102-122, 2016.

CHAGAS, J.H. et al. Análises foliares em plantas de *Mentha arvensis* cultivada sob diferentes malhas e níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 3464-3471, 2010.

COSTA, C.M.F. da et al. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 1, p. 93-102, 2011.

DALMOLIN, A.C. et al. Alterações morfofisiológicas de plantas jovens de *Curatella americana* L. submetidas ao sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 13, n. 1, p. 41-48, 2015.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do abastecimento, 2006. 306p.

FASUYI, A.O. Bio-nutritional evaluations of three tropical leaf vegetables (*Telfairia occidentalis*, *Amaranthus cruentus* and *Talinum triangulare*) as sole dietary protein sources in rat assay. **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 757-765, 2007.

FENNY, K.L. et al. Uji aktivitas imunostimulan daun ginseng Sumatera (*Talinum triangulare* Willd) leaves and Korea ginseng (*Panax ginseng* C.A. Mayer) leaves. Skripsi, Department Farmasi, Institute Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia. 1996.

GOBBI, K.F. et al. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p.1436-1444, 2011.

GOENAGA, R. Accumulation and partitioning of dry matter in taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott]. **Annals of Botany**, v. 76, n. 4, p. 337-341, 1995.

GONÇALVES, J.F.C. et al. Estratégias no uso da energia luminosa por plantas jovens de *Genipa spruceana* Steyerl ao alagamento. **Acta Botanica Brasílica**, v. 26, n. 2, p. 391-398, 2012.

GRANGEIRO, L.C. et al. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 190-194, 2006.

GRANGEIRO, L.C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 6, n. 1, p. 11-16, 2011.

HIRATA, A.C.S.; HIRATA, E.K. Desempenho produtivo do agrião d'água cultivado em solo sob telas de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 895-901, 2015.

HOFFMANN, A.M. et al. High blue light improves acclimation and photosynthetic recovery of pepper plants exposed to UV stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 109, p. 254-263, 2015.

IFON, E.T.; BASSIR, O. 1979. The nutritive value of some Nigerian leafy green vegetables - Part 1: Vitamin and mineral contents. **Food Chemistry**, v. 4, n. 4, p. 263-267, 1979.

IFON, E.T.; BASSIR, O. The nutritive value of some Nigerian leafy green vegetables - Part 2: The distribution of protein, carbohydrates (including ethanol-soluble simple sugars), crude fat, fibre and ash. **Food Chemistry**, v. 5, n. 3, p. 231-235, 1980.

KARNOVSKY, M.J.A. formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolarity for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v. 27, p. 137-138, 1965.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1927. 369p.

KOSMA, C. et al. Yield and nutritional quality of greenhouse lettuce as affected by shading and cultivation season. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 25, n. 12, p. 974-979, 2013.

LAMBERS, H. et al. **Plant Physiological Ecology**. New York: Springer, 2008. 540p.

LEE, D.W. et al. Effects of irradiance and spectral quality on seedling development of two Southeast Asian *Hopea* species. **Oecologia**, v. 110, n. 1, p. 1-9, 1997.

LIANG, D. et al. Studies on the antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Talinum triangulare*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 136, n. 2, p. 316-321, 2011.

MEIRA, M.R. et al. Crescimento, produção de fitomassa e teor de óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis*) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 352-57, 2012.

MORAIS, H. et al. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 6, p. 863-871, 2004.

MORAIS, P.L.D. et al. Qualidade pós-colheita da alface hidropônica em ambiente protegido sob malhas termorefletoras e negra. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 638-644, 2011.

NYFFELER, R.; EGGLI, U. Desintegrating Portulacaceae: a new familial classification of the suborder Portulacineae (Caryophyllales) based on molecular and morphological data. **Taxon**, v. 59, n. 1, p. 227-240, 2010.

O'BRIEN, T.P. et al. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, v. 59, n. 2, p. 368-373, 1964.

OLIVEIRA, F.L. de et al. Crescimento e acumulação de nutrientes em plantas de taro sob níveis de sombreamento artificial. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 292-298, 2011.

OLIVEIRA, M.I. et al. Características biométricas, anatômicas e fisiológicas de *Artemisia vulgaris* L. cultivada sob telas coloridas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 56-62, 2009.

PINTO, J.E.B.P. et al. Aspectos morfofisiológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 210-214, 2007.

QUEIROZ, C.R.A. dos A. et al. Crescimento inicial e composição química de *Pereskia aculeata* Miller cultivada em diferentes luminosidades. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 4, p. 93-104, 2015.

SILVA, N.F. da et al. Perfilhamento da cana-de-açúcar submetida a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 91-101, 2015.

CAPÍTULO II

COMPOSIÇÃO MINERAL E BROMATOLÓGICA DE *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd CULTIVADA SOB SOMBREAMENTO

Resumo: *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd (Talinaceae) é conhecida por língua de vaca, beldroega, bredo e por folha de água. É cultivada em larga escala para diversos fins medicinais e alimentares na África, Ásia e América do Sul, devido ao seu valor nutricional e baixo custo de produção. Fatores abióticos e genética influenciam o comportamento das plantas e não há relatos na literatura sobre a influência do sombreamento na sua composição mineral. Objetivou-se avaliar os efeitos de níveis de sombreamentos sobre o desempenho de *T. triangulare* quanto ao acúmulo de nutrientes e composição centesimal nos seus órgãos. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3, em que as parcelas foram formadas por quatro ambientes (pleno sol, 18, 30 e 50% de sombreamento) e as subparcelas, por três partes das plantas (raiz, caule e folhas). Foram feitas análises da composição mineral e centesimal. Em valores médios, foram observados maiores teores de minerais na seguinte ordem: K>N>Ca>P>Mg>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu, e de acúmulo para: K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu. Quanto à composição bromatológica, não foram observadas interações significativas entre os fatores testados, apenas efeitos para os fatores principais relacionados a carboidratos totais (CT), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HC), proteína bruta (PB) e umidade (UM) para os

valores encontrados entre os órgãos da planta e para FDA, FDN, HC e UM em função dos níveis de sombreamento. A hortaliça não convencional *T. triangulare* pode ser utilizada para vários fins, inclusive para alimentação humana e animal, principalmente em período de seca pela escassez de alimentos, visto ser uma alternativa pela sua riqueza em nutrientes.

Palavras-chave: alimentação, nutrientes, cultivo, luminosidade.

COMPOSITION OF MINERAL AND CHEMICAL *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd GROWN IN SHADE ABSTRACT:

ABSTRACT: *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd (Talinaceae), is better known for cow's tongue, purslane, bredo and leaf of water. It is cultivated on a large scale for several medicinal and food purposes in Africa, Asia and South America due to its nutritional value and low cost of production. Abiotic factors and genetics influence the behavior of plants and there are no reports in the literature on the influence of different levels of shading in its nutritional quality. This study aimed to evaluate under different levels of shading the performance of the plant *T. triangulare* as the nutrients accumulation and chemical composition in the organs of plants. The experimental design used was a randomized block in a factorial 4 x 3, where treatments resulted from the combination of four environments in parcels (full sun, 18, 30 and 50% shade) and the subplots plant parts (roots, stems and leaves). The Analysis of the mineral and chemical composition were made. On average figures showed higher mineral content in the following order: K>N>Ca>P>Mg>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu, and to build: K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu. Regarding the chemical composition, there were no significant interactions between the factors tested only effects the main factors related to total carbohydrates (TC), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), hemicellulose (HC), protein gross (PB) and humidity (a) to the values found among the plant organs and ADF, NDF, HC and UM on the basis of shading levels. The vegetable unconventional *T. triangulare* can be used for various purposes, including food and feed, especially in times of drought by food shortages, seen as an alternative for its richness in nutrients.

Key-words: food, nutrients, crop, brightness.

5.1 Introdução

Pertencente à família Talinaceae (BRILHAUS et al., 2016), *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd é conhecida vulgarmente por major-gomes, lustrosa grande, maria-gorda (Brasileiro, 2010), beldroega, bredo (Agra et al., 2008) e por folha de água (AJA et al., 2010). Tem distribuição pantropical, sendo originária da África (FASUYI, 2007; NYFFELER; EGGLI, 2010).

É cultivada para diversos fins medicinais (AGBONON et al., 2010; LIANG et al., 2011; ONWURAHNGOZIKA et al., 2013) e alimentares na África, Ásia e América do Sul, pelo seu valor nutricional e baixo custo de produção (IFON; BASSIR, 1979, 1980; AREMU; UDOESSIEN, 1990; FENNY et al., 1996; FASUYI, 2007). No Brasil, as folhas são comercializadas como hortaliça, principalmente nas regiões Norte e Nordeste (BRASILEIRO, 2010). Também pode ser potencial biomarcadora para a detecção de toxicidade de chumbo, pois desempenha papel fundamental na tolerância a este metal (KUMAR et al., 2012).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem conduzido trabalhos de pesquisa com esta espécie, promovendo seu resgate cultural no Brasil, e incentivando seu uso como hortaliça não convencional (BRASIL, 2010). A espécie apresenta potencial econômico e agrônomo, principalmente para pequenos produtores rurais desprovidos de alternativas rentáveis. Apresenta poucas exigências para o seu cultivo, sendo considerada planta daninha de cultivos agrícolas no Brasil (MÔNACO et al., 2009).

Os fatores abióticos e a genética influenciam o comportamento das plantas, sendo imprescindíveis a realização de pesquisas com genótipos em várias condições climáticas (OLIVEIRA et al., 2011). Como a *T. triangulare* tem importância ecológica e econômica, são necessárias pesquisas para melhor aproveitamento dos benefícios oferecidos por esta planta que possam gerar informações técnicas para melhorar sua produção e sua qualidade.

A composição mineral nas plantas pode ser influenciada pelos níveis de sombreamento a que são submetidas, contribuindo, em geral, para o aumento dos níveis de macronutrientes,

principalmente fósforo, potássio e cálcio e magnésio (PERI et al., 2007). Diante da necessidade do desenvolvimento de práticas de manejo para o cultivo de *T. triangulare* e de otimizar a quantidade e a qualidade da produção, desenvolveu-se este estudo com o objetivo de avaliar a composição centesimal e mineral desta espécie submetida a vários níveis de sombreamento.

5.2 Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida no município de Rio Verde, Goiás, Brasil (latitude - 17°48'55"S e longitude -50°56'28"O na altitude de 753 m) no período de outubro de 2014 a março de 2015. Segundo a classificação de Koppen e Geiger, o clima local da região é tropical (Aw), com precipitações pluviiais anuais que variam de 1.500 a 1.800 mm que ocorrem nos meses de outubro a maio, sendo os demais meses do ano de seca. A variação da temperatura média anual se situa entre 20 a 35 °C (SILVA et al., 2015).

As sementes para formação das mudas foram obtidas de plantas no município de Rio Verde, em área de ocorrência natural. Uma exsicata (HRV 468), após identificação, foi devidamente depositada no Herbário do Instituto Federal Goiano, Rio Verde. As sementes coletadas foram colocadas para germinar em bandejas de polipropileno contendo substrato comercial, onde permaneceram 21 dias, sendo neste período também feito o desbaste. Posteriormente, foram transplantadas para os canteiros e permaneceram 118 dias nos ambientes.

O solo dos canteiros, classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura média (Embrapa, 2006), foi analisado quanto às características físico-químicas e apresentou, a 20 cm de profundidade, pH (em CaCl₂) de 5,7; P= 27,74 mgdm⁻³; K⁺= 0,13 cmolc dm⁻³; Ca²⁺= 4,07 cmolc dm⁻³; Mg²⁺= 1,21 cmolc dm⁻³; Al= 0,01 cmolc dm⁻³; H+Al= 2,89 cmolc dm⁻³; V%= 65,3%; SB= 5,43 cmolc dm⁻³; CTC= 8,32 cmolc dm⁻³; B=0,36 mg dm⁻³; Na=5,0 mg dm⁻³; Cu=5,75 mg dm⁻³; Fe=18,55 mg dm⁻³; Mn=44,56 mg dm⁻³; Zn= 21,34 mg dm⁻³; e granulometria 590 g kg⁻¹ de areia, 100 g kg⁻¹ de silte e 310 g kg⁻¹ de argila.

