

**Mateus Neto Silva Souza**

**Análise de crescimento, fisiologia e valor nutritivo de *Tithonia diversifolia***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

**Área de Concentração:** Produção Animal

**Orientador:** Leonardo David Tuffi Santos

**Coorientadores:** Luciana Castro Geraseev e Vitor Diniz Machado

MONTES CLAROS

2017

S731s

2017 Souza, Mateus Neto Silva

Análise de crescimento, fisiologia e valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* / Mateus Neto Silva Souza -- Montes Claros, 2017.  
(49) f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Área de concentração em Produção Animal, Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Leonardo David Tuffi Santos.

Banca examinadora: Prof<sup>a</sup>. Márcia Vitória Santos, Prof. Vitor Diniz Machado, Prof. Virgílio Mesquita Gomes, Prof. Leonardo David Tuffi Santos.

Inclui referências: f. 48-49.

1. Girassol mexicano. 2. Análise de crescimento. 3. Fotossíntese. 4. Trocas gasosas. 5. Valor nutritivo. I. Santos, Leonardo David Tuffi. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Análise de crescimento, fisiologia e valor nutritivo de *Tithonia diversifolia*.

CDU: 581.1

**Mateus Neto Silva Souza**

**Análise de crescimento, fisiologia e valor nutritivo de *Tithonia diversifolia***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Área de Concentração: Produção Animal  
Linha de Pesquisa: Nutrição e Alimentação Animal.

Orientador: Leonardo David Tuffi Santos  
Instituto de Ciências Agrárias da UFMG

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

---

Profa. Márcia Vitória Santos  
UFVJM

---

Prof. Vitor Diniz Machado  
UFMG

---

Prof. Virgílio Mesquita Gomes  
UNIMONTES

---

Prof. Leonardo David Tuffi Santos  
Orientador (ICA/UFMG)

Montes Claros, 19 de Abril de 2017.

Ao

meu pai e à minha mãe  
por terem me dado raízes e asas!  
Fonte de sabedoria, honestidade e amor!

À

minha família, tios e tias,  
os quais me incentivaram em todos os momentos!

DEDICO!

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida, a Nossa Senhora pelo cuidado e ao Divino Espírito Santo por iluminar meu caminho, pelos direcionamentos, pelo Amor! A ti Jesus, toda honra e toda glória!

Aos meus pais Enilde e Vanusa e a minha namorada Yara, pelo apoio diário, por sempre acreditarem em mim.

À Universidade Federal de Minas Gérias e ao Instituto de Ciências Agrárias, cujas instalações foi desenvolvido este trabalho.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento de parte da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Ao Prof<sup>o</sup>. Leonardo David Tuffi Santos, pela orientação e pela autonomia concedida, pela amizade e pelos conhecimentos passados durante o desenvolvimento do trabalho.

À Prof<sup>a</sup>. Luciana Castro Gerassev pela coorientação e a toda equipe do Laboratório de Bromatologia pelo auxílio na execução das análises.

Ao Prof<sup>o</sup>. Vitor Diniz Machado pela amizade, coorientação e sugestões por ocasião da condução do experimento.

Ao Grupo de Oração Universitário Divina Misericórdia, ao Ministério Universidades Renovadas por apresentar-me verdadeiros irmãos, tornando-os suporte nesse tempo.

À galera da República "Lagirapar" pela bagunça e acolhimento nesse tempo.

Ao Sóstenes e Rodrigo Barros, pela prestatividade e ajuda na execução das atividades.

A toda equipe do Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas da UFMG/ICA, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Enfim, a todos do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal, meus sinceros agradecimentos.

*“A agricultura parece ser muito fácil quando o seu  
arado é um lápis e você  
está a quilômetros de distância de um milharal”!*

*Dwight D. Eisenhower*

## RESUMO

A *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, também conhecida como girassol mexicano, é um arbusto da família Asteraceae, originária da América Central e amplamente distribuída nas regiões tropicais. Devido ao alto valor nutritivo, elevada produção de biomassa, baixa demanda de insumos e tolerância a solos ácidos é passível de cultivo para a utilização na alimentação animal. Avaliou-se a influência da idade de rebrotação sobre as trocas gasosas, crescimento, e composição bromatológica em plantas de *T. diversifolia*. O experimento foi implantado a campo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e dez idades de rebrotação, aos 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 e 84 dias. As plantas foram avaliadas e coletadas em intervalos regulares de sete dias, iniciando aos 21 dias após o corte de uniformização. A taxa fotossintética e condutância estomática apresentaram comportamento quadrático ao longo das idades de rebrotação, com valores relativamente baixos no início do crescimento, com valores máximos observados aos 39 e 51 dias de rebrotação, respectivamente. A eficiência no uso da água foi maior aos 45 dias após o corte de uniformização. A transpiração reduziu em função da idade da planta. Plantas de *T. diversifolia* apresentaram maior índice de área foliar e menor razão de área foliar, taxa de assimilação líquida e taxa de crescimento relativo com aumento da idade de rebrotação. A produtividade seguiu tendência logística, com valores superiores a 20 t ha<sup>-1</sup> MS, enquanto a relação folha/caule decresceu até os 74,6 dias de rebrota. A idade de rebrotação favoreceu o aumento da FDN e FDA, e o declínio da PB, resultados decorrentes da redução da relação folha/caule e lignificação dos caules. A produção máxima de proteína bruta foi de 1,89 t ha<sup>-1</sup>. O aumento da idade de rebrotação promove alterações significativas das trocas gasosas e na capacidade fotossintética da *T. diversifolia*, bem como na taxa de crescimento. Sugere-se colheita da forragem entre 49 e 63 dias de rebrotação, período de elevada produção de massa seca e valor nutritivo que pode atender às necessidades básicas dos ruminantes.

**Palavras-chave:** Girassol mexicano. Análise de crescimento. Fotossíntese. Trocas gasosas. Valor nutritivo.

## ABSTRACT

*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, also known as Mexican sunflower, is a shrub of the Asteraceae family, originating in Central America and widely distributed in tropical regions. Due to the high nutritional value, high biomass production, low input demand and tolerance to acidic soils can be cultivated for use in animal feed. The influence of age of regrowth on the gas exchange, growth, and bromatological composition in *T. diversifolia* plants was evaluated. The experiment was deployed to the field in fully randomized design with four repetitions and ten rebudding ages, at 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 and 84 days. The plants were evaluated and collected at regular intervals of seven days, starting at 21 days after the cutting of uniformity. The photosynthetic rate and stomatal conductance showed a quadratic behavior throughout the regrowth ages, with relatively low values at the beginning of growth, with maximum values observed at 39 and 51 days of regrowth, respectively. The water use efficiency was higher at 45 days after the standardization cut. Sweating reduced as a function of plant age. Plants of *T. diversifolia* showed higher leaf area index and lower leaf area ratio, net assimilation rate and relative growth rate with increasing regrowth age. The productivity followed a logistic tendency, with values higher than 20 t ha<sup>-1</sup> MS, while the leaf/stem ratio decreased until the 74,6 days of regrowth. The age of regrowth favored the increase of NDF and ADF, and the decline of CP, results due to the reduction of the leaf/stem ratio and lignification of the stems. The maximum crude protein production was 1,89 t ha<sup>-1</sup>. The increase in the age of regrowth promotes significant changes in the gas exchange and the photosynthetic capacity of *T. diversifolia*, as well as in the growth rate. It is suggested a forage harvest between 49 and 63 days of regrowth, period of high dry mass production and nutritive value that can meet the basic needs of ruminants.

**Keywords:** Mexican sunflower. Growth analysis. Photosynthesis. Gas exchange. Nutritional value.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Capítulo 1 – Análise de crescimento e composição bromatológica de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idade de rebrotação.....</b>	<b>27</b>
Gráfico 1 – Índice de área foliar (A), razão de área foliar (B), taxa de assimilação líquida (C) e taxa de crescimento relativo (D) de plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idades de rebrotação.....	31
Gráfico 2 – Altura de plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idades de rebrotação.....	32
Gráfico 3 – Produtividade (A) e relação folha/caule (B) de plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idades de rebrotação.....	33
Gráfico 4 – Fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), de plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idades de rebrotação.....	34
Gráfico 5 – Proteína bruta (PB) e produção de proteína bruta (PPB) de plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idades de rebrotação.....	35
<b>Capítulo 2 – Características fisiológicas e produção de componentes morfológicos de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idades de rebrotação .....</b>	<b>40</b>
Gráfico 1 – Taxa fotossintética (A) e condutância estomática (B) de plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idades de rebrotação.....	44
Gráfico 2 – Eficiência do uso da água (A) e concentração interna de carbono (B) de plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idades de rebrotação.....	45
Gráfico 3 – Transpiração de plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idades de rebrotação .	46
Gráfico 4 – Produção de massa seca de folhas e material senescente de plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idades de rebrotação.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Temperatura, umidade relativa e insolação durante os períodos de avaliação.....

42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$A$	Taxa fotossintética
$A_f$	Área foliar
$C_i$	Concentração interna de carbono
FDN	Fibra em detergente neutro
FDA	Fibra em detergente ácido
$E$	Transpiração
$E_a$	Taxa de assimilação líquida
$g_s$	Condutância estomática
IAF	Índice de área foliar
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
PB	Proteína bruta
PBB	Produção de proteína bruta
RAF	Razão de área foliar
$R_w$	Taxa de crescimento relativo
$W_t$	Produtividade acumulada
$WUE$	Eficiência de uso da água

## LISTA DE OU SIMBOLOS

® Marca registrada

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1	Objetivo Geral .....	13
2.2	Objetivos Específicos .....	13
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
3.1	Caracterização da <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray .....	14
3.1.1	Potencial produtivo de <i>T. diversifolia</i> .....	14
3.1.2	Composição bromatológica da <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray .....	15
3.1.3	Fatores antinutricionais .....	16
3.1.4	<i>Tithonia diversifolia</i> e redução de emissões de metano .....	17
3.2	Análises de crescimento .....	18
3.4	Aspectos fisiológicos .....	19
	REFERÊNCIAS .....	21
	<b>Capítulo 1 – Análise de crescimento e composição bromatológica de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idade de rebrotação.....</b>	<b>27</b>
	<b>Capítulo 2 – Características fisiológicas e produção de componentes morfológicos de <i>Tithonia diversifolia</i> em diferentes idades de rebrotação.....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na pecuária é crescente a busca por recursos alimentícios que possam substituir parcialmente ou em sua totalidade o uso de concentrados. Dentre as opções figuram os bancos de proteínas de alta densidade construídos por plantas arbustivas de elevado valor proteico, entre elas se destacam as leguminosas. Entretanto, as leguminosas possuem limitada capacidade de produção de biomassa, quando comparadas à gramíneas e nesse sentido outras plantas com potencial forrageiro podem ser utilizadas com esse propósito.

Uma alternativa à utilização de leguminosas como recurso forrageiro é a *Tithonia diversifolia* (Hemls.) A. Gray. Pertencente à família Asteraceae, a *T. diversifolia* é originária do México e difundida amplamente nas regiões tropicais do mundo. A espécie é cultivada em diferentes países de forma isolada ou consorciada com outras culturas destacando-se em seus usos como planta forrageira (ODEDIRE; OLOIDE, 2014), adubo verde (SHOKALU *et al.*, 2010) e matéria prima para a indústria farmacêutica (MIURA *et al.*, 2005). Considerada uma planta rústica, porém pouco tolerante a baixas temperaturas, pode ser cultivada em regiões tropicais e subtropicais do Brasil (PÉREZ, 2009).