O túnel onde estavam dispostos os canteiros apresentava dimensões de 30 m de comprimento por 5,2 m de largura com 1,4 m de pé direito. Tinha estrutura de ferro galvanizado e, para o fechamento superior e lateral, foram utilizadas malhas de sombreamento preto para os

ambientes sombreados, representando 18, 30 e 50% de atenuação de radiação, e a pleno sol (100% de radiação incidente). Os canteiros, para cada tratamento, apresentavam dimensão de 1m de largura e 5m de comprimento e foram repetidos 4 vezes, em área total de 30m², considerando os espaços entre canteiros. O espaçamento adotado entre plantas foi de 25x25cm.

Os canteiros foram preparados com enxada rotativa e, por ocasião desta operação, foi incorporado composto orgânico curtido na dose de 1 kg m⁻². Não foram aplicados produtos fitossanitários durante o cultivo das plantas, e o controle de plantas daninhas foi feito por meio de capinas semanais.

Aos 118 dias após o transplante, foram coletadas seis plantas por bloco, separadas as raízes, folhas e caules e pesadas. Posteriormente, foram retiradas subamostras de peso conhecido, colocadas em sacos de papel e levadas para estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas. Após secagem, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, utilizando peneira com malha de 1 mm, para as análises químico-bromatológicas.

A composição mineral foi obtida, em extrato de digestão sulfúrica pelo método semi-microkjeldahl o nitrogênio (N) foi determinado. Em extrato da digestão nitro-perclórica, foram determinados, colorimetricamente, o fósforo (P), pelo método do molibdato; utilizando a espectrofotometria de emissão atômica, foi determinado o potássio (K); por turbidimetria do sulfato, o enxofre (S); magnésio (Mg), ferro (Fe), cobre (Cu), cálcio (Ca), zinco (Zn) e manganês (Mn), por meio da espectrofotometria de absorção atômica. Foi determinado utilizando o método colorimétrico o boro (B), pela azometina H, posteriormente à incineração em mufla (Malavolta et al., 1997). Foram determinados os teores e o acúmulo de nutrientes, sendo este último obtido pelo produto entre o teor e a massa seca (OLIVEIRA et al., 2011).

A composição centesimal foi obtida de acordo com a metodologia oficial descrita pela AOAC (2005). Mediante secagem em estufa a 105 °C até atingir massa constante, foi determinado o teor de água. Em mufla a 550 °C, o material foi incinerado para obtenção da fração cinza (CI). A fração proteica foi determinada pelo método de Kjeldahl (semimicro). Por meio de aparelhos extratores do tipo Soxhlet, foi quantificado o extrato etéreo. De acordo com a expressão $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$, foram obtidos os carboidratos totais, sendo PM proteína bruta, EE extrato etéreo, MM matéria mineral (SNIFFEN et al., 1992).

Para a obtenção do conteúdo de hemicelulose, fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), o resíduo foi submetido a refluxo em um ácido e solução de detergente neutro separadamente, durante 1 h. Filtrou-se a amostra e lavou-se com água quente e etanol. O resíduo foi submetido à secagem à temperatura de 40 °C. Conteúdos de FDA e FDN foram calculados pela diferença de peso entre a amostra original e o resíduo. A hemicelulose foi obtida pela expressão $\text{Hemicelulose} = \text{FDN} - \text{FDA}$. Todas as determinações foram feitas em triplicata.

Os tratamentos que representaram os níveis de sombra (0, 18, 30 e 50%) foram arranjados em parcelas subdivididas com as partes da planta (folha, caule e raiz). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando significativos, as análises referentes aos níveis de sombra foram expressas por modelos de regressão e os contrastes referentes às partes da planta, pelo teste de Tukey. A significância estatística adotada nos testes foi de 5%.

5.3 Resultados e Discussão

Para os teores de nutrientes, foram observados efeitos dos fatores principais para os diferentes órgãos de *T. triangulare* em relação aos nutrientes N, P, Ca, S, Cu, Fe, B e Mn, Tabela 1, e também para os níveis de sombreamento para Ca, P e S (Figuras 1A, B e C). Interações significativas foram observadas para os teores de K, Mg e Zn (Tabela 2 e Figuras 1D, E e F). Independentemente do sombreamento, foram observados nas folhas de *T. triangulare* maiores níveis de N, P, Ca, S, B e Mn em relação aos demais órgãos (Tabela 1). Nas raízes, foram observados maiores teores de Fe e de Cu, sendo que o teor deste último se assemelhou ao encontrado nas folhas (Tabela 1). Menores teores dos micronutrientes Cu, Fe, B e Mn foram encontrados no caule, independentemente de a planta ter sido cultivada sombreada ou não. Embora nas plantas não houvesse ocorrência direta da luz na absorção de elementos minerais, determinadas condições luminosas afetaram alguns processos biológicos como fotossíntese, transpiração e respiração, alterando nos tecidos vegetais os teores de nutrientes (REIS, 2013).

Tabela 1. Efeitos do sombreamento sobre os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe) e boro (B) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.

Tratamentos	N	P	Ca	S	Cu	Fe	B	Mn
Sombreamento (%)	-----g kg ⁻¹ -----				-----mg kg ⁻¹ -----			
0	14,35	6,77	10,13	1,68	18,88	659,52	66,06	171,87
18	14,55	6,96	7,54	1,68	19,69	606,17	64,62	159,92
30	14,91	7,59	6,98	1,83	18,09	554,91	68,64	165,17
50	13,87	8,22	7,47	1,97	18,69	601,48	63,47	167,56
Partes da planta								
Caule	8,76 b	6,30 b	4,79 b	1,23 b	14,88 b	387,76 c	54,44 c	52,97 c
Folhas	26,61 a	9,88 a	15,73 a	3,10 a	21,65 a	536,87 b	83,91 a	370,77 a
Raízes	7,90 b	5,98 b	3,57 b	1,03 b	19,99 a	891,94 a	58,74 b	74,65 b
CV (%) parcela	10,04	16,33	20,78	11,35	8,45	12,64	8,76	7,83
CV (%) subparcela	6,90	13,30	23,42	14,85	16,38	18,74	6,09	8,75

*Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Efeitos do sombreamento sobre os teores de potássio (K), magnésio (Mg) e zinco (Zn) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.

Parte da planta	Sombreamento (%)			
	0	18	30	50
K (g kg ⁻¹)				
Caule	37,50 a	38,50 a	41,00 a	49,00 a
Folha	31,00 a	37,50 a	45,67 a	53,00 a
Raiz	22,33 b	23,33 b	26,83 b	31,17 b
CV (%) parcela	9,17			
CV (%) subparcela	6,91			
Mg (g kg ⁻¹)				
Caule	7,57 ab	6,37 b	6,50 b	6,37 a
Folha	9,17 a	10,20 a	9,50 a	6,33 a
Raiz	6,87 b	6,57 b	5,63 b	7,43 a
CV (%) parcela	18,33			
CV (%) subparcela	13,45			
Zn (mg kg ⁻¹)				
Caule	33,86 b	36,76 b	55,56 b	51,45 b
Folha	93,89 a	109,25 a	149,28 a	183,87 a
Raiz	20,41 b	38,28 b	48,17 b	47,54 b
CV (%) parcela	9,15			
CV (%) subparcela	13,33			

*Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

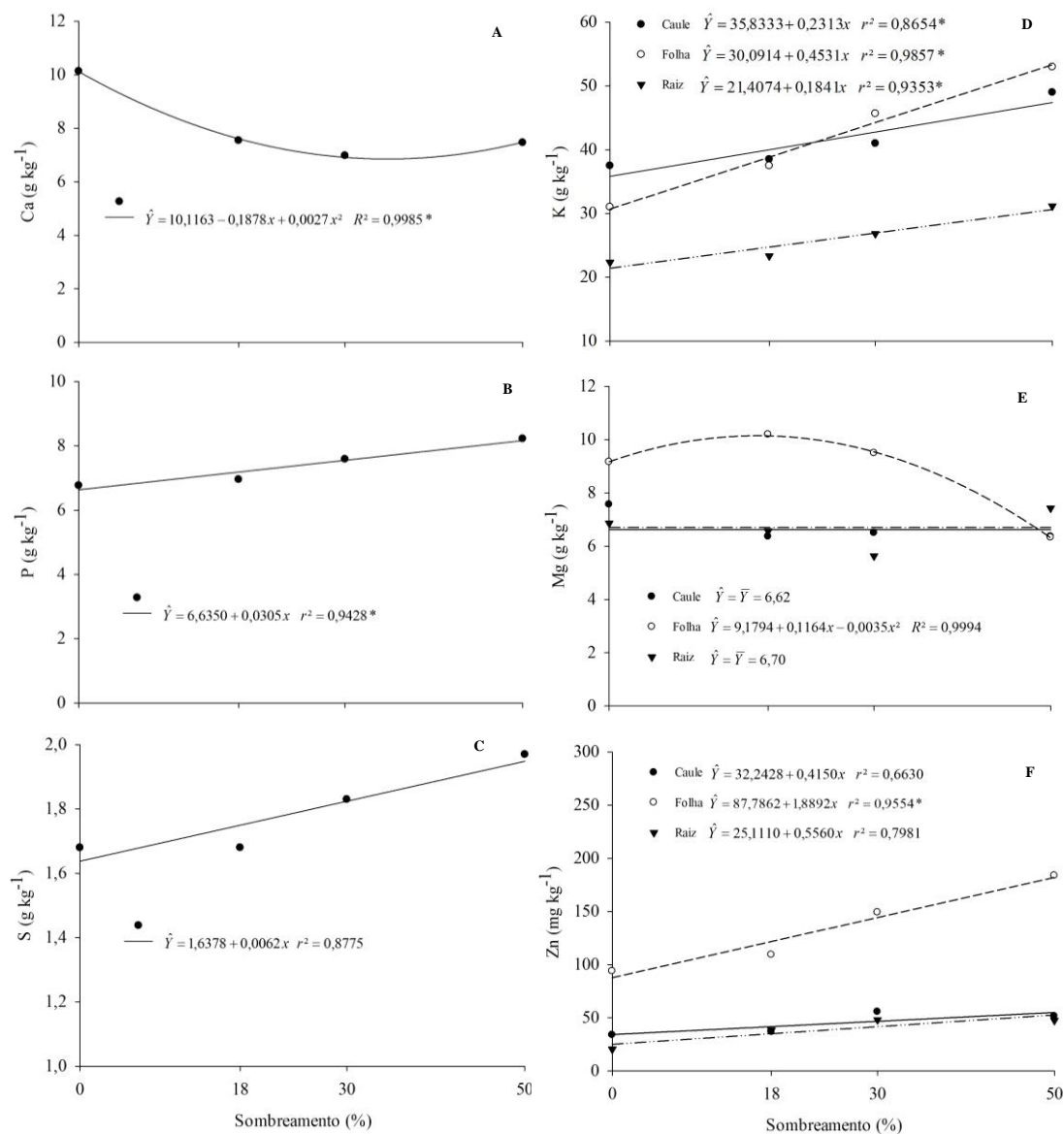


Figura 1. Teores de cálcio (A), fósforo (B), enxofre (C), potássio (D), magnésio (E) e zinco (F) em plantas de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.

Sistemas de cultivo em muitos países em desenvolvimento ainda não fornecem nutrientes suficientes para satisfazer as necessidades humanas por meio das plantas cultivadas. Em relação aos nutrientes minerais, estima-se que mais de metade da população do mundo não consuma o suficiente, gerando deficiências que prejudicam a saúde de um grande número de pessoas no mundo, especialmente mulheres pobres, lactentes e crianças (WELCH; GRAHAM,

2005; WANG et al., 2008), por isso a importância de incluir na alimentação fontes alternativas de alimentação, entre as quais se destaca a hortaliça não convencional *T. triangulare*.

Os teores de Ca nos tecidos da planta foram reduzidos com o aumento dos níveis de sombreamento, atingindo o menor valor quando o sombreamento atingiu 34,78%, Figura 1A, representando 32,4% do teor de Ca encontrado nas plantas que cresceram a pleno sol. Contrariamente, foram verificados aumentos lineares nos teores de P e S com o aumento da intensidade do sombreamento de 0,0305 e 0,0062 g kg⁻¹, respectivamente, para cada unidade de sombreamento, Figuras 1B e C, atingindo acréscimos de 21,42% e 17,26% para P e S, respectivamente, nas plantas cultivadas a 50% de sombreamento, se comparadas às cultivadas sob sol.

Segundo Neves et al. (2013), os elementos minerais N, P, K são considerados móveis nas plantas e o seu maior teor está nas folhas com maior atividade fisiológica. O Ca não apresenta mobilidade, e as maiores concentrações estão nas folhas mais velhas. A translocação do Ca e o seu teor na planta estão sujeitos à transpiração (GRANGEIRO et al., 2006). Os elementos minerais nas plantas, além de serem influenciados pela mobilidade (HAWKESFORD et al., 2012), também o são pela luminosidade, ocorrendo atuação do sombreamento de forma decisiva nos aspectos da morfologia foliar e do metabolismo.

Para os teores de K, foram observados maiores valores no caule e nas folhas em relação às raízes para todos os níveis de sombreamento (Tabela 2). Contudo, foram verificados aumentos lineares nos teores de K com o aumento do sombreamento em todos os órgãos da planta, tanto da parte aérea quanto nas raízes, representando incrementos de 0,4531, 0,2313 e 0,1741 g kg⁻¹ para folhas, caules e raízes, respectivamente (Figuras 1D, E e F). Maiores teores de Mg e Zn foram verificados nas folhas em relação ao caule e às raízes, exceto para Mg nas plantas cultivadas sob 50% de sombra, em que os níveis deste elemento foram iguais em todos os órgãos analisados (Tabela 2).

Nas folhas, os teores de Mg apresentaram comportamento quadrático quanto aos níveis de sombreamento testados, com ponto de máximo encontrado quando as plantas foram expostas a 16,63%, atingindo teor de 10,13 g kg⁻¹ nas folhas (Figura 1E). Quanto ao Zn, os acréscimos foram lineares quanto à presença de sombreamento para todas as partes da planta, sendo mais

destacado nas folhas com incrementos para cada unidade de sombra de $1,89 \text{ mg kg}^{-1}$ e de $0,55$ e $0,41 \text{ mg kg}^{-1}$ em raízes e caules, respectivamente (Figura 1F).

Teores elevados de Zn, Cu, Mo, Ni, Se e nitrato em plantas podem ser tóxicos tanto para animais quanto para os seres humanos. Outros elementos minerais no solo, tais como Cr, F, As, Cd, Hg e Pb, também representam riscos para a saúde, entrando na cadeia alimentar pela acumulação nas plantas e pela translocação para partes colhidas comestíveis. Por outro lado, é de grande importância aumentar a concentração dos nutrientes essenciais nas partes comestíveis das culturas e, ao mesmo tempo, reduzir, ou pelo menos manter dentro uma faixa de segurança, a concentração de elementos tóxicos ou indesejáveis (WANG et al., 2008).

Os acúmulos de massa seca das folhas e do caule das plantas de *T. triangulare* não foram afetados pelo sombreamento, representando valores médios de $8,69$ e $20,78 \text{ g}$ por planta, respectivamente (dados não mostrados). O acúmulo de massa seca nas raízes apresentou comportamento quadrático, explicado pelo modelo $\hat{Y} = 9,2265 + 0,0694x - 0,0031x^2$, com $R^2 = 0,9964$, com ponto de máximo de $11,19\%$ de sombreamento, atingindo máximo valor de $9,61 \text{ g}$ por planta (dados não mostrados). Desta forma, considerando o acúmulo de nutrientes na massa seca de *T. triangulare*, foram observados efeitos significativos para os fatores principais, nos órgãos da planta, para acúmulos de N, P, K, S, Ca, Mg, Cu, Mn e B, Tabela 3, e também para níveis de sombreamento para K e Mn, Figuras 2A e B, e interação significativa entre estes fatores para Fe e Zn (Tabela 4, Figuras 2 C e D). Independentemente do sombreamento, foram observados maiores acúmulos nas folhas para N, S, Ca e Mn, sendo que o acúmulo de S foi estatisticamente semelhante ao encontrado no caule (Tabela 3). No caule, foram acumuladas maiores quantidades de P, K, Mg, Cu e B em relação às raízes e folhas (Tabela 3).

Grangeiro et al. (2006) identificaram nas cultivares de alface Babá de Verão, Verônica e Tainá acúmulo de $0,30$; $0,24$ e $0,20 \text{ g planta}^{-1}$ de N, respectivamente, quantidades próximas àquelas obtidas nas folhas de *T. triangulare*. O acúmulo de P no caule ($0,131 \text{ g planta}^{-1}$) foi superior ao da folha ($0,088 \text{ g planta}^{-1}$) e da raiz ($0,045 \text{ g planta}^{-1}$), que apresentou menor concentração. Quantidades de P acumulados pelas cultivares de alface Babá de Verão, Verônica e Tainá foram, respectivamente, $0,17$; $0,11$ e $0,11 \text{ g planta}^{-1}$ (GRANGEIRO et al., 2006), resultados também próximos aos obtidos no caule e folhas de *T. triangulare*.

Tabela 3. Efeitos do sombreamento sobre o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.

Tratamentos	N	P	K	S	Ca	Mg	Cu	Mn	B
Sombreamento %	-----g planta ⁻¹ -----						-----mg planta ⁻¹ -----		
0	0,150	0,079	0,403	0,019	0,114	0,092	0,216	1,681	0,741
18	0,180	0,091	0,485	0,021	0,089	0,101	0,249	1,772	0,864
30	0,154	0,090	0,475	0,019	0,072	0,085	0,207	1,536	0,802
50	0,149	0,091	0,556	0,021	0,078	0,076	0,201	1,632	0,702
Partes da planta									
Caule	0,179 b	0,131 a	0,868 a	0,025 a	0,098 b	0,136 a	0,304 a	1,082 b	1,120 a
Folha	0,233 a	0,088 b	0,370 b	0,027 a	0,138 a	0,077 b	0,189 b	3,281 a	0,741 b
Raiz	0,063 c	0,045 c	0,202 c	0,008 b	0,029 c	0,052 c	0,162 b	0,602 b	0,471 c
CV (%) parcela	6,51	6,25	6,73	6,84	7,75	6,42	6,34	6,69	6,22
CV (%) subparcela	4,30	5,14	5,27	4,48	5,55	4,35	4,34	5,50	4,38

*Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as variáveis foram transformadas em \sqrt{x} para análise.

Em relação ao acúmulo de K na planta, foi observado aumento linear na massa seca da planta conforme aumento nos níveis de sombra, atingindo 0,0029 g por planta para cada unidade de sombra (Figura 2A). Este aumento se respalda nos aumentos dos teores de K nas folhas, caule e raízes de *T. triangulare*, em função do aumento dos níveis de sombra, Figura 1D, uma vez que o sombreamento não proporcionou acréscimos de massa seca nestes órgãos. Sob níveis de sombreamento artificial, as plantas de taro (*Colocasia esculenta*) acumularam K em maior quantidade, seguido por Ca, N, Mg e P (Oliveira et al., 2011). Verifica-se que o elemento mineral K é o mais extraído nas cultivares, corroborando os resultados obtidos. Para os outros elementos minerais, os teores foram divergentes. Grangeiro et al. (2006) identificaram nas folhas de alface, cultivares Babá de Verão, Tainá e Verônica, acúmulos de K de 0,45; 0,35 e 0,33 g planta⁻¹, respectivamente. Observa-se superioridade do acúmulo em K no caule de *T. triangulare* em comparação com as folhas e raízes da mesma espécie e com os valores encontrados para alface. O acúmulo de K nas folhas de *T. triangulare* situa-se próximos aos obtidos na cultura de alface (GRANGEIRO et al., 2006).

O acúmulo de Ca pelas cultivares de alface Tainá, Babá de Verão e Verônica foi, respectivamente, de 0,063; 0,054 e 0,046 g planta⁻¹ (GRANGEIRO et al., 2006). O acúmulo de Ca obtido nas folhas e no caule de *T. triangulare* foi superior ao obtido pelas cultivares de alface. Montanaro et al. (2006) avaliaram a influência da intensidade luminosa na transpiração e no fluxo de água em frutos de kiwi e sugeriram que a transpiração não é o único fator que controla o transporte de Ca e que a luz também influencia a concentração de Ca na seiva do xilema. Tais autores sugerem a hipótese de que a luz induz a biossíntese de ácidos hidroxicinâmicos, diminui indiretamente a degradação da auxina e, por conseguinte, aumenta a acumulação de Ca. Para Grangeiro et al. (2006), o acúmulo de Mg mais próximo dos obtidos em cultivares de alface foi encontrado no caule de *T. triangulare*, havendo pouca diferença para o acúmulo nas folhas.

Tabela 4. Efeitos do sombreamento sobre o acúmulo de ferro (Fe) e zinco (Zn) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.

Partes da planta	Sombreamento (%)			
	0	18	30	50
Fe (mg planta ⁻¹)				
Caule	7,572 a	8,270 a	6,237 a	9,962 a
Folha	5,640 b	4,983 b	3,905 b	4,666 b
Raiz	8,447 a	9,034 a	7,495 a	3,926 b
CV (%) parcela	6,20			
CV (%) subparcela	4,69			
Zn (mg planta ⁻¹)				
Caule	0,600 a	0,813 a	1,101 a	1,084 b
Folha	0,795 a	1,073 a	1,162 a	1,651 a
Raiz	0,178 b	0,357 b	0,421 b	0,238 c
CV (%) parcela	5,15			
CV (%) subparcela	4,07			

*Médias seguidas das mesmas letras nas colunas são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as variáveis foram transformadas em \sqrt{x} para análise.

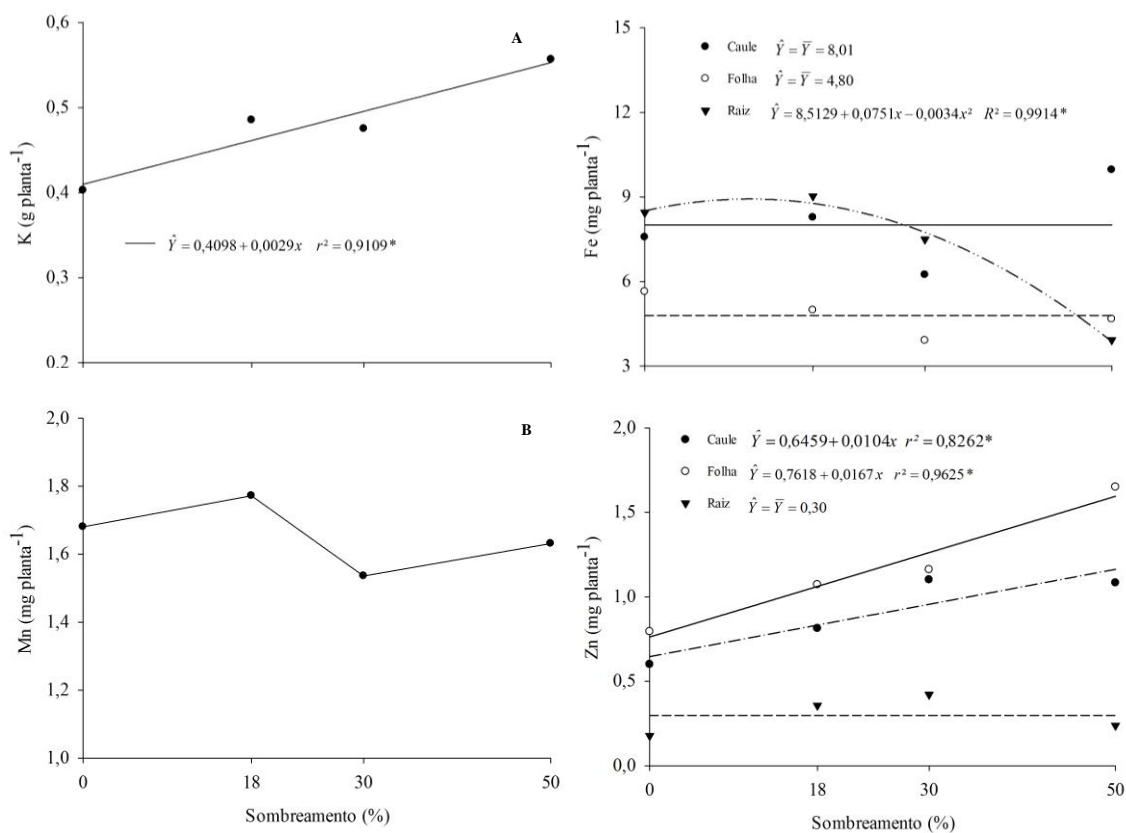


Figura 2. Efeitos do sombreamento sobre o acúmulo de potássio (A) e manganês (B) e de ferro (C) e zinco (D) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.