As informações sobre o seu valor nutritivo e alimentício são escassas para as condições brasileiras, apesar de extremamente adaptada às condições edafoclimáticas tropicais. Entretanto, estudos realizados em outros países de clima tropical, destacam o potencial de utilização dessa espécie sob pastejo (LAZO *et al.*, 2015), sob corte na inclusão em dietas de caprinos (TENDONKENG, *et al.*, 2014), ovinos (RAMÍREZ-RIVERA *et al.*, 2010), aves (TOGUN *et al.*, 2006) e vacas leiteiras (MAHECHA *et al.*, 2007). Seu potencial reside na presença de altos teores de proteína bruta, altos níveis de fósforo, boa aceitabilidade e rápida degradabilidade e fermentação ruminal, além de se destacar pela tolerância a solos ácidos e a cortes sucessivos.

Nas últimas três décadas diversas cultivares e espécies tanto de gramíneas quanto leguminosas foram lançadas no Brasil. Entretanto, a escassez de forragem ainda é um grande problema nacional, devido à produção estacional, principalmente nas regiões áridas e semiáridas do Brasil. Assim, plantas exóticas que tenham alta adaptação edafoclimática, produção, valor nutritivo e aceitabilidade pelos animais, podem ser importantes recursos forrageiros, sendo alternativas potenciais à escassez de forragem nessas regiões. Portanto a *T. diversifolia* pode contribuir no suprimento de forragem, em quantidade e qualidade em determinados períodos do ano, que são limitantes da produção dos rebanhos nas regiões semiáridas.

O potencial para elevar a produção dos rebanhos é amplo, sendo entretanto, necessária maior caracterização das forrageiras, para indicar o tipo de manejo para aumentar a eficiência e a sustentabilidade do cultivo e assim fortalecer o processo produtivo. Assim, a avaliação dos aspectos fisiológicos e morfológicos da *T. diversifolia* são extremamente importantes na interpretação das respostas das plantas às condições ambientais e ao manejo. A *T. diversifolia* apresenta grande potencial de cultivo e utilização na alimentação animal, porém se faz muito importante estudos tanto do valor nutritivo, quanto à dinâmica de crescimento nas condições tropicais do Brasil.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar a biologia e a capacidade produtiva de *Tithonia diversifolia* e seu potencial de uso para alimentação animal.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da idade de rebrotação nas trocas gasosas de plantas de *T. diversifolia*;
- Avaliar o efeito da idade de rebrotação no crescimento e produtividade de *T. diversifolia*;
- Avaliar a composição químico-bromatológica de plantas de *T. diversifolia* em diferentes idades de rebrotação.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Caracterização da *Tithonia diversifolia* (Hemsl.). A. Gray

*T. diversifolia* (Hemsl.). A. Gray é conhecida comumente como girassol mexicano (Brasil), botão-de-ouro ou mirassol (Colômbia), flor amarela ou arnica-da-terra (Venezuela) e margarida (Cuba). Angiosperma pertencente à família Asteraceae desenvolve-se como um arbusto de crescimento semi-herbáceo, ereto, vigoroso, com ramificações. Originária do México, atualmente está distribuída em toda parte dos trópicos úmidos e subúmido na América Central e do Sul, Ásia e África (KATTO *et al.*, 1995; AKINOLA *et al.*, 2000; JAMA *et al.*, 2000). Encontra-se desde o nível do mar até 2.400 m de altitude e em locais com precipitações entre 800 e 5.000 mm.ano<sup>-1</sup>.

Essa planta pode atingir dois a cinco metros de altura em crescimento livre, apresentando inflorescências de cor amarela brilhante ou alaranjada. Na natureza se propaga por meio de sementes, porém pode ser propagada também por meio de estaquia, apresentando facilidade no pegamento, neste caso, recomenda-se utilizar estacas de 20 a 30 cm de comprimento retiradas do terço médio dos caules verdes (WANJAU *et al.*, 1998; OWOYELE *et al.*, 2004). Essa espécie tolera condições de acidez do solo, apresenta rápido crescimento, baixa demanda por nutrientes e possui alta produtividade de biomassa. Rios (1997) descreve seus multipropósitos, utilizando-a como cerca viva, adubo verde, fonte de alimento para insetos, ornamentação e principalmente pastejo e corte da forragem para alimentação de ruminantes. Essas qualidades permitem considerar a espécie como planta forrageira de alto potencial para a produção animal (NIEVES *et al.*, 2011)

Nieves *et al.* (2011) mencionam ainda seu fácil estabelecimento, resistência ao corte frequente, podendo apresentar uma produção de 55 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> MS, o que torna essa planta uma promissora fonte de alimento para animais, principalmente, em regiões onde as condições adversas dificultam o cultivo de espécies mais exigentes em fertilidade do solo.

Pesquisas afirmam que a *T. diversifolia* acumula tanto nitrogênio em suas folhas como as leguminosas, além de possuir altos níveis de fósforo e grande volume radicular (WANJAU *et al.*, 1998; MEDINA *et al.*, 2009).

Esta planta possui alguns atributos para qualificá-la como substituto mais barato para recursos forrageiros convencionais. É abundante na natureza, tem demanda de processamento limitado e sua produção destinada à alimentação animal não compete com a alimentação humana. Wambui *et al.* (2006) afirmam que a *T. diversifolia* tem um grande potencial como suplemento de proteína para volumosos de baixa qualidade.

##### 3.1.1 Potencial produtivo de *T. diversifolia*

A *T. diversifolia* apresenta boa produção de matéria seca por área. No Vietnã sua produção de massa verde ultrapassou 170 t ha<sup>-1</sup> ano, o equivalente a 25 t ha<sup>-1</sup> ano de massa seca (VAN SAO *et al.*, 2010). Ao avaliar 44 acessos de *T. diversifolia*, obtiveram os melhores rendimentos de



massa seca acima de 20 t ha<sup>-1</sup> (NAVIA; CASTAÑO; GRISALES, 2014), valores superiores à forrageiras gramíneas de grande produção como *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, e *Panicum maximum* cv. Mombaça e Tanzânia. Reis *et al.* (2015) ao avaliar a produção de *T. diversifolia* irrigada observaram valores médios de 9,30 t ha<sup>-1</sup> MS em período de 80 dias de crescimento. Ao comparar com a leucena (*Leucaena leucocephala*), de semelhante qualidade nutricional, apresenta produção de massa seca de 7,5 t ha<sup>-1</sup> ano (DRUMOND, 2001). Fica evidente o potencial forrageiro da espécie, especialmente onde é facilmente encontrada ou cultivada, possibilitando até a inserção em regiões que existem condições propícias para a fixação e desenvolvimento da planta.

### 3.1.2 Composição bromatológica da *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray

Medina *et al.* (2009) afirmam que os produtores reconhecem a *T. diversifolia* como uma planta de importante valor nutricional, pela sua capacidade de acumular nitrogênio. A espécie possui características nutricionais semelhantes a plantas leguminosas destinadas a produção forrageira encontradas no Brasil, entre elas pode-se mencionar a leucena (*Leucaena leucocephala*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), gliricídia (*Gliricidia sepium*) e estilosantes (*Stylosanthes* spp.).

A composição nutricional pode apresentar variações em função das condições de cultivo (GALLEGO *et al.*, 2014) e das condições climáticas. Lezcano *et al.* (2012a) encontraram valores de PB que variaram entre 11,0 e 29,8%, observando o estado fenológico da planta de 30 e 60 dias, onde aos 30 dias os resultados foram superiores. Mahecha e Rosales (2005) relataram que o teor de proteína bruta da *T. diversifolia* foi de 24,5% (base seca).

Nas condições edafoclimáticas brasileiras, Calsavara *et al.* (2015a) observaram valores de PB, FDN e FDA da fração folha de 22,5%, 41,0% e 26,1% no estágio de pré-floração, respectivamente. Essa espécie apresentou valores de PB de 28,9%, 26,1% e 18,0% nas respectivas idades de corte: 60, 120 e 180 dias em períodos chuvosos, diminuição que pode estar relacionado à redução da síntese de compostos proteicos, à diminuição da quantidade de folhas e aumento da fração de caules (VERDECIA *et al.*, 2011). La O *et al.* (2012) comparando vários ecótipos de *T. diversifolia* encontraram valores que variam de 18,26% a 26,40% para proteína bruta.

O girassol mexicano apresenta altos níveis de carboidratos solúveis (MEDINA *et al.*, 2009) comparada a outras forrageiras, variando de 9,65 a 12,92%, e teores de amido que variam de 4,55 a 6,73%, valores variáveis em função do estado vegetativo da planta.

Sacramento *et al.* (2015) não observaram diferenças na degradabilidade *in vitro* e *in vivo* em dietas com inclusão de *T. diversifolia* o que respalda a utilização dessa forrageira em substituição ao uso do farelo de soja, ingrediente que mais onera a produção animal. Comparando o uso da *T. diversifolia* com o *Brachiaria brizantha*, Calsavara *et al.* (2015b) descreveram a superioridade do *B. brizantha* quanto as fermentações *in vitro* e consumo de matéria seca, no entanto, com a

associação das espécies eleva-se o potencial nutricional, possibilitando o uso dessa forrageira em sistemas mistos de produção.

A redução da digestibilidade dos nutrientes de plantas forrageiras é devido principalmente à presença da lignina (VAN SOEST, 1963; FORBES, 1995). Nesse sentido Gualberto *et al.* (2010) encontraram valores que variaram de 6,76 a 8,94%. Tais resultados estão abaixo dos observados em algumas leguminosas.

Na alimentação de caprinos, utilizando a *T. diversifolia* como forragem de alta proteína, o alto consumo e digestibilidade aparente observados nesse estudo, demonstram a viabilidade do aproveitamento dessa espécie. Entretanto, requer uma suplementação de carboidratos fermentáveis, para melhorar o crescimento microbiano no rúmen (VAN SAO *et al.*, 2010).

A utilização da *T. diversifolia* como feno triturado na alimentação de ruminantes também apresenta resultados promissores. A inclusão de até 30% de farinha de *T. diversifolia* como suplemento alimentar na dieta de caprinos em crescimento promoveu bom desempenho aos animais, servindo como forragem complementar, sem qualquer efeito deletério (ODEDIRE; OLOIDE, 2014).

Cino *et al.* (2012) ao analisar econômica e financeiramente a adição ou não, de farinha de *T. diversifolia*, descreveram que os melhores indicadores foram na inclusão de até 15% na dieta de bezerros lactantes, comprovando resultados promissores nos indicadores de produção.

Por ser uma forrageira promissora Mahecha *et al.* (2007) recomendam como uma opção para o desenvolvimento econômico da pecuária, demonstrada pela estabilidade na produção e qualidade do leite entre as estações, indicando a viabilidade de utilizar a sustentabilidade produtiva desse sistema ao longo do ano, quando utilizada como suplemento forrageiro. Para bovinos, ovinos e caprinos García *et al.* (2008a) constataram que a *T. diversifolia* apresentou ótima aceitabilidade, comparando-se com outras forrageiras, como a *Leucaena leucocephala* e *Gliricídia sepium* demonstrando potencial para utilização em sistemas de produção silvipastoris.

Entretanto, Villalba; Provenza (2005) afirmam que a *T. diversifolia* quando fornecida fresca, no início é rejeitada pelos animais, mas depois se adaptam e consomem normalmente. Logo, é recomendado também fornecê-la em forma de ração, pré-seca e moída com outros grãos, pois alguns compostos como sesquiterpenlactonas tem influência marcante sobre a aceitabilidade por monogástricos, por conferir à forragem um sabor amargo.