Para Mn, apesar de mostrar significância entre níveis de sombreamento, não foi possível ajustar modelos de regressão para explicar seu acúmulo nas plantas de *T. triangulare*, contudo maior valor foi observado quando as plantas foram cultivadas sob 18% de sombreamento (Figura 2B).

O acúmulo de Fe foi afetado pelo sombreamento nas diferentes partes da planta, sendo que o caule e a raiz acumularam mais deste nutriente nos níveis de sombreamento de 0, 18 e 30% em relação às folhas, mas, sob sombreamento de 50%, o acúmulo de Fe nas raízes foi reduzido, equivalendo aos valores encontrados nas folhas (Tabela 4). Os níveis de sombreamento não afetaram os acúmulos deste elemento nas folhas e no caule, enquanto nas raízes o comportamento foi ajustado pelo modelo quadrático, com ponto de máximo no nível de sombreamento de 9,63%, atingindo 8,92 mg por planta, Figura 2C, decrescendo a partir deste ponto até atingir 3,926 mg por planta, quando cultivada sob 50% de sombreamento (Tabela 4).

Maiores acúmulos de Zn na planta foram encontrados nas folhas e no caule quando as plantas de *T. triangulare* foram cultivadas sob 0, 18 e 30% de sombreamento, sendo que a 50% de sombreamento, maior acúmulo foi observado somente nas folhas (Tabela 4). Os níveis de sombra não alteraram o acúmulo de Zn nas raízes desta espécie (Figura 2D). Porém, houve acréscimos nos acúmulos de Zn nas folhas e no caule quando as plantas foram cultivadas sob sombra, representando para as folhas incremento linear com acréscimo de 0,0167 g por planta com aumento de cada unidade de sombra, e para o caule, o aumento foi de 0,0104 g por planta (Figura 2D). Similarmente ao que foi observado para o K, a explicação para o aumento no acúmulo observado está alicerçada no aumento dos teores deste elemento nos tecidos promovido pelo sombreamento (Figura 1F).

Em valores médios, foram observados maiores teores nos órgãos vegetais de *T. triangulare* na seguinte ordem: K>N>Ca>P>Mg>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu. E de acúmulo para: K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu. Foi observado que os resultados obtidos em *T. triangulare* ficaram próximos aos obtidos em cultivares de alfaces que apresentaram a seguinte ordem decrescente: K, N, P, Mg e Ca (GRANGEIRO et al., 2006). Em coentro, a ordem decrescente dos nutrientes extraídos foi: K (0,025 g. planta⁻¹), Ca (0,02 g. planta⁻¹), N (0,010 g. planta⁻¹), Mg (0,01 g. planta⁻¹) e P (0,003 g. planta⁻¹). E a rúcula, cultivada em Mossoró-RN, nas condições de altas temperaturas e luminosidade, acumulou na seguinte ordem: N (0,116 g. planta⁻¹), P (0,028 g. planta⁻¹), K (0,12 g. planta⁻¹), Ca (0,046 g. planta⁻¹) e Mg (0,046 g. planta⁻¹) (GRANGEIRO et al., 2011). Os teores de nutrientes identificados por *T. triangulare* foram superiores aos encontrados na rúcula e no coentro. Para micronutrientes, os resultados de acúmulo para *T. triangulare* situaram-se próximos aos encontrados por Vidigal et al. (2009) para melancia e por Fernandes (1975) para tomateiro.

Quanto à composição bromatológica, não foram observadas interações significativas entre os fatores testados, mas apenas efeitos para os fatores principais relacionadas à CT, FDA, FDN, HC, PB e UM para os valores encontrados entre os órgãos da planta, Tabela 5, e para FDA, FDN, HC e UM em função dos níveis de sombreamento (Figuras 3 A, B, C e D).

Tabela 5. Efeitos do sombreamento sobre os teores de carboidratos totais (CT), cinzas (CI), extrato etéreo (EE), fibra de detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HC), proteína bruta (PB) e umidade (UM) em caules, folhas e raízes de *Talinum triangulare*.

Tratamentos	CT	CI	EE	FDA	FDN	HC	PB	UM
Sombreamento (%)	-----%-----							
0	85,93	0,40	4,71	23,00	59,15	36,15	8,97	92,15
18	86,66	0,35	3,89	24,08	65,64	41,56	9,10	91,96
30	85,73	0,35	4,60	27,88	60,20	32,32	9,32	91,21
50	87,51	0,38	3,44	28,74	55,13	26,40	8,67	91,44
Partes da planta								
Caule	90,51 a	0,39	3,63	33,12 a	66,36 a	33,25 b	5,47 b	91,14 b
Folhas	77,64 b	0,36	5,37	26,47 b	52,89 b	26,42 b	16,63 a	91,58 ab
Raízes	91,22 a	0,36	3,48	18,19 c	60,84 a	42,66 a	4,94 b	92,36 a
CV (%) parcela	2,40	18,34	37,50	19,39	4,93	13,78	10,03	0,61
CV (%) subparcela	2,55	22,08	50,74	14,44	11,03	23,62	6,91	0,58

*Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Resultados expressos em base seca.

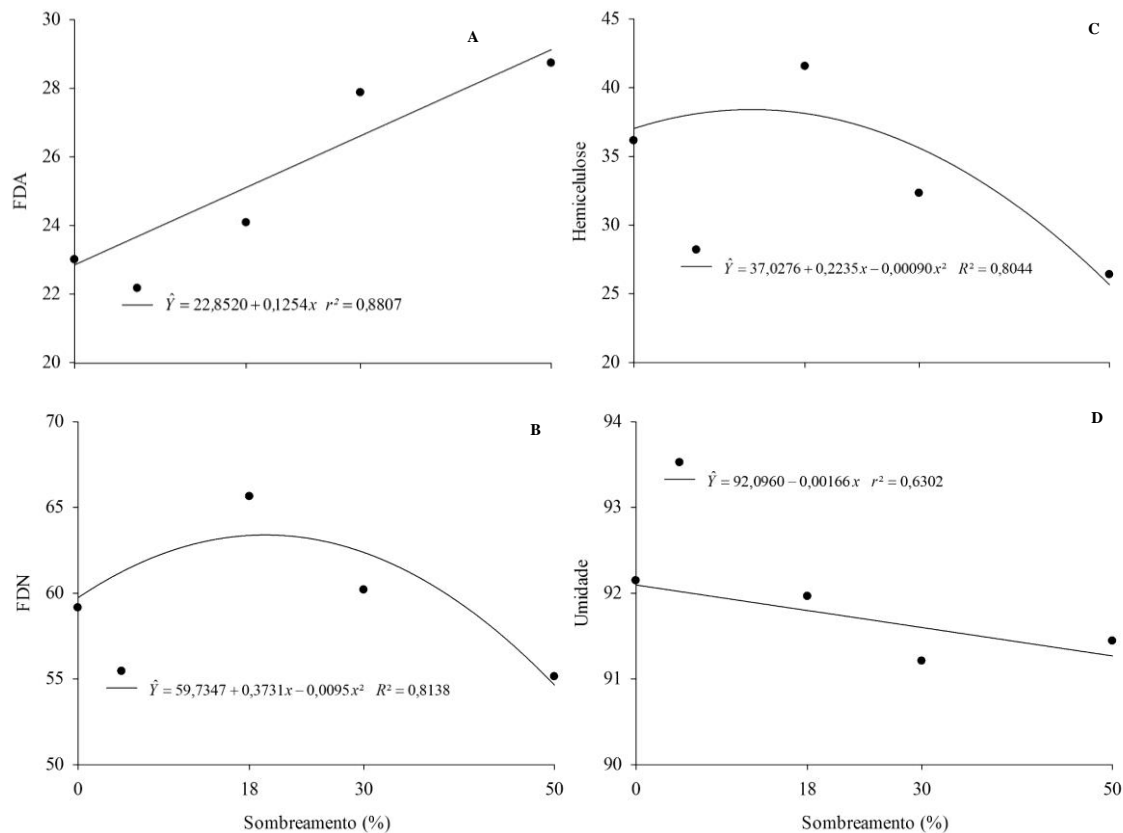


Figura 3. Fibra de detergente ácido (A), fibra em detergente neutro (B), hemicelulose (C) e umidade (D) em plantas de *Talinum triangulare* em função de níveis de sombreamento.

Os valores de CI e EE não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 5). Os maiores valores de CT foram encontrados nas raízes e no caule de *T. triangulare* em relação às folhas, Tabela 5, e estes valores não foram influenciados pelo sombreamento. Ifon e Bassir (1980) obtiveram em folhas de *T. triangulare* cinzas 18%, proteína 22%, lipídios 5% e carboidratos totais 53%, sendo que esses resultados não corroboram os encontrados neste trabalho, e somente para lipídios, os valores ficaram próximos. Em folhas cozidas de *Talinum fruticosum*, Leite et al. (2009) identificaram umidade 92%, cinzas 0,4%, proteína 1,2%, lipídios 3,2%, estando estes resultados próximos aos obtidos neste trabalho, exceto para a variável proteína bruta.

Para a variável CI determinada na hortaliça não convencional ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller), foram obtidos os seguintes resultados: em ambiente sem sombreamento, nas folhas (18,8%) e no caule (7,4%); em ambiente com 50% de sombreamento, folhas (21,8%) e

caule (9,2%); e em ambientes totalmente sombreados, folhas (32,5%) e caule (24,3%). E avaliando os lipídios na mesma hortaliça não convencional, foram obtidos os seguintes resultados: em ambiente sem sombreamento, nas folhas (5,2%) e no caule (1,4%); em ambiente com 50% de sombreamento, nas folhas (4,2%) e no caule (3,9%); e em ambientes totalmente sombreados, nas folhas (5,7%) e no caule (4%) (QUEIROZ et al., 2015).

O caule de *T. triangulare* apresentou maior FDA, seguida pelos valores encontrados nas folhas e nas raízes e, independentemente do órgão da planta, os valores foram afetados pelos níveis de sombra (Figura 3A). O comportamento desta variável ajustou-se ao modelo linear crescente com incremento em seus valores de 0,1254% para cada unidade de sombra, atingindo 29,12% da FDA em plantas que cresceram sob sombreamento de 50%. Maiores valores de FDN foram encontrados tanto em caules quanto em raízes em relação aos valores observados nas folhas, independentemente dos níveis de sombra em que as plantas foram cultivadas (Tabela 5). Contudo, os níveis de sombreamento afetaram os teores de FDN, cujo desempenho foi explicado pelo modelo quadrático, atingindo ponto de máximo valor quando cultivada com 19,13% de sombreamento, atingindo 63,39% (Figura 3B).