Para um bom manejo na utilização de *T. diversifolia* em sistemas silvipastoris Alonso *et al.* (2013) recomendam que o acesso dos animais à pastagem deve começar quando a planta atinge entre 1,0 e 1,5 m de altura, e que, em maiores alturas pode dificultar o manejo da cultura e pastejo.

### 3.1.3 Fatores antinutricionais

A *T. diversifolia* assim como outras espécies da família Asteraceae possuem a presença de compostos secundários. Essa espécie possui cerca 1200 tipos desses compostos, no entanto,

devido à sua diversidade poucos são estudados, mas alguns grupos são mais conhecidos, como polifenóis, glicosídeos, cianogênicos, taninos, saponinas, esteróides (GARCÍA *et al.*, 2008b, apud LEZCANO *et al.* 2012b, p. 284).

Agidigbi *et al.* (2014) por meio da triagem de folhas, raízes e extrato de flor de *T. diversifolia* encontrou alguns componentes ativos, como saponinas, fenóis, flavonóides, terpenes, sesquiterpenes, monoterpênicos e diterpenos. Ahn; Elliott; Norton (1997) alertam que a presença desses compostos, sob certas circunstâncias, podem causar vários efeitos, e contrastante com a fisiologia animal, relacionado à aceitabilidade da forragem e inibindo a atividade catalítica de algumas enzimas, o que pode limitar a absorção de alimentos. Por outro lado, esses compostos podem apresentar efeito antimicrobiano e antiparasitário (LIASU; AYANDELE, 2008; OGUNFOLAKAN *et al.*, 2010; LINTHOINGAMBI; SINGH, 2013; AGIDIGBI *et al.*, 2014)

#### **3.1.4 *Tithonia diversifolia* e redução de emissões de metano**

A produção de metano (CH<sub>4</sub>) é uma consequência inevitável da fermentação dos carboidratos no rúmen, um subproduto do processo digestivo que representa perda de 2-12% de energia da alimentação (GOEL; MAKKAR, 2012). Além disso, as emissões de CH<sub>4</sub> é um dos problemas ambientais mais importantes (HOUGHTON, 2001).

Há necessidade de reduzir as emissões de metano originárias da atividade leiteira, e também melhorar a nutrição dos animais através de estratégias sustentáveis (PETERS *et al.*, 2013). Dessa forma um dos objetivos mais importantes da produção da pecuária mundial é a redução da produção de metano no rúmen, que podem ser desenvolvidos a partir de diferentes estratégias.

Os taninos e as saponinas são os principais compostos responsáveis pela redução da metanogênese ruminal. Esse último composto secundário tem ação detergente que destrói as membranas das células microbianas pela formação de um complexo com esteróis nas membranas, resultando na morte celular (KOBAYASHI, 2010). Assim, a fermentação ruminal é modificada por esses compostos suprimindo os protozoários no rúmen, consequentemente eliminando a população de archeas metanogênicas, pois vivem de maneira endossimbiótica com os protozoários, além de inibir seletivamente algumas bactérias (GOEL; MAKKAR, 2012).

Ao comparar a inclusão de três plantas arbustivas forrageiras (*Samanea saman*, *Albizia lebbbeck* e *Tithonia diversifolia*) com grama estrela (*Cynodon nlemfuensis*) de testemunha, Galindo *et al.* (2012) observaram diminuição significativa da população de microrganismos metanogênicos, onde a *T. diversifolia* se destaca para esse propósito.

Em sistemas silvipastoris utilizando a *T. diversifolia* apresentaram menores emissões de metano *in vitro* comparado com sistema tradicional, pois essa espécie melhora a qualidade da dieta tradicional, baseada principalmente em gramíneas, pelo seu alto valor proteico, alta digestibilidade ruminal e baixa porcentagem de fibra (LEMOS *et al.*, 2015).

Galindo *et al.* (2011) observaram que ao incluir 20% de *T. diversifolia* em uma dieta tradicional, reduziu a população de microrganismos responsáveis pela produção de metano a nível

ruminal, o que reforça a assertiva de Delgado *et al.* (2010), onde os mesmos resultados foram encontrados com o mesmo nível de suplementação.

Ao avaliar diferentes espécies vegetais selecionadas pelo teor de saponinas e taninos, no caso de *T. diversifolia* não foi encontrado efeitos negativos na população total viável, mas um declínio na presença de metanogênicas e redução significativa dos protozoários (DELGADO *et al.*, 2012), dessa forma os autores sugerem a utilização de árvores e arbustos tropicais como estratégia atraente para a redução da metanogênese ruminal.

Botero *et al.* (2015), entretanto, não observaram reduções na emissão de metano entérico em sistemas de produção com inclusão de *T. diversifolia*, porém afirma a necessidade de identificar o impacto da presença da espécie nos sistema de produção, esses resultados estão em conformidade com Maurício *et al.* (2014) que não observaram diferenças nas emissões de metano em diferentes níveis de girassol mexicano em substituição ao *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

### 3.2 Análises de crescimento

A análise de crescimento de plantas é um método que descreve condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo (BARBERO *et al.*, 2014), e tem sido usada por pesquisadores na tentativa de explicar diferenças no crescimento, resultante de fenômenos ecológicos, como a adaptabilidade, diferenças genotípicas na capacidade produtiva, efeito de competição e influência de práticas agrônômicas (MARAFON, 2012; PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011). Tais estudos permitem avaliar também, a produção líquida decorrente do processo fotossintético, resultado da eficiência de assimilação da planta num certo período de tempo (GOMIDE; GOMIDE; ALEXANDRINO, 2003).

Radford (1967), afirma que as principais características de crescimento de plantas são: taxa de crescimento da cultura (TCC); taxa de crescimento relativo ( $R_w$ ); taxa de assimilação líquida ( $E_a$ ); razão de área foliar (RAF); índice de área foliar (IAF) e duração da área foliar (D). Esses índices fisiológicos permitem explicar e compreender diferenças de comportamento das comunidades vegetais, que são resultantes da capacidade fotossintética, respiração, fotorrespiração, alocação e partição de fotoassimilados (PEDÓ *et al.*, 2013).

As plantas acumulam biomassa seguindo o modelo de curva sigmoidal, onde se observa inicialmente um crescimento exponencial, seguido ganhos lineares e um período de crescimento lento, com a paralização eventual do processo (PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011). O índice de área foliar é um dos principais fatores que determinam o desenvolvimento e possível produtividade de uma cultura (TAIZ; ZEIGER, 2013), assim, a área foliar constitui-se a matéria prima para a fotossíntese, importante para a produção de carboidratos, lipídeos e proteínas.

A taxa de assimilação líquida representa o balanço fotossíntese-respiração (KRAUS *et al.*, 1990), refletido no incremento de matéria seca por unidade de área foliar, a qual é dependente dos fatores ambientais, principalmente radiação solar, fato que justifica a diminuição da  $E_a$  com o aumento do IAF, devido ao autossombreamento (PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011). A taxa de crescimento relativo expressa o ganho de matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo. Esse índice de crescimento é dependente da  $E_a$  e da razão de área foliar

(RAF), o que a torna um importante parâmetro, pois combina um fator fisiológico ( $E_a$ ) e outro morfológico (RAF) (POORTER, 1989).

As técnicas de análise de crescimento têm a vantagem de exigir o uso de poucos equipamentos, entretanto, requer quantidades variáveis de mão-de-obra. Conquanto, apesar da complexidade que envolve o crescimento de plantas, é o meio mais acessível para avaliar a produção vegetal e a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o desempenho de cada cultura (PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011; BARBERO *et al.*, 2014).

### 3.4 Aspectos fisiológicos

A capacidade de aclimação de uma espécie pode ser estimada através de estudos ecofisiológicos, que permitem mensurar os processos metabólicos e indicam os mecanismos pelos quais as plantas resistem e respondem a diferentes condições ambientais. De acordo com Larcher (2000) o metabolismo de carbono no interior da célula está relacionado à circulação atmosférica por meio das trocas gasosas. Esse autor acrescenta ainda que as trocas gasosas, durante a fotossíntese, a planta fixa  $\text{CO}_2$  e libera  $\text{O}_2$  e durante a respiração o processo de troca desses gases é revertido.

Dorhoff; Shibles (1970) afirmam que a fotossíntese é um mecanismo essencial para sobrevivência das plantas, sendo o principal processo de fornecimento de carbono para o crescimento e desenvolvimento vegetal.

A regulação das trocas gasosas é feita por meio do aparato estomático. Dessa forma a condutância estomática é controlada pelas células guarda que direciona a abertura estomatal através da turgidez. O mecanismo estomático influencia na transpiração e fotossíntese por meio do fluxo de  $\text{CO}_2$  e saída de água pelo estômato, quanto menor sua abertura, maior a resistência estomática e, conseqüentemente, a transpiração da planta diminui (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Larcher (2000) afirma que condições propícias à fixação de carbono favorecem a abertura dos estômatos, enquanto que condições favoráveis à perda de água induzem ao fechamento estomático. Assim, reduções na condutância estomática com o intuito de reduzir a perda de água também reduzem as taxas fotossintéticas (STRECK, 2003). A abertura dos estômatos é controlada por fatores internos relacionados ao potencial de água nas células e substâncias químicas, especialmente o ácido abscísico e citocininas (DAVIES; ZHANG, 1991) e também fatores externos como qualidade e intensidade da luz, temperatura,  $\text{CO}_2$ , e potencial hídrico do solo (APHALO; JARVIS, 1991). Nesse sentido, Streck (2003) ratifica que o mecanismo estomático deve funcionar de forma a maximizar a produção de matéria seca, buscando o máximo de absorção de  $\text{CO}_2$ , a qual é vantajosa, contudo pode levar a desidratação da planta.

Os parâmetros fisiológicos são quantificados de forma pontual no tecido vegetal com uso dos medidores de trocas gasosas, que medem as trocas gasosas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) ou  $\text{O}_2$ , sendo mais comum o uso do analisador de gases no infravermelho (IRGA) com a quantificação do balaço de  $\text{CO}_2$  pela planta. O funcionamento deste aparelho baseia-se na capacidade de absorção do infravermelho que a maioria dos gases e vapores orgânicos tem, cujas moléculas são constituídas por dois ou mais átomos diferentes ( $\text{CO}_2$ , vapor de água,  $\text{NH}_3$ ). Dessa

forma, o IRGA é constituído por três partes: uma fonte de infravermelho, o detector, e duas colunas, uma de análise e outra de referência. Neste processo os gases passam pela coluna de referência antes de entrar na câmara que contém a folha, seguindo depois para a coluna de análise. A diferença entre os valores das suas colunas dá-nos o  $\Delta C$  que é o balanço de  $CO_2$  consumido em cada momento pelo tecido foliar e o que está disponível na câmara do aparelho. As variáveis de trocas gasosas são calculadas utilizando modelos matemáticos que descrevem o fenómeno da fotossíntese, transpiração foliar, condutância estomática de vapores de água, concentração interna de  $CO_2$  na câmara do aparelho, sendo possível estimar a eficiência no uso da água (ADC BIOSCIENTIFIC, 2011).

## REFERÊNCIAS

COPYRIGHT ADC BIOSCIENTIFIC LTDA. **LCpro-SD Portable Photosynthesis System**. Instruction manual. Issue 2. Hertfordshire, UK, 2011.