Queiroz et al. (2015) observaram, em ora-pro-nóbis, alterações metabólicas para ajuste e manutenção do desenvolvimento com relação às condições de luminosidade impostas. Tais autores identificaram para a variável FDN: em ambiente sem sombreamento, nas folhas (56,9%) e no caule (73,7%); em ambiente com 50% de sombreamento, nas folhas (70%) e no caule (75,8%); e em ambientes totalmente sombreados, nas folhas (44,7%) e no caule (56,5%). Os resultados obtidos estão próximos aos descritos pelos autores, exceto para as folhas. Santos (2014), pesquisando os efeitos do sombreamento para a variável FDN, encontrou menores valores no ambiente com nível de 50% de sombreamento (75,28%), em relação aos demais tratamentos, independentemente das espécies avaliadas (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Tanzânia), corroborando os resultados encontrados nesta pesquisa. Paciullo et al. (2007) observaram em ambientes a pleno sol que os teores médios de FDN comparados a ambientes sombreados são maiores. E que em ambientes sombreados provocados pela presença das árvores no sistema silvipastoril, foram obtidas as maiores concentrações de PB. Entretanto, para *Brachiaria decumbens*, a condição de luminosidade não influenciou nos teores de FDA.

Os teores de HC, independentemente dos níveis de sombra, apresentaram maiores valores nas raízes, seguidos dos teores encontrados nos caules e folhas, que foram semelhantes entre si (Tabela 5). Independentemente dos órgãos da planta, foi observado que o sombreamento afetou os valores de HC, sendo estes ajustados por modelo quadrático com ponto de máximo valor quando as plantas foram cultivadas com 12,41% de sombreamento, atingindo valor de 38,41%.

Nas folhas foram observados maiores teores de PB, seguidos dos valores encontrados nas raízes e caules, os quais foram semelhantes entre si (Tabela 5). Estes valores se assemelham aos encontrados para os teores e acúmulo de N neste órgão e, similarmente, não foram influenciados pelos níveis de sombreamento (Tabelas 1 e 3). Os valores de proteína de ora-pro-nóbis foram: em ambiente sem sombreamento, nas folhas (15,2%) e no caule (6,6%); em ambiente com 50% de sombreamento, nas folhas (15,8%) e no caule (7,7%); e em ambientes totalmente sombreados, nas folhas (26,5%) e no caule (20,7%) (Queiroz et al., 2015). Deve conter pelos menos 7% de PB um alimento e/ou dieta para fornecer nitrogênio satisfatório para no rúmen haver uma eficaz fermentação microbiana (CHURCH, 1988) e os teores encontrados nas folhas de *T. triangulare* satisfazem essa recomendação.

Quanto a UM, foram encontrados maiores valores nas raízes e nas folhas, independentemente dos níveis de sombreamento em que as plantas foram cultivadas, Tabela 5, sendo os valores encontrados superiores a 90%. Independentemente do órgão da planta, foi observada redução linear nos valores de UM com o aumento do sombreamento (Figura 3D).

De acordo com Brilhaus et al. (2016), as plantas de *T. triangulare* desenvolveram uma série de mecanismos para tolerar a seca, incluindo o metabolismo do ácido crassuláceo (CAM) facultativo de forma reversível, sendo capazes de fazer essa transição e reduzir a perda por transpiração de água, contendo assim uma concentração significativa de água, o que pode influenciar a composição mineral e bromatológica da espécie quando cultivada em diferentes ambientes.

5.4 Conclusão

Em valores médios, os maiores teores nos órgãos vegetais de *T. triangulare* foram K>N>Ca>P>Mg>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu e de acúmulo, K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu.

A composição bromatológica para CT, FDA, FDN, HC, PB e UM foi diferenciada entre as partes analisadas da planta, tendo o sombreamento afetado os níveis de FDA, FDN, HC.

A hortaliça não convencional *T. triangulare* pode ser utilizada para vários fins, inclusive para alimentação humana e animal, para diminuir em período de seca a escassez de alimentos, visto ser uma alternativa pela sua riqueza em nutrientes.

5.5 Referências Bibliográficas

AGBONON, A. et al. In vitro inhibitory effect of West African medicinal and food plants on human cytochrome P450 3A subfamily. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 128, n. 2, p. 390-394, 2009.

AGRA, M.F. et al. Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 3, p. 472-508, 2008.

AJA, P.M. et al. Phytochemical composition of *Talinum triangulare* (water leaf) leaves. **Pakistan Journal Nutrition**, v. 9, n. 6, p. 527-530, 2010.

AKACHUKU, C.O.; FAWUSI, M.O.A. Growth characteristics, yield and nutritive value of waterleaf, *Talinum triangulare* (Jacq.) Wild in a semi-wild environment. **Discovery and Innovation**, v. 7, n. 2, p. 163- 172, 1995.

AREMU, C.Y.; UDOESSIEN, E.I. Chemical estimation of some inorganic elements in selected tropical fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 37, n. 3, p. 229-234, 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - INTERNATIONAL [AOAC]. **Official Methods of Analysis**. 18ed. AOAC, Gaithersburg, MD, EUA. 2005.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de hortaliças não-convencionais. Brasília: MAPA/ACS, 2010. 92 p.

BRILHAUS, D. et al. Reversible burst of transcriptional changes during induction of Crassulacean Acid Metabolism in *Talinum triangulare*. **Plant Physiology**, n. 1, v. 170, p. 102-122, 2016.

CHURCH, D.C. **Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes**. Zaragoza: Acriba, 1988. 641 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do abastecimento, 2006. 306p.

FASUYI, A.O. Bio-nutritional evaluations of three tropical leaf vegetables (*Telfairia occidentalis*, *Amaranthus cruentus* and *Talinum triangulare*) as sole dietary protein sources in rat assay. **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 757-765, 2007.

FERNANDES, P.D. et al. Nutrição mineral de hortaliças: XXVII-absorção de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill.), em cultivo rasteiro. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 32, p. 595-608, 1975.

GRANGEIRO, L.C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 6, n.1, p. 11-16, 2011.

GRANGEIRO, L.C et al. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 190-194, 2006.

HAWKESFORD, M. et al. **Functions of macronutrients**. In: Marschner, P. (ed.). Marschner's mineral nutrition of higher plants. New York: Elsevier, cap.6, p. 135-189, 2012.

IFON, E.T.; BASSIR, O. The nutritive value of some Nigerian leafy green vegetables - Part 1: Vitamin and mineral contents. **Food Chemistry**, v. 4, n. 4, p. 263-267, 1979.

IFON, E.T.; BASSIR, O. The nutritive value of some Nigerian leafy green vegetables - Part 2: The distribution of protein, carbohydrates (including ethanol-soluble simple sugars), crude fat, fibre and ash. **Food Chemistry**, v. 5, n. 3, p. 231-235, 1980.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1927. 369p.

KUMAR, A. et al. Lead toxicity, defense strategies and associated indicative biomarkers in *Talinum triangulare* grown hydroponically. **Chemosphere**, v. 89, n. 9, p. 1056-1065, 2012.

LEITE, J.F.M. et al. Nutritional value and antinutritional factors of foliaceous vegetable *Talinum fruticosum*. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 68, n. 3, p. 341-345, 2009.

LIANG, D. et al. Studies on the antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Talinum triangulare*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 136, n. 2, p. 316-321, 2011.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MONTANARO, G. et al. Light influences transpiration and calcium accumulation in fruit of kiwifruit plants (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa*). **Plant Science**, v. 170, n. 3, p. 520-527, 2006.

NEVES, E.J.M. et al. Caracterização nutricional do nim em plantios no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 26-32, 2013.

NYFFELER, R.; EGGLI, U. Desintegrating Portulacaceae: a new familial classification of the suborder Portulacineae (Caryophyllales) based on molecular and morphological data. **Taxon**, v. 59, n. 1, p. 227-240, 2010.

OLIVEIRA JR., R.S. de et al. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Editora Omnipax, 2011. 348p.

OLIVEIRA, F.L. et al. Crescimento e acumulação de nutrientes em plantas de taro sob níveis de sombreamento artificial. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 291-298, 2011.

ONWURAHNGOZIKA, N. et al. Antiulcer properties of aqueous extract of *Talinum triangulare* leaves in experimentally induced gastric ulceration in mice. **Asian Journal of Pharmaceutical and Biological Research**, v. 03, n. 1, p. 04-07, 2013.

PACIULLO, D.S.C. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

QUEIROZ, C.R.A.A. et al. Crescimento inicial e composição química de *Pereskia aculeata* Miller cultivada em diferentes luminosidades. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 4, p. 93-104, 2015.

REIS, G.L. et al. Produção e composição bromatológica do capim-marandu sob diferentes percentuais de sombreamento e doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1606-1615, 2013.

SANTOS, C.G. Avaliação de gramíneas forrageiras tropicais em diferentes níveis de sombreamento. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 16, n. 1, p. 68-78, 2014.

SILVA, N.F. da et al. Perfilamento da cana-de-açúcar submetida a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 91-101, 2015.

SNIFFEN, C.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954 p.

VIDIGAL, S.M. et al. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Ceres**, v. 56, n. 1, p. 112-118, 2009.

WANG, Z.H. et al. Effects of fertilization and other agronomic measures on nutritional quality of crops. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 1, p. 7-23, 2008.

WELCH, R.M.; GRAHAM, R.D. Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 18, n. 4, p. 299-307, 2005.

6. CAPÍTULO III

CINÉTICA DE SECAGEM DAS FOLHAS DE *Talinum triangulare* E AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA

RESUMO: *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd (Talinaceae) é uma planta cultivada na África, Ásia e América Latina com fins medicinais e alimentares. Neste trabalho, objetivou-se avaliar a cinética de secagem das folhas de *Talinum triangulare* sob diferentes temperaturas e as características físico-químicas da farinha produzida. As folhas foram secas em estufa sob as temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C até atingirem massa constante. Os resultados de secagem foram ajustados a modelos matemáticos usados para representação da secagem de produtos agrícolas. Após secagem, as folhas foram trituradas e a farinha produzida foi analisada quanto à composição mineral e centesimal, microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de absorção na região do infravermelho. Dos modelos testados, o de Page foi o mais adequado para prever o fenômeno de secagem das folhas. O tempo necessário de secagem foi de 32, 10, 7 e 6 horas para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, respectivamente. Nas farinhas, as concentrações de N, Mg e Cu foram influenciadas pelo aumento da temperatura de secagem. Não houve mudanças na estrutura química das farinhas provocadas pelo tratamento térmico. Devido à concentração de nutrientes presentes na planta, a farinha produzida pode ser utilizada ou incorporada em novos produtos.

Palavras-chave: planta medicinal, hortaliça não convencional, composição mineral, modelagem matemática.

DRYING KINETICS OF *Talinum triangulare* LEAVES AND PHYSICO-CHEMICAL EVALUATION OF THE FLOUR

ABSTRACT: *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd (Talinaceae) is grown in Africa, Asia and Latin America with medicinal and food purposes. This work aimed to evaluate the drying kinetics of *Talinum triangulare* leaves under different temperatures and the physicochemical characteristics of the flour produced. The leaves were dried in oven temperatures of 50, 60, 70 and 80 °C until constant mass. Drying results were fitted to mathematical models used to represent the drying agricultural products. After drying, the leaves were crushed and the flour produced was analyzed for mineral and chemical composition, scanning electron microscopy and spectroscopy of absorption in the infrared region. Models tested the Page was the most suitable for predicting the drying phenomenon of leaves. The time required for drying was 32, 10, 7 and 6 hours at temperatures of 50, 60, 70 and 80 °C respectively. The concentrations of N, Mg and Cu in the flours were influenced by increasing the drying temperature. There were no changes in the chemical structure of flour caused by heat treatment. Due to the concentration of nutrients in the plant that produced flour may be used or incorporated into new products.

Key-words: medicinal plant, unconventional vegetable, mineral composition, mathematical modeling.

6.1 Introdução

Talinum triangulare (Jacq.) Willd pertencente à família Talinaceae, sendo conhecida por breo, beldroega (Agra et al., 2008) e por folha de água (AJA et al., 2010). É cultivada em larga escala tanto para consumo alimentar quanto para fins medicinais na América do Sul, Ásia e África (AKACHUKU; FAWUSI, 1995; AGBONON et al., 2010).