AGIDIGBI, T. S.; ODEYEMI, A. T.; ADEFEMI, S. O.; FASUAN, S. O. Antibacterial activities of crude extracts of *Tithonia diversifolia* against common environmental pathogenic bacteria. **The Experiment**, v.20, n.4, p.1421-1426, 2014.

APHALO, P.J.; JARVIS, P.G. Do stomata respond to relative humidity? **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.14, n. 2, p. 127-132, Feb. 1991.

AHN, J. H; ELLIOTT, R.; NORTON, B. W. Oven drying improves the nutritional value of *Calliandra calothyrsus* and *Gliricidia sepium* as supplements for sheep given low-quality straw. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 75, n. 4, p. 503-510, 1997.

AKINOLA, J. O.; LARBI, A.; FARINU, G. O.; ODUNSI, A. A. Seed treatment methods and duration effects on germination of wild sunflower. **Experimental Agriculture**, v. 36, p. 63-39, 2000.

ALONSO J. Productividad de *Tithonia diversifolia* y conducta animal a diferentes momentos de comenzar el pastoreo. **Livestock Research for Rural Development**. v. 25, n. 11, 2013.

BARBERO, L. M.; PRADO, T. F.; BASSO, K. C.; LIMA, L. A.; MOTTA, K. M.; KRÜGER, B. C.; MARTINS NETO, L. R.; SILVA, G. A. S. Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens. **Veterinária Notícias**, v. 19, n. 2, p. 71-85, 2014.

BOTERO, I. M.; LEMOS, G. D.; URIBE, S. M.; SÁNCHEZ, G. V.; HERRERA, J. R.; MARÍN, J. L.; CHARÁ, J.; ROSALES, R. B. Emisiones in vivo de metano en sistemas de producción con y sin inclusión de *Tithonia diversifolia*. In: CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, 3.; CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES, 8., 2015, At Misiones, Argentina. **Anais...** At Misiones, Argentina, 2015. p. 678-682.

CINO, D. M.; RUIZ, T. E.; MARTÍNEZ, Y.; CHONGO, B.; DÍAZ, H. Harina de follaje de tithonia (*Tithonia diversifolia*) en dietas integrales para la alimentación de terneros lactantes. Resultados económicos preliminares. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v. 46, n. 4, p. 435-440, 2012.

CALSAVARA, L. H. F.; RIBEIRO, R. S.; SILVEIRA, S. R.; DELAROTA, G.; FREITAS, D. S.; SACRAMENTO, J. P.; PACIULLO, S. C; MADUREIRA, A. P.; MAURÍCIO, R. M. Produtividade e característica químicas da forrageira *Thitonia divesifolia*. In: CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, 3.; CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES, 8., 2015, At Misiones, Argentina. **Anais...** At Misiones, Argentina, 2015a. p. 58-62.

CALSAVARA, L. H. F.; RIBEIRO, R. S.; SILVEIRA, S. R.; DELAROTA, G.; FREITAS, D. S.; SACRAMENTO, J. P.; PACIULLO, S. C; MADUREIRA, A. P.; MAURÍCIO, R. M. Cinética de fermentação *in vitro* da forrageira *Tithonia diversifolia*. In: CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, 3.; CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES, 8., 2015, At Misiones, Argentina. **Anais...** At Misiones, Argentina, 2015b. p. 63-66.

COSTA, B. M.; SANTOS, I. C. V.; DE OLIVEIRA, G. J. C.; PEREIRA, I. G. Avaliação de folhas de *glicerídia sepium* (JACQ.). Walp por ovinos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 221, p. 33-41, 2009.

DAVIES, W. J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, n.1, p. 55-76, Jan-Dec. 1991.

DELGADO, D. C.; GALINDO, J.; GONZÁLEZ, R.; GONZÁLEZ, N.; SCULL, I.; DIHIGO, L.; CAIRO, J.; ALDAMA, A. I.; MOREIRA, O. Feeding of tropical trees and shrub foliages as a strategy to

reduce ruminal methanogenesis: studies conducted in Cuba. **Tropical animal health and production**, v. 44, n. 5, p. 1097-1104, 2012.

DELGADO, D. C.; GALINDO, J.; GONZÁLEZ, R.; SAVÓN, L.; SCULL, I.; GONZÁLEZ, N.; MARRERO, Y. Potential of tropical plants to exert defaunating effects on the rumen and to reduce methane production. **Sustainable Improvement of Animal Production and Health**. Rome: FAO, p. 49-54, 2010.

DORNHOFF, G. M.; SHIBLES, R. M. Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves. **Crop Science**, Madison, v. 1, n. 10. p. 42-45, 1970.

DRUMOND, M. A. Leucena uma arbórea de uso múltiplo, para a região semi-árida do Nordeste brasileiro. **Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido**, v. 3, 2001.

FORBES, J. M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. Wallingford, UK: CAB Internacional, 1995. chap. 10.

GALINDO, J.; GONZÁLEZ, I N; SCULL, Y; MARRERO, A; SOSA, A; ALDANA, O; MOREIRA, D; DELGADO, T; RUIZ, G; FEBLES, V; TORRES, O; LA O, L; SARDUY, A; NODA; ACHANG, O. Efecto de Samanea saman (Jacq.) Merr., Albizia lebbeck (L.) Benth y Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray (material vegetal 23) en la población de metanógenos y en la ecología microbiana ruminal. **Revista Cubana de Ciência Agrícola**, 46(3), 273-278. 2012.

GALINDO, J.; GONZÁLEZ, N.; SOSA, A.; RUÍZ, T.; TORRES, V.; ALDANA, A. I.; DÍAZ, H.; MOREIRA, O.; SARDUY, L.; NODA, A. Efecto de Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray (Botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones in vitro. **Revista Cubana Ciência Agrícola**, v. 45, p. 33-37, 2011.

GALLEGO-CASTRO, L. A.; MACHENA-LEDESMA, L.; ANGULO-ARIZALA, J. Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en la producción de vacas lecheras. **Agronomía Mesoamericana**, v. 25, n. 2, p. 393-403, 2014.

GAMA, T. D. C. M.; ZAGO, V. C. P.; NICODEMO, M. L. F.; LAURA, V. A.; VOLPE, E.; MORAIS, M. D. G. Composição bromatológica, digestibilidade "in vitro" e produção de biomassa de leguminosas forrageiras lenhosas cultivadas em solo arenoso. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 3, 2009.

GARCÍA, D. E.; MEDINA, M. G.; COVA, L. J.; SOCA, M.; PIZZANI, P.; BALDIZÁN, A.; DOMÍNGUEZ, C. E. Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado Trujillo, Venezuela Acceptability of tropical tree fodder by cattle, sheep and goats in Trujillo state, Venezuela. **Zootecnia Tropical**, v. 26, n. 3, p. 191-196, 2008a.

GARCÍA, D. E.; MEDINA, M. G.; CLAVERO, T.; COVA, L. J.; BALDIZÁN, A.; DOMÍNGUEZ, C. Preferencia caprina de árboles y arbustos forrajeros en la zona baja de los Andes Trujillanos, Venezuela. **Revista Científica Facultad Veterinarias LUZ**, 2008b.

GOEL, G.; MAKKAR, H. P. S. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. **Tropical animal health and production**, v. 44, n. 4, p. 729-739, 2012.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotação do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 795-803, 2003.

GUALBERTO, R.; SOUZA JÚNIOR, O. F.; COSTA, N. R.; BRACCIALLI, C. D.; GAION, L. A. Influência do espaçamento e do estágio de desenvolvimento da planta na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. **Nucleus**, v. 7, n. 2, p. 135- 150, 2010.



HOUGHTON, J. T. DING, Y. D. J. G.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P. J.; DAI, X.; JOHNSON, C. A. *Climate Change 2001: The Scientific Basis* (Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 2001)

JAMA, B.; PALM, C. A.; BURESH, R. J.; NIANG, A.; GACHENGO, C.; NZIGUHEBA, G.; AMADALO, B. *Tithonia diversifolia* as a Green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: a review. **Agroforestry Systems**, v. 49, p.201-201, 2000.

KATTO, C. I. R.; SALAZAR, A. Botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray) una fuente proteica alternativa para el trópico. **Livestock Research For Rural Development**, v.6, p.1-15, 1995.

KOBAYASHI, Y. Abatement of methane production from ruminants: trends in the manipulation of rumen fermentation. **Asian-Australasian Journal Animal Sciences**. v.23. n.3. p. 410. 2010.

KRAUS, E. D. W. I. N.; WILSON, D. A. V. I. D.; ROBSON, M. J.; PILBEAM, C. J. Respiration: correlation with growth rate and its quantitative significance for the net assimilation rate and biomass production. In: LAMBERS, H.; CAMBRIDGE, M. L.; KONINGS, H.; PONS, T. L. (Eds.). **Causes and Consequences of Variation in Growth Rate and Productivity of Higher Plants**. Den Haag: SPB, Academic, 1990. p. 187-198.

LA O, O.; GONZÁLEZ, H.; OROZCO, A.; CASTILLO, Y.; RUIZ, O.; ESTRADA, A.; RÍOS, F.; GUTIÉRREZ, E.; BERNAL, H.; VALENCIAGA, D.; CASTRO, B. I.; HERNÁNDEZ, Y. Composición química, degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v. 46, n. 1, p. 47-53, 2012.

LAUSER, D. K.; RIVAS, K.; TORRES, M. Evaluar la ganancia diaria de peso en animales de raza cebuina en crecimiento sometidos a una dieta que incluye botón de oro (*Tithonia diversifolia*). In: CONGRESO VENEZOLANO DE PRODUCCIÓN E INDUSTRIA ANIMAL, 13., 2006, San Juan de los Morros, Guárico, Venezuela **Resúmenes...** San Juan de los Morros. Guárico, Venezuela: Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos, 2006.

LAZO, J. A.; FRAGA, G. A.; SANTOS, L. D.T.; SAMPAIO, R. A. Comportamiento productivo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo con reposos diferentes en ambas épocas del año. **Livestock Research for Rural Development**, v.27, n.6 2015.

LEMONS, G. D.; BOTERO, I. M.; HERRERA, J. R.; SÁNCHEZ, G. V.; CHARÁ, J.; ROSALES, R. B. Producción in vitro de metano de dietas ofrecidas en sistemas silvopastoriles intensivos con *Tithonia diversifolia* y sistemas tradicionales. In: CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, 3.; CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES, 8., 2015, At Misiones, Argentina. **Anais...** At Misiones, Argentina, 2015. p. 672-677.

LEZCANO, Y.; SOCA, M.; OJEDA, F.; ROQUE, E.; FONTES, D.; MONTEJO, I. L.; SANTANA, H.; MARTÍNEZ, J.; CUBILLAS, N. Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. **Pastos y Forrajes**, v. 35, n. 3, p. 275-282, 2012a.

LEZCANO, Y.; SOCA, M.; SÁNCHEZ, L. M.; OJEDA, F.; OLIVERA, Y.; FONTES, D.; MONTEJO, I. L.; SANTANA, H. Caracterización cualitativa del contenido de metabolitos secundarios en la fracción comestible de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. **Pastos y forrajes**, v. 35, n. 3, p. 283-291, 2012b.

LIASU, M. O.; AYANDELE, A. A. Antimicrobial activity of aqueous and ethanolic extracts from *Tithonia diversifolia* and *Bryum coronatum* collected from Ogbomoso, Oyo state, Nigeria. **Advances in Natural and Applied Sciences**, v.2, n.1, p.31-34, 2008.