Na África, é usada intensiva e concomitantemente com medicamentos alopáticos no tratamento de doenças por pacientes ou por pessoas saudáveis para prevenir doenças, com a função de aumentar a resistência, em decorrência da sua atividade imunoestimulante (AGBONON et al., 2010; LIANG et al., 2011). É também utilizada no tratamento de sarampo, diabetes, como laxante (AGRA et al., 2008), no tratamento tópico de feridas, favorecendo a cicatrização, pelo fato de suas folhas mucilaginosas serem emolientes (MORS et al., 2000), e no tratamento popular na prevenção de doenças hepáticas e câncer (LIANG et al., 2011).

Farinhas são produtos empregados como fonte enriquecedora de nutrientes na dieta humana, podendo ser agregadas a vários produtos alimentícios e medicinais (ASMEDA et al., 2016).

Para sua produção, é necessário fazer sua secagem para remover o excesso de água da matéria-prima, a fim de prolongar a vida útil e impedir a deterioração microbiana. Contudo, o processo de secagem pode provocar mudanças nas propriedades das farinhas, incluindo a descoloração, perda de aroma, alterações na textura, no valor nutritivo, na aparência e na forma física (ALI et al., 2014).

Diante do exposto, objetivou-se realizar a cinética de secagem de folhas de *T. triangulare* sob diferentes temperaturas de secagem e avaliar as características físico-químicas, composição mineral e centesimal e alterações estruturais na farinha produzida.

6.2 Material e Métodos

O material vegetal para realização da exsicata foi coletado em Rio Verde, GO (latitude 17°48'55"S e longitude 50°56'28"O, 754 m de altitude) em outubro de 2014. A identificação botânica de *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd foi feita pela Dra. Michelia Pereira Soares, e a exsicata (HRV 468), depositada no Herbário do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. As sementes foram colocadas para germinar em bandejas de polipropileno, empregando substrato comercial, e após 21 dias do semeio, as mudas foram transplantadas para canteiros, onde ficaram dispostas em ambiente sob sombrite (50%) durante 176 dias.

As folhas foram coletadas, selecionadas, lavadas em água corrente e imersas em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 10 minutos e, em seguida, lavadas com água destilada. Posteriormente, procedeu-se à secagem das folhas em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C até atingir massa constante. O teor de água das amostras foi determinado pelo método gravimétrico recomendado pela ASABE (2010).

Para a determinação das razões de teor de água das folhas durante a secagem, utilizou-se a seguinte expressão:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (\text{Equação 1})$$

em que: RX: razão de teor de água do produto, adimensional; X: teor de água do produto (decimal, b.s.); Xi: teor de água inicial do produto (decimal, b.s.); e Xe: teor de água de equilíbrio do produto (decimal, b.s.).

Aos dados experimentais foram ajustados aos modelos matemáticos, Tabela 1, obtidos por regressão não linear pelo método Gauss-Newton.

Tabela 1. Modelos matemáticos para prever a secagem de produtos agrícolas.

Designação do modelo	Modelo	
$RX = 1 + a \cdot t + b \cdot t^2$	Wang e Singh	(2)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \exp(-k_1 \cdot t)$	Verma	(3)
$RX = \exp\left(-a - \left(\frac{a^2 + 4 \cdot b \cdot t}{2 \cdot b}\right)^{0.5}\right)$	Thompson	(4)
$RX = \exp(-k \cdot t^n)$	Page	(5)
$RX = \exp(-k \cdot t)$	Newton	(6)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	Midilli	(7)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	Logarítmico	(8)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	Henderson e Pabis	(9)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \exp(-k \cdot a \cdot t)$	Exponencial de Dois Termos	(10)
$RX = a \cdot \exp(-k_o \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$	Dois Termos	(11)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$	Aproximação da Difusão	(12)

Em que: t : tempo de secagem, h; k , k_0 , k_1 : constantes de secagem h^{-1} ; e a , b , c , n : coeficientes dos modelos.

Os modelos foram selecionados considerando o coeficiente de determinação (R^2), o erro médio relativo (P) e o desvio padrão da estimativa (SE). Considerou-se o valor do erro médio relativo inferior a 10% como um dos critérios para seleção dos modelos, de acordo com Mohapatra e Rao (2005):

$$P = \frac{100}{N} \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (\text{Equação 13})$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (\text{Equação 14})$$

em que: Y : valor experimental; \hat{Y} : valor estimado pelo modelo; N : número de observações experimentais; e GLR : grau de liberdade do modelo (número de observações experimentais menos o número de coeficientes do modelo).

O modelo da difusão líquida para a forma geométrica de placa plana, com aproximação de oito termos, Equação 4, foi ajustado aos dados experimentais de secagem das folhas, considerando a área superficial e o volume, de acordo com a seguinte expressão:

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n_t=0}^{\infty} \frac{1}{(2n_t + 1)^2} \exp\left[-\frac{(2n_t + 1)^2 \cdot \pi^2 \cdot D \cdot t}{4} \cdot \left(\frac{S}{V}\right)^2\right] \quad (\text{Equação 15})$$

em que: RX : razão do teor de água do produto, adimensional; n_t : número de termos; S : área da superfície do produto, m^2 ; e V : volume do produto, m^3 .

A área superficial (S) das folhas foi determinada em m^2 , mediante integração da imagem digital das folhas por meio do software ImageJ (SOUZA; AMARAL, 2015). O volume foi determinado conforme a seguinte expressão:

$$V = S \cdot c \quad (\text{Equação 16})$$

em que: c : espessura da folha, m.

A relação entre o coeficiente efetivo de difusão e a elevação da temperatura do ar de secagem foi descrita por meio da equação de Arrhenius.

$$D = D_0 \cdot \exp\left(\frac{-E_a}{R \cdot T_{ab}}\right) \quad (\text{Equação 17})$$

em que: D_0 : fator pré-exponencial; E_a : energia de ativação, $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; R : constante universal dos gases, $8,134 \text{ kJ} \cdot \text{kmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; e T_{ab} : temperatura absoluta, K.

Os coeficientes da expressão de Arrhenius foram linearizados com a aplicação do logaritmo na seguinte forma:

$$\text{Ln}D = \text{Ln}A - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T_{ab}} \quad (\text{Equação 18})$$

Para obtenção da farinha após processo de secagem, as folhas foram trituradas em moinho tipo Willey, empregando peneira de 1mm. Na avaliação da composição mineral, o nitrogênio (N) foi determinado em extrato de digestão sulfúrica pelo método semi-microkjeldahl. Foram determinados no extrato da digestão nitro-perclórica: fósforo (P), colorimetricamente, pela metodologia do molibdato; potássio (K), por espectrofotometria de emissão atômica; enxofre (S), por turbidimetria do sulfato; cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O boro (B) foi determinado utilizando o método colorimétrico, pela azomectina H, depois da incineração em mufla (MALAVOLTA et al., 1997).

O teor de água foi determinado por secagem em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ até atingir massa constante, e a fração cinza, pela incineração do material em mufla a $550 \text{ }^\circ\text{C}$. Pelo método de Kjeldahl (semimicro), foi determinada a fração proteica. A quantificação do extrato etéreo foi feita utilizando aparelhos extratores do tipo Soxhlet. Os carboidratos totais foram obtidos segundo Sniffen et al. (1992) pela expressão $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$, sendo (PB) proteína bruta, (EE) extrato etéreo e (MM) matéria mineral. As avaliações foram feitas segundo a metodologia oficial descrita pela AOAC (2005). Para analisar os parâmetros da composição mineral e centesimal das amostras, os dados médios foram submetidos à análise de regressão.

Para análise em microscopia eletrônica de varredura, as amostras das farinhas foram desidratadas pelo método nº 1.122 (IUPAC, 1979) e sua extração, pelo método Soxhlet. Para aquisição das micrografias, foi utilizado microscópio eletrônico de varredura da Marca (JSM - 6610/Jeol®), equipado com EDS, Thermo Scientific NSS Spectral Imaging. As amostras foram

revestidas por uma camada ultrafina de ouro, permitindo o princípio de funcionamento da MEV, por emissão de feixes de elétrons por um filamento de tungstênio.

As amostras das farinhas foram submetidas também à análise em espectrofotômetro de absorção na região do infravermelho Varian, modelo Frontier Perkin Elmer UATR, no modo de transmitância, com acúmulo de 64 varreduras por segundo nas regiões entre 650-4000 cm^{-1} .

6.3 Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão representados os valores do coeficiente de determinação (R^2) e os erros médio relativo (P) e estimado (SE) dos modelos ajustados durante a secagem das folhas de *T. triangulare* para obtenção de farinha nas diferentes temperaturas. Verificou-se que os coeficientes de determinação (R^2) dos modelos Wang e Singh (2), Page (5) e Midilli (7) apresentaram valores superiores a 95% para todas as temperaturas de secagem. De acordo com Kashaninejad et al. (2007), coeficiente de determinação superior a 95% indica boa representação dos resultados observados pelos modelos matemáticos.

Tabela 2. Coeficientes de determinação (R^2 , %), erros médio relativo (P, %) e estimado (SE, decimal) para os onze modelos analisados durante a secagem das folhas de *Talinum triangulare* nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.

Modelo	50 °C			60 °C		
	R^2	SE	P	R^2	SE	P
Wang e Singh	99,35	0,022	8,86	97,34	0,054	48,53
Verma	93,72	0,068	25,70	73,31	0,173	119,97
Thompson	77,33	0,128	47,02	73,31	0,170	118,90
Page	98,94	0,028	8,24	99,54	0,022	5,930
Newton	77,33	0,127	47,02	73,31	0,167	118,90
Midilli	99,84	0,011	4,28	99,85	0,013	6,69
Logaritmico	91,73	0,078	22,90	92,64	0,091	26,23
Henderson e Pabis	82,47	0,113	41,47	80,95	0,144	98,39
Exponencial de dois termos	77,33	0,128	47,02	91,96	0,093	64,09
Dois termos	82,47	0,115	41,38	76,74	0,164	128,16

Aproximação da difusão	77,33	0,130	47,02	92,98	0,089	58,03
	70 °C			80 °C		
Wang e Singh	98,32	0,041	15,00	98,25	0,036	9,01
Verma	97,54	0,050	17,41	98,53	0,034	11,36
Thompson	75,25	0,157	53,00	63,52	0,165	60,46
Page	99,58	0,020	3,79	98,28	0,036	7,99
Newton	75,25	0,154	52,99	63,52	0,162	60,47
Midilli	97,71	0,049	9,85	99,49	0,020	5,67
Logaritmico	93,78	0,080	17,01	83,18	0,114	35,56
Henderson e Pabis	82,79	0,131	43,63	71,97	0,145	52,56
Exponencial de dois termos	75,25	0,157	52,99	62,18	0,168	64,65
Dois termos	97,95	0,047	15,34	71,97	0,151	52,56
Aproximação da difusão	75,25	0,159	52,99	97,78	0,042	13,93

Com relação ao erro médio estimado (SE), nota-se que todos os modelos apresentaram valores baixos, entretanto os modelos Wang e Singh (2), Page (5) e Midilli (7) foram os que apresentaram os menores valores para todas as temperaturas. Analisando os valores do erro médio relativo (P), verificou-se que apenas os modelos de Page (5) e Midilli (7) apresentaram valores inferiores a 10% para todas as condições testadas, destacando-se como os modelos mais adequados para representação do fenômeno de secagem (MOHAPATRA; RAO, 2005). Assim, ambos os modelos apresentaram bons ajustes aos dados experimentais, sendo ambos indicados para representar a secagem das folhas de *T. triangulare*. Entretanto, o modelo de Page foi selecionado para representar o fenômeno de secagem das folhas de *T. triangulare* pela sua simplicidade de aplicação.

Na Figura 1 são apresentadas as curvas de secagem das folhas de *T. triangulare* para as condições estudadas, com os valores experimentais e estimados pelo modelo de Page da razão do teor de água ao longo do tempo. Verificou-se ajuste satisfatório do modelo aos valores experimentais obtidos ao longo da secagem das folhas de *T. triangulare*. Neste contexto, nota-se que os tempos necessários para ser atingido o teor de água de $0,0741 \pm 0,0068$ (decimal, b.s.) foram de 32,00; 9,86; 7,33 e 6,33 h para as temperaturas de secagem de 50, 60, 70 e 80°C, respectivamente, evidenciando que o aumento da temperatura do ar promoveu redução no tempo de secagem das folhas de *T. triangulare*.

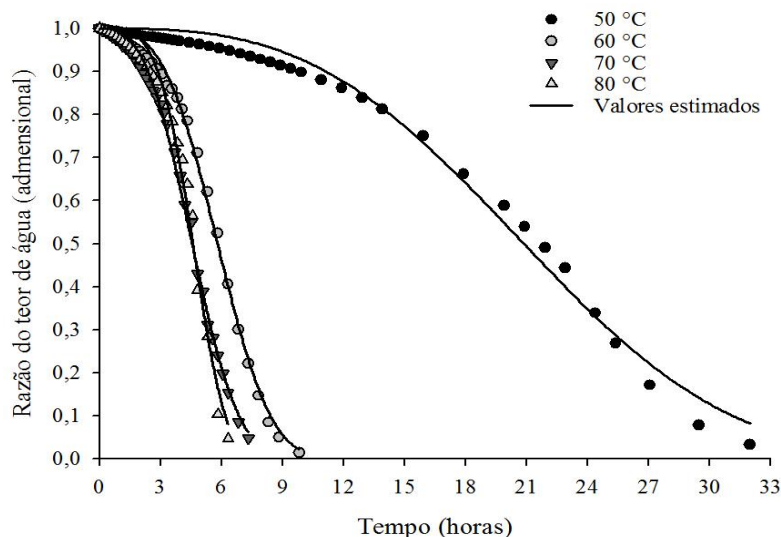


Figura 1. Valores da cinética de secagem das folhas de *Talinum triangulare*, experimentais e estimados pelo modelo de Page para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C.

A redução do tempo de secagem com aumento da temperatura está relacionada com o decréscimo na pressão de vapor proporcionado por temperaturas mais elevadas, fazendo com que a água seja removida com mais facilidade e rapidez, fato observado por diversos pesquisadores para inúmeros produtos (DOYMAZ, 2006; PREMI et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2013).

Verifica-se, na Tabela 3, que os valores da constante de secagem “k” e o coeficiente “n” do modelo de Page, ajustados aos dados experimentais da secagem das folhas de *T. triangulare* em diferentes temperaturas, foram significativos, mostrando que podem ser utilizados para representar a secagem das folhas de *T. triangulare*. Para o modelo de Midilli, não foram significativos somente os coeficientes “k”, “n” e “b” na temperatura de 70 °C

Tabela 3. Coeficiente do modelo de Page e Midilli ajustados para a secagem das folhas de *Talinum triangulare* nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.

Coeficientes	Temperatura (°C)			
	50	60	70	80
Page				
k	0,000076**	0,002288**	0,008103**	0,01491**
n	2,99957**	3,245375**	2,930891**	4,025979**
Midilli				

a	0,993611**	0,978601**	0,903963**	0,991441**
k	0,000018**	0,000135**	-0,374474 ^{ns}	0,000456**
n	3,318695**	3,469732**	0,436144 ^{ns}	4,540424**
b	-0,005284**	-0,003147**	-0,298944 ^{ns}	-0,020696**

**Significativo a 1% pelo teste t. ^{ns} Não Significativo pelo teste t.

Na Tabela 4, estão representados os valores do coeficiente de difusão efetivo para as condições de secagem estudadas. Nota-se que houve aumento com o acréscimo da temperatura. A energia de ativação para a difusão líquida no processo de secagem das folhas de *T. triangulare* foi de 46,724 kJ mol⁻¹, para a faixa de temperatura entre 50 a 80°C. Doymaz (2006), estudando a secagem de folhas de hortelã (*Mentha spicata*) na faixa de temperatura de 35 a 60 °C, verificou que a energia de ativação foi de 62,96 kJ mol⁻¹. Segundo Zogzas et al. (1996), a energia de ativação para produtos agrícolas varia entre 12,7 kJ mol⁻¹ e 110 kJ mol⁻¹, estando a energia de ativação encontrada no presente trabalho dentro da faixa proposta por estes autores.

Tabela 4. Valores médios do coeficiente de difusão (m² s⁻¹) obtidos para a secagem das folhas de *Talinum triangulare* nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.

Coeficientes	Temperatura (°C)				Equação	R ² (%)
	50	60	70	80		
D	0,484.10 ⁻¹²	1,87.10 ⁻¹²	1,89.10 ⁻¹²	2,44.10 ⁻¹²	D=2,2.10 ⁻¹² +5,9.10 ⁻¹⁴ T	82,89

Na composição mineral da farinha produzida sob diferentes secagens das folhas de *T. triangulare*, apenas os níveis de N, Mg e Cu foram alterados pela temperatura de secagem, sendo que para N e Mg a resposta foi linear decrescente com redução de 19,60 e 5,50 mg 100g⁻¹ de matéria seca, respectivamente, para um aumento de 1 °C na temperatura de secagem. Já para o Cu, o comportamento da secagem foi explicado pelo modelo quadrático com ponto de maior concentração de cobre na farinha na temperatura de secagem de 60°C (Tabela 5).

O N, P, K, Mg e Ca apresentaram maiores concentrações de macronutrientes em *T. triangulare* quando comparados às determinações relatadas por Fasuyi (2007). Aremu e Udoessien (1990) encontraram nas folhas concentrações superiores de K e Mg, enquanto Ifon e Bassir (1979) encontraram menores concentrações para P e maiores para K, S, Ca e Mg (Tabela 5).

Tabela 5. Concentrações de minerais ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca) das farinhas de folhas de *Talinum triangulare* após secagem em diferentes temperaturas, comparadas com a literatura e com valores de ingestão diária recomendada para adultos segundo a Anvisa.

Nutrientes	Temperaturas °C				Médias ou Equação ajustada	Referências			IDR* (mg) Brasil (2015)
	50	60	70	80		(1)	(2)	(3)	
N	2800	2800	2520	2240	$\hat{Y} = 3864 - 19,60x \text{ } r^2 = 89,09$	1970	-	-	-
P	580	550	560	580	$\hat{Y} = \bar{Y} = 567,50$	77	-	340	700
K	2700	2500	2350	2900	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2612,50$	270	3166	6100	-
S	190	130	190	220	$\hat{Y} = \bar{Y} = 182,50$	-	-	230	-
Ca	1480	1110	1400	1450	$\hat{Y} = \bar{Y} = 1360$	80	880,50	2400	1000
Mg	1060	980	1030	860	$\hat{Y} = 1340 - 5,50x \text{ } r^2 = 64,98$	70	321,50	2200	260
Cu	2,32	3,18	3,06	2,21	$\hat{Y} = -14,54 + 0,551x - 0,0043x^2 \text{ } R^2 = 99,58$	-	3,31	1	0,9
Fe	37,25	31,73	50,41	46,25	$\hat{Y} = \bar{Y} = 41,41$	39,20	26,40	41	14
Mn	46,27	46,2	43,25	42,99	$\hat{Y} = \bar{Y} = 44,68$	-	5,62	35	2,3
Zn	11,06	12,33	16,67	14,6	$\hat{Y} = \bar{Y} = 13,66$	50	28,93	9,30	7
B	9,96	9,96	10,99	10,99	$\hat{Y} = \bar{Y} = 10,47$	-	-	-	-

IDR*: Ingestão Diária Recomendada para Adultos. (1) Fasuyi (2007); (2) Aremu e Udoessien (1990); (3) Ifon e Bassir (1979)

Os micronutrientes majoritários obtidos das farinhas de todas as temperaturas foram o Mn e o Fe, evidenciando que as folhas de *T. triangulare* são ricas nestes nutrientes essenciais à saúde (Tabela 5). Aremu e Udoessien (1990) identificaram valores maiores para o Cu em comparação com os valores exibidos, estando as concentrações apresentadas neste estudo próximas daquelas encontradas pelos autores. A concentração de Fe corroborou Ifon e Bassir (1979). Fasuyi (2007) identificou nas folhas de *T. triangulare* cultivadas na Nigéria concentração de Zn superior aos dados descritos. A concentração de B foi próxima à do Zn (Tabela 5).

A ingestão diária de nutrientes recomendada para adultos de acordo com a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) 269 da ANVISA (BRASIL, 2015) está exibida na Tabela 5, e pode ser atendida dependendo da quantidade ingerida. Por exemplo, com ingestão de 100g de farinha de *T. triangulare*, é possível atender as recomendações, exceto para o P, porém as fibras em excesso e também alguns fatores antinutricionais presentes podem diminuir o valor nutricional (LEITE et al., 2009).

Na composição centesimal, não houve alterações em função do aumento da temperatura de secagem para os parâmetros avaliados e os valores médios foram: teor de água 7,30%, cinzas 0,3%, proteína 19%, extrato etéreo 7% e carboidratos totais 73% (Tabela 6). Em folhas de *T. triangulare*, Ifon e Bassir (1980) identificaram cinzas 18%, proteína 22%, lipídios 5% e carboidratos totais 53%.

Tabela 6. Valores médios dos teores de água (%), cinzas (%), proteína total (%), extrato etéreo (%), carboidratos totais (%) das farinhas das folhas de *Talinum triangulare* após a secagem em diferentes temperaturas

Variáveis	Temperaturas (°C)				Médias
	50	60	70	80	
Teor de água* (%)	7,58	7,64	6,71	7,28	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,30$
Cinzas (%)	0,38	0,39	0,38	0,38	$\hat{Y} = \bar{Y} = 0,38$
Proteína (%)	19,01	18,27	18,85	19,79	$\hat{Y} = \bar{Y} = 18,98$
Extrato Etéreo (%)	5,16	5,10	9,98	8,08	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,08$
Carboidratos Totais (%)	75,45	76,24	70,79	71,75	$\hat{Y} = \bar{Y} = 73,58$

*Resultados expressos em base seca.

Em folhas cozidas de *Talinum fruticosum*, Leite et al. (2009) identificaram: umidade 92%, cinzas 0,4%, proteína 1,2% e lipídios 3,2%. Para os parâmetros cinzas e lipídios, os resultados obtidos neste trabalho corroboram a literatura, havendo poucas

diferenças. Plantas do mesmo gênero variam na sua composição para alguns parâmetros, como se observa para a proteína em que os autores obtiveram teor menor em comparação com *T. triangulare*.

Como se pode observar na Figura 2, as micrografias eletrônicas evidenciaram que as farinhas obtidas sob diferentes temperaturas apresentam fragmentos com formas e dimensões irregulares, sendo que se apresentaram de forma heterogênea em todas as secagens. Não há estruturas ordenadas mostrando que não houve diferença entre as diferentes secagens testadas.