LINTHOINGAMBI, W.; SINGH, M. S. Antimicrobial activities of different solvent extracts of *Tithonia diversifolia* (Hemsely) A. Gray. **Asian Journal of Plant Science and Research**, v. 3, n. 5, p. 50-54, 2013.

MAHECHA, L.; ESCOBAR, J. P.; SUÁREZ, J. F.; RESTREPO, L. F. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). **Livestock Research for Rural Development**, v. 19, n. 2, p. 1-6, 2007.

MAHECHA, L.; ROSALES, M. Valor nutricional del follage de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. **Livestock Research for Rural Development**. v.17, n.9, 2005.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. p. 29.

MAURÍCIO, R. M.; RIBEIRO, R. S.; SILVEIRA, S. R.; SILVA, P. L.; CALSAVARA, L.; PEREIRA, L. G.; PACIULLO, D. S. **Tropical Grasslands-Forrajeros Tropicales**, v. 2, n. 1, p. 82-84, 2014.

MEDINA, M. G.; GARCÍA, D. E.; GONZÁLEZ, M.; COVA, L.; MORATINOS, P. Variables morfoestructurales y de calidad de La biomassa de *Tithonia diversifolia* em La etapa inicial de crecimiento. **Zootecnia Tropical**, v. 27. n. 2. p. 121-134. 2009.

MIURA, T.; NOSAKA, K.; ISHII, H.; ISHIDA, T. Antidiabetic effect of Nitobegiku, the herb *Tithonia diversifolia*, in KK-Ay diabetic mice. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 28, n. 11, p. 2152-2154, 2005.

NARANJO, J. F.; CUARTAS, C. A. Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. **Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia**, v. 6, n. 1, p. 9-19, 2011.

NAVIA, A. V.; CASTAÑO, V. H.; GRISALES, S. O. Productividad de diferentes ecotipos de *Tithonia diversifolia* provenientes de la región cafetera y valle de rio cauca. **Revista Agroforestería Neotropical**, n. 4, 2014.

NIEVES, D.; TERÁN, O.; CRUZ, L.; MENA, M.; GUTIÉRREZ, F.; LY, J. Digestibilidad de nutrientes en follage de árnica (*Tithonia divesifolia*) em conejos de engorde. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.14. n.1. p.309-314. 2011.

ODEDIRE, J. A.; OLOIDI, F. F. Feeding Wild Sunflower (*Tithonia Diversifolia* Hemsl., A. Gray) to West African Dwarf Goats as a Dry Season Forage Supplement. **World Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 6, p. 280-284, 2014.

OGUNDARE, A. O. Antimicrobial effect of *Tithonia diversifolia* and *Jatropha gossypifolia* leaf extracts. **Trends Applied Sciences Research**, v. 2, p. 145-150, 2007.

OGUNFOLAKAN, O.; KOLAWOLE, O. S.; OLOWE, A. O. In vitro Antimicrobial Activity of *Tithonia diversifolia* leaf extracts on bacterial isolates from wound infections from a Nigerian Hospital. **Research Journal of Medical Sciences**, v. 4, n. 5, p. 305-308, 2010.

OWOYELE, V. B.; WURAOLA, C. O.; SOLADOYE, A. O.; OLALEYE, S. B. Studies on the anti-inflammatory and analgesic properties of *Tithonia diversifolia* leaf extract. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 90, p. 317-321, 2004.

PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; LOPES, N. F.; VILELA, F. A.; MAUCH, C. R. Growth analisis and assimilate partitioning in physalis plants under leaf fertilization intervals. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2247-2256, 2013.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011.

PÉREZ, A.; MONTEJO, I.; IGLESIAS, J. M.; LÓPEZ, O.; MARTÍN, G. J.; GARCÍA, D. E.; MILIÁN, I.; HERNÁNDEZ, A. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. **Pastos y Forrajes**, v. 32, n. 1, p. 1-15, 2009.

PETERS, M.; HERRERO, M.; FISHER, M.; ERB, K. H.; RAO, I.; SUBBARAO, G. V.; CASTRO, A.; ARANGO, J.; CHARÁ, J.; MURGUEITIO, E.; VAN DER HOEK, R. Challenges and opportunities for improving eco-efficiency of tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions. **Tropical Grasslands**, v. 1, p. 156-167, 2013.

POORTER, H.; Interspecific variation in relative growth rate: on ecological causes and physiological consequences. **Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants**, v. 24, p. 45-68, 1989.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae: their use and abuse. **Crop Science**, v. 7, n. 3, p.171-175, 1967.

RAMÍREZ-RIVERA, U.; SANGINÉS-GARCÍA, J. R.; ESCOBEDO-MEX, J. G.; CEN-CHUC, F.; RIVERA-LORCA, J. A.; LARA-LARA, P. E. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. **Agroforestry systems**, v. 80, n. 2, p. 295-302, 2010.

RIOS, C. Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. En: Árboles y arbustos forrajeros utilizados em alimentación animal como fuente proteica. **Centro para la investigación em Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuária**, Cali, p.115-126, 1997.

RUIZ, T. E.; FEBLES, G. J.; GALINDO, J. L.; SAVÓN, L. L.; CHONGO, B. B.; TORRES, V.; CRESPO, G. J. *Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v. 48, n. 1, p. 79-82, 2014.

SACRAMENTO, J. P.; RIBEIRO, R. S.; SILVEIRA, S. R.; DELAROTA, G.; FREITAS, D. S.; NASCIMENTO, K. B.; PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, W. T. V. PEREIRA, L. G.; MADUREIRA, A. P.; MAURÍCIO, R. M. Avaliação *in vitro* e *in situ* da forrageira *Tithonia diversifolia* para nutrição de ruminantes. In: CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, 3.; CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES, 8., 2015, At Misiones, Argentina. **Anais...** At Misiones, Argentina, 2015. p. 102-106.

SHOKALU, A. O.; OJO, A. O.; EZEKIEL, A. D. T.; AKINTOYE, H. A.; AZEEZ, J. O. Comparing the use of *Tithonia diversifolia* and compost as soil amendments for growth and yield of *Celosia argentea*. **New York Science Journal**, v. 3, n. 6, p. 2-5, 2010.

STRECK, N. A. Stomatal response to water vapor pressure deficit: an unsolved issue. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.4, p.317-322, 2003.

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

TENDONKENG, F.; ZOGANG, B. F.; SAWA, C.; BOUKILA, B.; PAMO, E. T. Inclusion of *Tithonia diversifolia* in multinutrient blocks for WestAfrican dwarf goats fed *Brachiaria* straw. **Tropical animal health and production**, v. 46, n. 6, p. 981-986, 2014.

TOGUN, V. A.; FARINU, G. O.; OLABANJI, R. O. Feeding graded levels of wild sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A. Gray) meal in replacement of maize at pre-pubertal age, negatively impacts on growth and morphometric characteristics of the genitalia of anak 2000 broiler cocks at their pubertal age. **World Applied. Sciences Journal**, v. 1, n. 2, p. 115-21, 2006.

VAN SAO, N.; MUI, N. T.; VAN BINH, Đ. Biomass production of *Tithonia diversifolia* (Wild Sunflower), soil improvement on sloping land and use as high protein foliage for feeding goats. **Livestock Research for Rural Development**, v. 22, n. 8, p. 2010, 2010.

VAN SOEST, P. J. Symposium on factors influencing the voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal Animal Science**, v. 24, n. 3, p. 834-843, 1965.

VARGAS, J. E. Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. In: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE DE SISTEMAS AGRARIOS, 3., 1994, Colombia. **Memorias...** Colombia: Fundación CIPAV Cali, 1994. p. 135-152.

VERDECIA, D. M.; RAMÍREZ, J. L.; LEONARD, I.; ÁLVAREZ, Y.; BAZÁN, Y.; BODAS, R.; ANDRÉS, S.; ÁLVAREZ, J.; GIRÁLDEZ, F.; LÓPEZ, S. Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauca. **REDVET – Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 12, n. 5, p. 1-13, 2011.

VILLALBA, J. J.; PROVENZA, F. D. Foraging in chemically diverse environments: energy, protein, and alternative foods influence ingestion of plant secondary metabolites by lambs. **Journal of chemical ecology**, v. 31, n. 1, p. 123-138, 2005.

WAMBUI, C. C.; ABDULRAZAK, S. A.; NOORDIN, Q. The effect of supplementing urea treated maize stover with *Tithonia*, *Calliandra* and *Sesbania* to growing goats. **Livestock Research for Rural Development**. v. 18, Artículo n. 64, 2006.

WANJAU, S.; MUKALAMA J. ; THIJSSSEN, R. **Transferência de biomassa: Cosecha grátis de fertilizante**. Boletim de ILEIA, 1998. p. 25.

## Capítulo 1 – Análise de crescimento e composição bromatológica de *Tithonia diversifolia* em diferentes idades de rebrotação

**Resumo:** O potencial produtivo e nutritivo da *Tithonia diversifolia* é explorado em diversos países tropicais. No entanto, apesar de apresentar condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo dessa espécie, são raros os estudos realizados para investigar o uso da *T. diversifolia* como planta forrageira nas condições brasileiras. Nesse sentido, objetivou-se realizar análise de crescimento da *Tithonia diversifolia*, bem como estimar sua composição bromatológica em diferentes idades de rebrotação. O experimento foi implantado a campo em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e dez idades de rebrotação, aos 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 e 84 dias. As plantas foram coletadas em intervalos regulares de sete dias, iniciando aos 21 dias após o corte de uniformização. A partir dos dados primários foi calculado o índice de área foliar (IAF), a razão de área folia (RAF), taxa de assimilação líquida ( $E_a$ ), taxa de crescimento relativo ( $R_w$ ), produtividade, e relação folha/caule. Determinou-se os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB) e produção de proteína bruta (PPB). Plantas de *T. diversifolia* apresentaram maior IAF, e menores RAF,  $E_a$  e  $R_w$  com aumento da idade de rebrotação. Os teores de proteína bruta decresceram 0,241 unidades percentuais para cada dia de rebrotação. A produção de proteína bruta seguiu o modelo quadrático com valores máximos de 1,89 t ha<sup>-1</sup> de PB. As idades de rebrotação afetam os índices de crescimento e também os percentuais de FDN, FDA e PB da *T. diversifolia*. Sugere-se a colheita entre 49 e 63 dias de rebrotação no período de inverno, o que associa percentuais satisfatórios de proteína bruta, maior produção de proteína bruta por área e maior produtividade. Nesse período, portanto, é possível obter uma produtividade média de 18,6 t ha<sup>-1</sup> MS, sem limitações do ponto de vista nutricional.

**Palavras-chave:** Época de colheita. Forrageira alternativa. Taxas de crescimento. Titônia. Valor nutritivo.

### Introdução

A *Tithonia diversifolia* é um arbusto pertencente à família Asteraceae que possui potencial de acúmulo de nitrogênio nas folhas semelhante às leguminosas, além de possuir elevados níveis de fósforo, grande volume de raízes, rápido crescimento e baixa demanda de insumos para o cultivo (WANJAU *et al.*, 1998). A espécie é promissora para utilização na alimentação de diferentes espécies animais, principalmente ruminantes (TENDONKENG, *et al.*, 2014; OSUGA *et al.*, 2012; MAHECHA *et al.*, 2007).

No Brasil os estudos sobre o crescimento e desenvolvimento dessa espécie são escassos e incompletos, principalmente por avaliar as características de forma isolada. Assim dado o potencial da *T. diversifolia* para alimentação animal torna-se fundamental estudar a adaptação da espécie em sistema de cultivo intensivo, como forrageira de corte para alimentação animal. Para

forrageiras de corte conhecer seu crescimento, sua morfofisiologia e qualidade ao longo do tempo são fundamentais para seu manejo a fim de destinar forragem em quantidade e qualidade para os rebanhos.