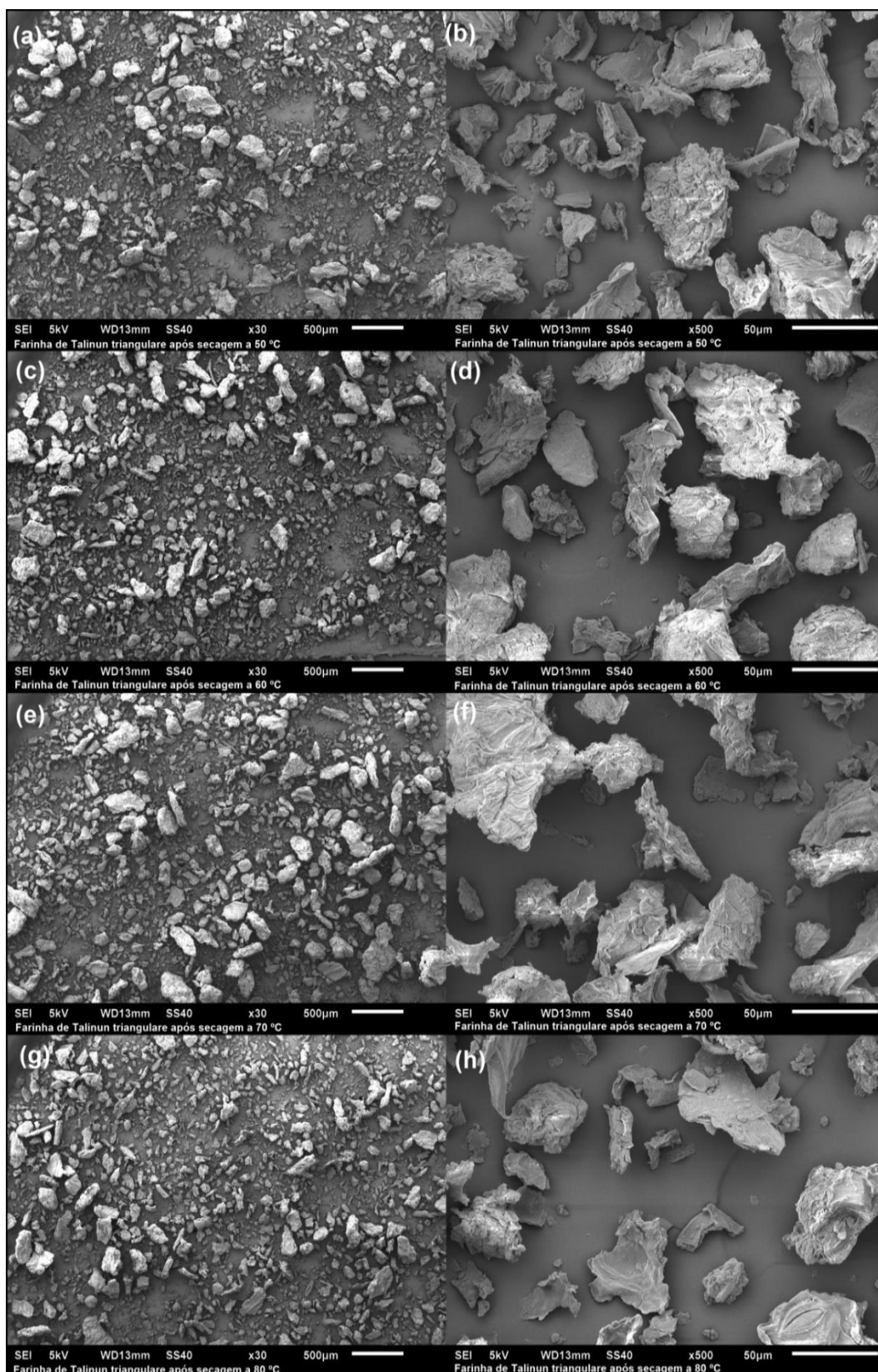


Figura 2. Micrografias das farinhas de folhas de *Talinum triangulare* após secagem em diferentes temperaturas. Microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 30x (à esquerda) e 500x (à direita): (a) e (b) 50 °C; (c) e (d) 60 °C; (e) e (f) 70 °C; e (g) e (h) 80 °C.

De acordo com a Figura 3, verifica-se também que a técnica de infravermelho permitiu avaliar que não houve mudanças na estrutura química das farinhas de folhas de *T. triangulare* provocadas pela secagem. Com os espectros obtidos na região do infravermelho, comprovou-se que as temperaturas de secagem não foram suficientemente altas para provocar alterações estruturais ou composicionais nas farinhas, evidenciando característica positiva, pois as farinhas resistiram a alterações em temperaturas de secagem alta em estudo (50, 60, 70 e 80 °C).

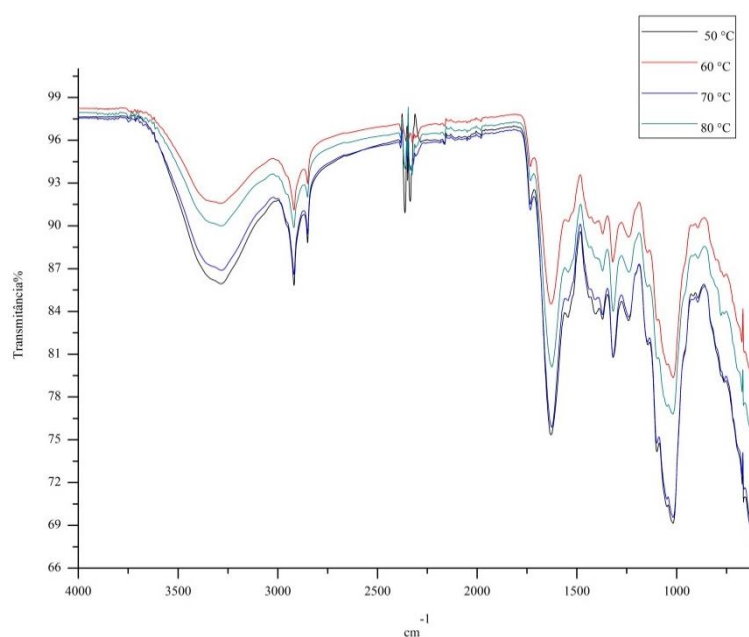


Figura 3. Espectros de absorção na região do infravermelho das farinhas das folhas de *Talinum triangulare* após secagem nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.

6.4 Conclusão

Os modelos de Page e Midilli representam adequadamente a secagem das folhas de *T. triangulare*, porém o modelo de Page foi selecionado pela sua simplicidade de aplicação. A secagem em temperatura de 80 °C promove redução no tempo de secagem das folhas. As secagens nas temperaturas em estudo provocaram alterações nas farinhas para os teores de N, Mg e Cu. As demais variáveis da composição mineral, centesimal e estrutural não foram modificadas. As farinhas de folhas de *T. triangulare* são ricas em minerais, principalmente em Fe e Mg.

6.5 Referências Bibliográficas

AGBONON, A. et al. In vitro inhibitory effect of West African medicinal and food plants on human cytochrome P450 3A subfamily. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 128, n. 2, p. 390-394, 2010.

AGRA, M.F. et al. Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n. 3, p.472-508, 2008.

AJA, P.M. et al. Phytochemical composition of *Talinum triangulare* (water leaf) leaves. **Pakistan Journal Nutrition**, v. 9, n. 6, p. 527-530, 2010.

AKACHUKU, C.O.; FAWUSI, M.O.A. Growth characteristics, yield and nutritive value of waterleaf, *Talinum triangulare* (Jacq.) Wild in a semi-wild environment. **Discovery and Innovation**, v. 7, n. 2, p. 163- 172, 1995.

ALI, M.A. et al. Drying Kinetics and Colour Analysis of Moringa Oleifera Leaves. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 2, p. 394-400, 2014.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS [ASABE]. 2010. *Moisture measurement: forages: standard S358.2 DEC1988, R2008*. In: ASABE. Standards, engineering practices, and data. ASABE, St. Joseph, Missouri, EUA.

AREMU, C.Y.; UDOESSIEN, E.I. Chemical estimation of some inorganic elements in selected tropical fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 37, n. 3, p. 229-234, 1990.

ASMEDA, R. et al. Relationships of damaged starch granules and particle size distribution with pasting and thermal profiles of milled MR263 rice flour. **Food Chemistry**, v. 191, p. 45-51, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - INTERNATIONAL [AOAC]. **Official Methods of Analysis**. 18ed. AOAC, Gaithersburg, MD, EUA, 2005,

BRASIL. **Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº. 269, de 22 de setembro de 2005**. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1884970047457811857dd53fbc4c6735/RDC_269_2005.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 16/09/2015.

DOYMAZ, I. Thin-layer drying behaviour of mint leaves. **Journal of Food Engineering**, v. 74, n. 3, p, 370-375, 2006.

FASUYI, A.O. Bio-nutritional evaluations of three tropical leaf vegetables (*Telfairia occidentalis*, *Amaranthus cruentus* and *Talinum triangulare*) as sole dietary protein sources in rat assay. **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 757-765, 2007.

IFON, E.T.; BASSIR, O. 1979. The nutritive value of some Nigerian leafy green vegetables - Part 1: Vitamin and mineral contents. **Food Chemistry**, v. 4, n. 4, p. 263-267, 1979.

IFON, E.T.; BASSIR, O. The nutritive value of some Nigerian leafy green vegetables - Part 2: The distribution of protein, carbohydrates (including ethanol-soluble simple sugars), crude fat, fibre and ash. **Food Chemistry**, v. 5, n. 3, p. 231-235, 1980.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY [IUPAC]. 1979. **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives**. In: International Union of Pure and Applied Chemistry. 6^a ed. Pergamon Press Ltd, Oxford, Oxfordshire, Reino Unido.

KASHANINEJAD, M. et al. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 1, p. 98-108, 2007.

LEITE, J.F.M. et al. Nutritional value and antinutritional factors of foliaceous vegetable *Talinum fruticosum*. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 68, n. 3, p. 341-345, 2009.

LIANG, D. et al. Studies on the antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Talinum triangulare*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 136, n. 2, p. 316-321, 2011.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MOHAPATRA, D.; RAO, P.S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p. 513-518, 2005.

MORS, W.B. et al. **Medicals plants of Brazil**. 6^aed. Algonac: Michigan Reference Publications, 501p, 2000.

OLIVEIRA, D.E.C. et al. Drying kinetics of *Aristolochia cymbifera* Mart. and Zucc. leaves. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 10, p. 922-929, 2013.

PREMI, M. et al. Kinetics of drumstick leaves (*Moringa oleifera*) during convective drying. **African Journal of Plant Science**, v. 4, n. 10, p. 391-400, 2010.

SNIFFEN, C.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

SOUZA, M.C.; AMARAL, C.L. Modelo linear não-destrutivo para estimativa de área foliar de *Vernonia ferruginea* Less. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 1, p. 152-156, 2015.

ZOGZAS, N.P. et al. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. **Drying Technology**, v. 14, n. 10, p. 2225-2253, 1996.

7. CONCLUSÃO GERAL

Com o aumento dos níveis de sombreamento, houve incremento para as variáveis altura de plantas, diâmetro do caule, área foliar, massa fresca de folhas e caule, área foliar específica, razão de área foliar e espessura da epiderme da face abaxial e decréscimo para as variáveis número de folhas, razão raiz/parte área, densidade estomática da face abaxial e adaxial, parênquima paliçádico e mesófilo. Permaneceram constantes as variáveis comprimento de raiz, massa seca de folhas e de caule, razão de peso foliar, índice estomático da face adaxial, espessura da epiderme da face adaxial e parênquima esponjoso.

Plantas de *T. triangulare* sob os ambientes em estudo responderam de maneira distinta, apresentando alterações morfológicas e anatômicas, sugerindo plasticidade fenotípica, podendo ser cultivadas tanto em ambientes de sombra quanto de sol.

Em valores médios, foram observados maiores teores de minerais nos tecidos vegetais de *T. triangulare* na seguinte ordem: K>N>Ca>P>Mg>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu, e de acúmulo para K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu.

Quanto à composição bromatológica, não foram observadas interações significativas entre os fatores testados, apenas efeitos para os fatores principais relacionadas a CT, FDA, FDN, HC, PB e UM para os valores encontrados entre os órgãos da planta e para FDA, FDN, HC e UM em função dos níveis de sombreamento.

A hortaliça não convencional *T. triangulare* pode ser utilizada para vários fins, inclusive para alimentação humana quanto animal, para diminuir em período de seca a escassez de alimentos, visto ser uma alternativa pela sua riqueza em nutrientes.

Os modelos de Page e Midilli representam adequadamente a secagem das folhas de *T. triangulare*, porém o modelo de Page foi selecionado pela sua simplicidade de aplicação.

O aumento da temperatura promoveu redução no tempo necessário para a remoção de água nas folhas de *T. triangulare* durante a secagem.

Após a secagem das farinhas, entre os parâmetros avaliados, somente os teores de nitrogênio, magnésio e cobre foram alterados.

As demais variáveis da composição mineral, centesimal e estrutural não foram modificadas. As farinhas de folhas de *T. triangulare* são ricas em minerais, principalmente em ferro e magnésio.