A análise de crescimento de uma planta permite inferir os processos morfofisiológicos e a partição de assimilados ao longo do desenvolvimento desta planta, que consiste no passo inicial para a interpretação e análise da produção primária e descrição do seu desenvolvimento vegetativo (PEDÓ *et al.*, 2013).

As espécies vegetais devem se adaptar morfológica e fisiologicamente às condições ambientais, que influenciarão o desenvolvimento da planta como um todo. Assim, o incremento de biomassa vegetal, avaliado como taxa de crescimento relativo ( $R_w$ ), ocorre em função de um componente morfológico, a razão de área foliar (RAF), que é a área foliar por unidade de massa seca e de um componente fisiológico, a taxa de assimilação líquida ( $E_a$ ), que é o acúmulo de massa seca por unidade de área foliar e unidade de tempo (LOPES; LIMA, 2015).

Além do conhecimento acerca do crescimento é fundamental entender o valor nutritivo de plantas com potencial forrageiro. A composição química bromatológica é o parâmetro utilizado para avaliar o valor nutritivo das forrageiras, e as frações proteicas e fibrosas são as mais comumente analisadas, pois os teores de proteína bruta estão negativamente associados aos teores de FDN e FDA, e ambas influenciam no consumo e digestibilidade dos alimentos (VAN SOEST, 1994).

Estudos sobre o crescimento, valor nutritivo, produção, entre outros aspectos agronômicos ainda são escassos na literatura para a *T. diversifolia* em condições brasileiras. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o crescimento, o potencial produtivo e composição bromatológica de *T. diversifolia* em dez idades de rebrotação.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Amilton de Abreu Navarro do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), campus Montes Claros, MG no período de maio a julho de 2016. A área experimental está situada na latitude 16°40'57,70" Sul, longitude 43°50'19,62" Oeste e 650 m de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo "As" caracterizado como Tropical de Savana, com temperatura média mensal que varia de 22,8 (janeiro) a 18,3° C (julho) (ALVARES *et al.*, 2014). O solo foi classificado como Cambissolo Háptico eutrófico de textura argilo-siltosa (EMBRAPA, 2013).

No início do período experimental, foram colhidas amostras de solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade para determinação da fertilidade do solo. A análise indicou as seguintes características físico-químicas: pH em água, 7,67; matéria orgânica, 36,60 g kg<sup>-1</sup>; P, 1,88 mg dm<sup>-3</sup>; K, 137,67 mg dm<sup>-3</sup>; Ca, 7,07 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg, 1,60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al, 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al, 1,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC, 10,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; saturação por bases, 89,67%; areia, 19,47%; silte, 38,80; argila, 41,73%.

O plantio da *T. diversifolia* foi realizado em dezembro de 2014, utilizando-se partes de plantas cultivadas (estacas) no ICA/UFMG, distribuídos em sulcos de plantio, a uma profundidade de 0,10 m, com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,50 m entre plantas. Do plantio até o início do período experimental foram realizados cortes frequentes das plantas. O início do período experimental consistiu na uniformização das plantas com um corte a 0,40 m do solo. A adubação foi conduzida de acordo com as recomendações para a cultura do girassol, em função da ausência de recomendações para a *T. diversifolia* na literatura. A área experimental foi mantida livre de plantas daninhas e submetida a irrigação pelo sistema de aspersão convencional, buscando manter o solo na capacidade de campo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições e os tratamentos consistiram em dez idades de rebrotação com avaliações efetuadas em intervalos de sete dias, iniciando aos 21 dias após o corte de uniformização. As avaliações ocorreram aos 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 e 84 dias de rebrotação e cessaram quando pelo menos 50% das plantas emitiram flores.

A análise do crescimento foi realizada através de coletas para determinação da massa seca e área foliar, sendo colhidas quatro plantas escolhidas ao acaso na área experimental, a altura de 0,40 m do solo. As plantas foram escolhidas após a mensuração da altura de 20 plantas da área experimental e com as medidas de altura foram calculadas a média aritmética. Todo material colhido foi pesado e retirada duas subamostras: uma foi manualmente separada em partes (folhas, caules e material senescente) e posteriormente os componentes morfológicos foram secos em estufa com circulação forçada a 60 °C por 72h e pesados para a obtenção da relação folha/caule, material senescente e teor de massa seca. A segunda subamostra foi pré-seca a 60 °C, em estufa de circulação forçada por 72h. Após secagem, a forragem foi moída em moinho tipo *Willey* com peneiras de 1 mm. No laboratório de Bromatologia foram realizadas as determinações da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Detmann *et al.* (2012). Foi calculada a produção de proteína bruta (PPB) em kg ha<sup>-1</sup> de PB, pela multiplicação da massa seca de forragem total obtida pelo percentual de proteína bruta. Também foram mensurados a altura (cm) utilizando régua graduada, sendo que, para cada repetição, foram medidas cinco plantas e posteriormente determinada a média aritmética simples.

Para estimar a área foliar ( $A_f$ ) das plantas, quatro folhas de cada planta foram colhidas e digitalizadas e suas áreas calculadas com auxílio do software Image Pro Plus®. A  $A_f$  de cada planta foi estimada pela relação da massa seca das quatro folhas, sua área e a massa seca total das folhas. Os valores de índice de área foliar (IAF) foram obtidos por meio da relação entre a área foliar de cada planta e a área superficial do solo ocupada pela planta conforme Eze (1973). O valor instantâneo da razão de área foliar (RAF) foi obtido pelo quociente entre os valores de  $A_f$  e o peso da matéria seca total da planta (RADFORD, 1967).

Os dados de massa seca acumulada ( $W_t$ ) expressos em t ha<sup>-1</sup>, foram ajustados pela equação sigmoideal,  $W_t = W_m / (1 + e^{-(x-x_0)/a})$ , sendo " $W_m$ " a estimativa assintótica do crescimento máximo, " $x$ " a variável explicativa (dias), " $e$ " a base natural de logaritmo neperiano e " $a$ " constante

de ajustamento do modelo de regressão (RICHARDS, 1969). Os valores instantâneos da taxa de crescimento relativo ( $R_w$ ) e da taxa assimilatória líquida ( $E_a$ ) foram calculados por meio das equações:  $R_w = (\ln W_2 - \ln W_1)/(t_2 - t_1)$ ;  $E_a = (W_2 - W_1)/(t_2 - t_1) * (\ln A_{f2} - \ln A_{f1})/(A_{f2} - A_{f1})$ , conforme Hunt *et al.* (2003). Os dados de  $R_w$  e  $E_a$  e IAF foram estimados a partir de equações previamente ajustadas, utilizando o programa Sigmaplot® versão 10.0. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão e no coeficiente de determinação. Esses índices morfológicos, por serem calculados, não obedecem às pressuposições básicas para análise de variância. Dessa forma, por ser modelo não aditivo e constituir dados quantitativos, a maneira mais adequada de trabalhar os dados de crescimento ao longo do ciclo é por meio de gráficos, avaliando-se o comportamento das curvas (RADFORD, 1967; BARREIRO *et al.*, 2006).

As demais variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, e, quando significativos, foi realizada análise de regressão considerando as idades de rebrotação, por meio dos programas estatísticos R-plus® 3.2.4 e Sigmaplot® versão 10.0.

## Resultados e Discussão

O índice de área foliar apresentou ajuste quadrático da equação com incrementos de IAF com aumento da idade de rebrotação (GRÁFICO 1A). Verificou-se valor máximo de 17,1 aos 69,0 dias, com discreta diminuição até os 84 dias após o corte, devido ao aumento da senescência.

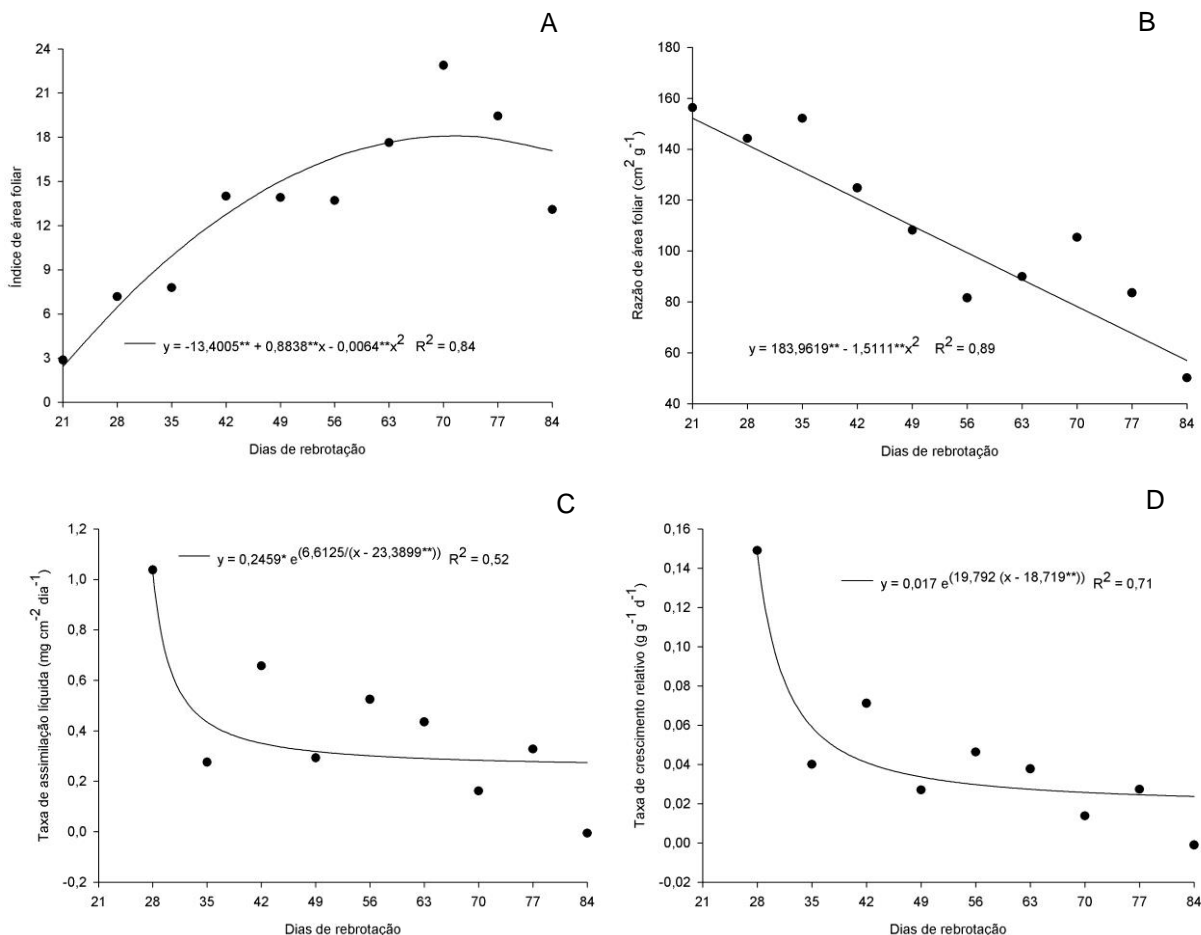
Salisbury; Ross (1992) consideram comum índices maiores que 12 em populações arbóreas. Carvalho (2004) encontrou IAF médio de 15 em plantas de girassol em condições experimentais, e afirma que valores mais elevados ocorrem no período de florescimento pleno. Por outro lado, Reis *et al.* (2015), ao avaliar o IAF de plantas de *T. diversifolia* irrigadas e não irrigadas, em condições tropicais do Brasil, encontraram valores de 4,16 e 2,22, respectivamente, valores muito inferiores aos encontrados nesse trabalho.

A razão de área foliar (RAF), que representa a área foliar em uso pela planta para produzir um grama de massa seca, revelou resposta linear negativa ( $P < 0,05$ ) com aumento da idade de rebrotação, com valores estimados de 156,34 e 50,18  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$  aos 21 e 84 dias, respectivamente (GRÁFICO 1B). Esses dados refletem a possível diminuição da capacidade fotossintética em relação ao aumento da biomassa total da planta.

A RAF é considerada um componente morfofisiológico, pois corresponde à razão entre a área foliar, responsável pela captação de energia luminosa e  $\text{CO}_2$ , e a massa seca total de forragem, que representam a partição dos carboidratos assimilados (BARBERO *et al.*, 2014). Dessa forma, a RAF é reduzida com o avanço da idade devido às variações na relação fonte/dreno e também pelo maior custo de respiração e redistribuição de fotoassimilados para o crescimento da planta (caules, raízes, ramificações), em detrimento da produção de folhas (LOPES *et al.*, 2013; ANDRADE *et al.*, 2005).



Gráfico 1 – Índice de área foliar (A), razão de área foliar (B), taxa de assimilação líquida (C) e taxa de crescimento relativo (D) de plantas de *Tithonia diversifolia* em diferentes idades de rebrotação



\*\*Significativo a 1% pelo teste t.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A taxa assimilatória líquida ( $E_a$ ) apresentou significância ( $P < 0,05$ ) em função da idade de rebrotação, apresentando decaída exponencial no decorrer do desenvolvimento da planta (GRÁFICO 1C). Os valores máximos  $E_a$  foram obtidos no início do ciclo, aos 28 dias de rebrotação, em razão do surgimento de folhas novas com alta capacidade fotossintética, e também à baixa demanda respiratória das plantas, em função da pouca biomassa no período (WOLEDGE; LEAFE, 1976; AUMONDE *et al.*, 2011), ausência do autossombreamento e baixa proporção de caules. O posterior decréscimo exponencial, observado nas idades mais avançadas, reflete o aumento na idade média das folhas e também pela ocorrência de sombreamento mútuo (OLIVEIRA *et al.*, 2000).

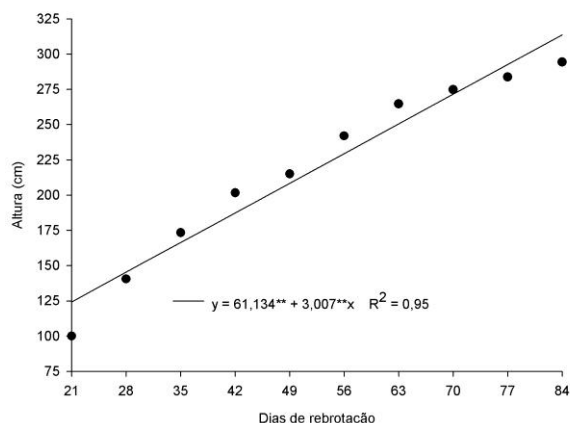
A idade de rebrotação também influenciou de forma significativa a taxa de crescimento relativo ( $R_w$ ) (GRÁFICO 1D). Constatou-se redução exponencial ( $P < 0,05$ ) da  $R_w$  com o aumento das idades com valores observados de 0,149 e  $-0,001 \text{ g g}^{-1}$ , aos 28 e 84 dias, respectivamente.

A  $R_w$  expressa o crescimento da planta em termos de incremento de biomassa por unidade de biomassa presente por unidade de tempo a qual varia ao longo do ciclo vegetal, pois depende de dois fatores do crescimento: a área foliar útil para a fotossíntese, e da taxa assimilatória líquida. Dessa forma, com o tempo de rebrotação a  $R_w$  tende a diminuir, comportamento semelhante ao observado por Cândido; Alexandrino; Gomide (2005) em plantas de *Panicum maximum* cv. Mombaça, porém diferentes aos relatados por Gomide *et al.* (2002) utilizando a mesma gramínea.

O decréscimo observado na  $R_w$  durante o crescimento das plantas pode ser conferido ao autossombreamento, diminuindo a interceptação de luz. Durante o estudo observou-se que a senescência das folhas se intensificaram, o que reduz a eficiência fotossintética, que compromete a  $E_a$ , e conseqüentemente, a  $R_w$ .

A altura das plantas de *T. diversifolia* foi significativamente ( $P < 0,05$ ) incrementada com a idade de rebrotação (Gráfico 2), indicando uma taxa de crescimento de  $3,0 \text{ cm dia}^{-1}$ . Os resultados desse trabalho são superiores aos relatados por Reis *et al.* (2015) que observaram altura média de plantas de *T. diversifolia* sob irrigação de 140,0 cm, enquanto plantas não irrigadas atingiram 89,4 cm de altura.

Gráfico 2 – Altura de plantas de *Tithonia diversifolia* em diferentes idades de rebrotação

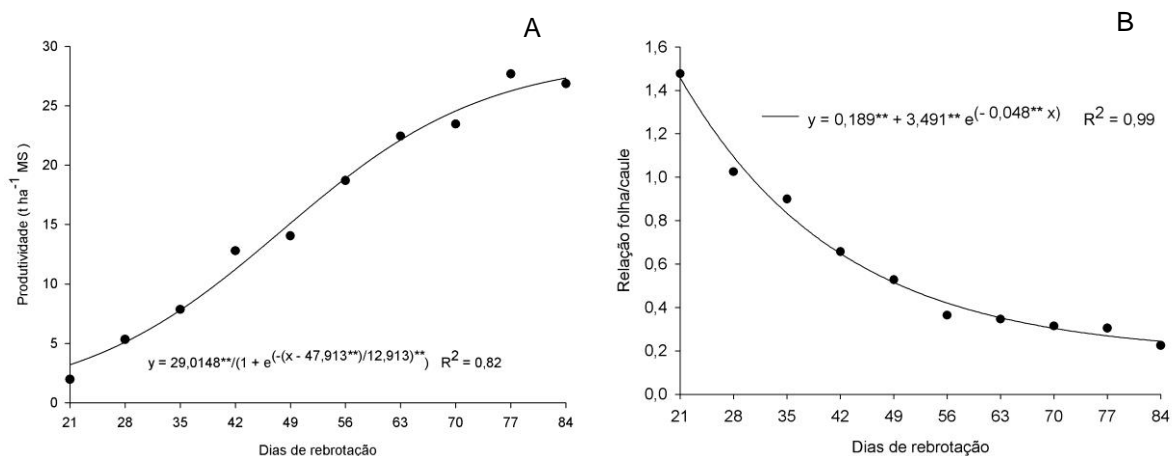


\*\*Significativo a 1% pelo teste t.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O ganho de produtividade da *T. diversifolia* seguiu tendência logística (GRÁFICO 3A), característico do crescimento vegetal, com ritmo inicial lento, pois com o corte a planta perde grande parte de seu aparato fotossintético, dessa forma torna-se necessário a mobilização das reservas para retomar o crescimento. A partir de então, ocorreu rápido crescimento atingindo o máximo de produtividade aos 77 dias de rebrotação.

Gráfico 3 – Produtividade (A) e relação folha/caule (B) de plantas de *Tithonia diversifolia* em diferentes idades de rebrotação



\*\*Significativo a 1% pelo teste t.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

O corte de uniformização realizado nas plantas, eliminando por vezes as gemas das extremidades dos ramos, estimula o desenvolvimento de brotações laterais, com aumento do diâmetro das touceiras, e conseqüente aumento da produção de folhas e produtividade de biomassa. A produção de massa seca deste experimento é bastante superior aos alcançados por Gualberto *et al.* (2011), que avaliando a *T. diversifolia* nos espaçamentos 0,50 x 0,50 e 0,75 x 0,75 m encontraram valores de 3,55 e 3,53 t ha<sup>-1</sup> MS na pré-floração, e depois da floração 19,74 e 17,88 t ha<sup>-1</sup> MS, respectivamente. Navia; Castaño; Grisales (2014) ao avaliarem acessos de *T. diversifolia* observaram nos melhores tratamentos rendimentos de massa seca acima de 20 t ha<sup>-1</sup> ano, entretanto valores superiores foram encontrados nessa pesquisa, aos 63 dias de rebrotação (GRÁFICO 3A). Em sistema de pastejo, com espaçamento entre linhas de 4 m, Lazo *et al.* (2015) observaram a maior disponibilidade de forragem aos 90 dias de rebrotação no período chuvoso (2,93 t ha<sup>-1</sup> MS).

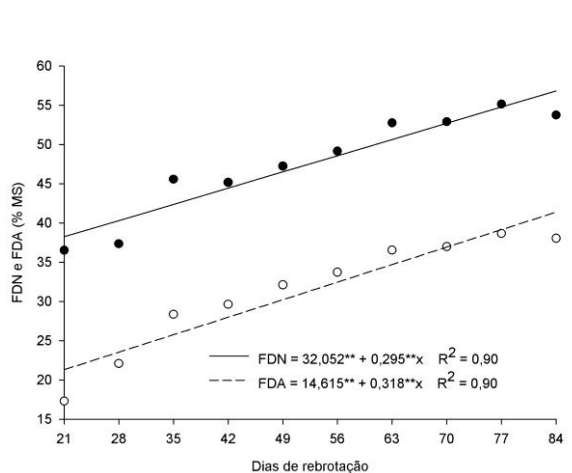
A curva da relação folha/caule variou seguindo um modelo exponencial decrescente com o avanço da idade de rebrotação ( $P < 0,05$ ) (GRÁFICO 3B). Durante o desenvolvimento da planta a relação folha/caule diminui rapidamente, pois além do crescimento dos caules serem maior, o aparecimento de folhas reduz.

Diante desses resultados, apesar de ser observado um incremento no rendimento forrageiro, o avanço da idade de rebrotação pode comprometer o valor nutricional da planta. A folha geralmente é o componente de maior valor nutricional, de forma que maior relação folha/caule decorre em forragem com maior valor proteico e melhor digestibilidade e pode ser utilizada como índice de qualidade da forragem (RODRIGUES *et al.*, 2008). Contudo, além da relação folha/caule a magnitude da redução da qualidade da forragem depende da composição química bromatológica do caule. Desse modo, mesmo caules de massa semelhantes podem ter composições muito distintas, especialmente em plantas arbustivas que apresentam crescimento

secundário com intensa lignificação do caule, comprometendo o consumo e a digestibilidade da forragem.

Os teores médios de fibra em detergente neutro apresentaram efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para a idade de rebrotação indicando aumento de 0,295 unidades percentuais para cada dia de rebrotação (GRÁFICO 4). O aumento foi discreto, indicando que dentro das idades estudadas ocorre lento prejuízo na qualidade da forragem com teores de 38,25 e 56,83% de FDN aos 21 e 84 dias de rebrotação, respectivamente. Ainda analisando os dados do Gráfico 4 para os teores de fibra em detergente ácido, houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) entre as idades de rebrotação da *T. diversifolia*, com efeito linear crescente, mostrando que para cada dia de rebrotação ocorreu incremento de fibra em detergente ácido na ordem 0,318 unidades percentuais.

Gráfico 4 – Fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), de plantas de *Tithonia diversifolia* em diferentes idades de rebrotação



\*\*Significativo a 1% pelo teste t.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

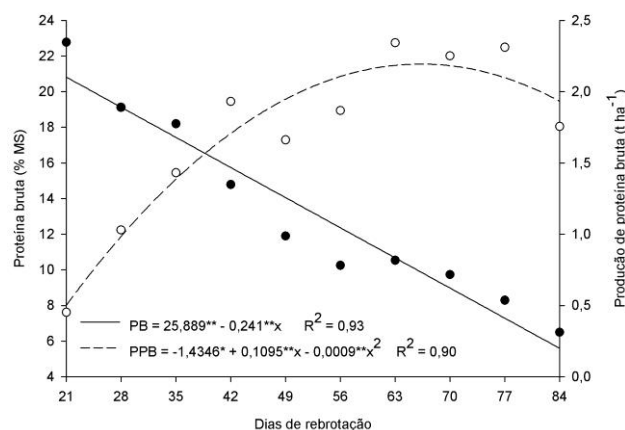
Observa-se que as concentrações de FDN e FDA encontradas na *T. diversifolia* podem ser consideradas baixas, sobretudo quando comparado a forrageiras da família das gramíneas, entretanto possuem valores semelhantes a forrageiras leguminosas. Avaliando *Pennisetum purpureum* cv. Napier em três estágios de maturidade, Rambau; Fusahai; Baloyi (2016) encontraram valores médios de FDN e FDA de 69,73 e 37,84, respectivamente. Castro Filho *et al.* (2016) ao estudar a *Gliricidia sepium* observaram valores médios de 34,82 e 26,26% para FDN e FDA, respectivamente. Souza *et al.* (2014) também relatam valores de FDN na ordem de 45,1% para leucena, 48,9% para *T. diversifolia*, 71,01% para o feno de tifton e 43,03% feno de alfafa.

Assim como ocorre em outras forrageiras, com o decorrer do desenvolvimento aumenta as estruturas de sustentação na parede celular, composta por celulose, lignina e hemicelulose, assim as mesmas tendem a ampliar o teor de fibras devido ao crescimento da caule e a diminuição do número de folhas. Segundo Van Soest (1965), somente nas idades mais avançadas o teor de FDN aproxima-se do limitante ao consumo, isto é, entre 55-60%. O consumo voluntário de matéria seca

de forragens está intimamente ligado à concentração de FDN, de modo que tal constituinte reflete diretamente a capacidade volumosa de ocupação do rúmen, e indiretamente, à densidade de energia disponível na forragem. Por outro lado a digestibilidade da matéria seca está relacionada ao teor de FDA, devido à presença da lignina, indicando a percentagem de material indigestível na forragem (MOURA *et al.*, 2011).

Os percentuais de proteína bruta (PB) apresentaram acentuado decréscimo com o avanço da idade de rebrotação, com reduções de 0,241 unidades percentuais para cada dia de rebrotação ( $P < 0,05$ ), variando de 20,83% aos 21 dias de rebrotação a 5,64% de PB na última idade de rebrotação, comportamento característico das forrageiras tropicais, que apresentam esse declínio ao atingirem a maturidade (GRÁFICO 5). Esses resultados decorrem provavelmente da redução da relação folhas/caules e do processo de lignificação dos caules. Os baixos teores de PB no final do período de avaliação da forrageira podem ainda estar relacionados com o início do período de floração e intensificação da senescência das plantas, assim grande parte do nitrogênio proteico contido nas folhas é translocado para desenvolvimento das sementes (SOUZA; ESPÍNDOLA, 2000).

Gráfico 5 – Proteína bruta (PB) e produção de proteína bruta (PPB) de plantas de *Tithonia diversifolia* em diferentes idades de rebrotação



\*\*Significativo a 1% pelo teste t.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Lezcano *et al.* (2012) encontraram valores médios de PB aos 60 dias de rebrotação, superiores aos desse experimento, que variaram de 19,03% no período seco e 21,95% no período chuvoso. La O *et al.* (2012) ao estudar nove ecótipos de *T. diversifolia* observaram variações de 18,26 a 26,40% de PB em função dos acessos avaliados aos 77 dias de idade. Gualberto *et al.* (2011) por sua vez apresentam teores de PB de 10,31 e 13,81%, em *T. diversifolia* cultivada nas estações outono-inverno com avaliações na floração e pós-floração, respectivamente.

Dessa forma, considerando que o nível mínimo de proteína nos alimentos deve ser de 7% (MINSON, 1984) para que ocorra adequada fermentação ruminal, e manutenção do consumo

voluntário, observa-se que até os 77 dias (7,33% de PB) de rebrotação a *T. diversifolia* atenderia satisfatoriamente aos requerimentos mínimos de proteína bruta exigida pelos ruminantes. Cavalcante *et al.* (2005) trabalhando com níveis de proteína bruta para bovinos de corte observou que dietas com 10,5% de PB conferem ganhos médios diários de peso vivo de 1.074 g.dia<sup>-1</sup>, necessidade que a *T. diversifolia* atenderia até os 60 dias de rebrotação, com 11,4% de PB.

A produção de proteína bruta (PPB) em função da idade de rebrotação seguiu o modelo quadrático, com diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) conforme apresentado no Gráfico 5. Verificou-se produção máxima de proteína bruta aos 60,83 dias de rebrotação, sendo estimada em 1,89 t ha<sup>-1</sup>. Vale ressaltar que no período de maior produção de PB por área, a composição proteica foi suficiente para atender a exigências de animais com alto desempenho, conforme descrito por Cavalcante *et al.* (2005).

Resultados relatados por Van Sao; Mui; Van Binh (2010) encontraram produção de proteína de 6 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para a *T. diversifolia* ao avaliar 7 cortes de no período de 12 meses. Considerando que o presente experimento foi realizado no inverno, é razoável admitir que ao longo do ano seria possível realizar pelo menos 5 cortes das plantas, o que daria uma produtividade de PB bem superior ao reportado por esse autor. Comparando-se os dados de PPB com leguminosas forrageiras, os dados do Gráfico 3B também são superiores aos encontrados por Moura *et al.* (2011) que obtiveram valores de 0,181 e 0,352 t ha<sup>-1</sup> de PB, aos 30 e 60 dias de rebrotação, respectivamente, e altura de corte de 20 cm, em estilozante Campo Grande (*Stylosanthes* spp.). Miranda *et al.* (2003) apresentaram valores entre 0,368 a 0,687 t ha<sup>-1</sup> de PB em acessos de amendoim forrageiro (*Arachis* spp.). Menores produção de PB também foram reportadas por Menegatti *et al.* (2002) para gramíneas do gênero *Cynodon*, com valores médios de 0,523 t ha<sup>-1</sup> de PB para Coastcross e 0,531 t ha<sup>-1</sup> de PB para o Tifton 85.

Nesse trabalho, apesar da redução da relação folhas/caules assim como o teor de proteína bruta (Gráficos 3B a 5), constata-se que a *T. diversifolia* se destaca de forma significativa quando comparada com outras forrageiras, principalmente na produtividade de biomassa e produção de proteína bruta por área, indicando que por volta de 60 dias de rebrotação houve maior produção de massa e nutrientes e que sua composição quando colhida nessa idade pode ser usada em dietas para ruminantes.

## Conclusões

A colheita da *T. diversifolia* no período de inverno deve ser realizada entre 49 e 63 dias de rebrotação, com altura média de 225 cm, período em que a planta possui maior produção de proteína bruta por área e elevada produtividade sem comprometer o valor nutricional.

## Referências Bibliográficas

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; LOPES, R. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CECON, P. R.; QUEIROZ, D. S.; PEREIRA, D. H.; REIS, S. V. Análise de crescimento do capim elefante 'napier' adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 415-423, 2005.
- AUMONDE, T. Z.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; PEIL, R. M. N.; PEDÓ, T. Análise de crescimento do híbrido de mini melancia Smile® enxertada e não enxertada. **Interciencia**, Caracas, v. 36, n. 9, p. 677-681, 2011.
- BARREIRO, A. P.; ZUCARELI, V.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjeriço tratadas com reguladores vegetais. **Bragantia**, v. 65, n. 4, p. 563-567, 2006.
- BARBERO, L. M.; PRADO, T. F.; BASSO, K. C.; LIMA, L. A.; MOTTA, K. M.; KRÜGER, B. C.; MARTINS NETO, L. R.; SILVA, G. A. S. Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens. **Veterinária Notícias**, v. 19, n. 2, p. 71-85, 2014.
- CÂNDIDO, M. J. D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J. A. Duração do período de descanso e crescimento do dossel de *Panicum maximum* cv Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 398-405, 2005.
- CARVALHO, D. B. Análise de crescimento de girassol em sistema de semeadura direta. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v. 2, n. 4, p. 63-70, 2004.
- CASTRO FILHO, E. S.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. D. A.; SANTOS, G. R. D. A.; NETO, S., ADELSON, J.; ARAUJO, H. R. D. Dry matter yield and bromatological composition of gliricidia in different crop densities. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 1038-1043, 2016.
- CAVALCANTE, M. A. B.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. D. C.; RIBEIRO, K. G.; CHIZZOTTI, F. H. M.; PEREIRA, D. H. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: consumo e digestibilidades total e parcial dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2200-2208, 2005.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.V.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S., LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214 p. (INCT – Ciência Animal).
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013.
- EZE, J. M. O. The vegetative growth of *Helianthus annuus* and *Phaseolus vulgaris* as affected by seasonal factors in Freetown, Sierra Leone. **Annals of Botany**, v. 37, n. 2, p. 315-329, 1973.
- GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; MARTINEZ Y HUAMAN, C. A.; PACIULLO, D. S. C. Fotossíntese, Reservas Orgânicas e Rebrotas do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) sob Diferentes Intensidades de Desfolha do Perfilho Principal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2165-2175, 2002.
- GUALBERTO, R.; JÚNIOR, O. F. S.; COSTA, N. R.; BRACCIALLI, C. D.; GAION, L. A. Influência do espaçamento e do estágio de desenvolvimento da planta na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray. **Nucleus**, v. 8, n. 1, 2011.

HUNT, R.; THOMAS, B.; MURPHY, D. J.; MURRAY, D. Growth analysis individual plants. **Encyclopedia Applied Plant Sciences**. v. 2, p. 579-588, 2003.

LA O, O.; GONZÁLEZ, H.; OROZCO, A.; CASTILLO, Y.; RUIZ, O.; ESTRADA, A.; RÍOS, F.; GUTIÉRREZ, E.; BERNAL, H.; VALENCIAGA, D.; CASTRO, B. I.; HERNÁNDEZ, Y. Composición química, degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v. 46, n. 1, p. 47-53, 2012.

LAZO, J. A.; FRAGA, G. A.; SANTOS, L. D.T.; SAMPAIO, R. A. Comportamiento productivo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo con reposos diferentes en ambas épocas del año. **Livestock Research for Rural Development**, v.27, p.na, 2015.

LEZCANO, Y.; SOCA, M.; OJEDA, F.; ROQUE, E.; FONTES, D.; MONTEJO, I. L.; SANTANA, H.; MARTÍNEZ, J.; CUBILLAS, N. Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. **Pastos y Forrajes**, v. 35, n. 3, p. 275-282, 2012.

LOPES, N. F.; LIMA, M.G.S. **Fisiologia da Produção**. Viçosa, MG: UFV, 2015. 492 p.

LOPES, M. N.; POMPEU, R. C. F. F.; DA SILVA, R. G.; REGADAS FILHO, J. G. L.; BESERRA, L. T.; LACERDA, C. F. Trocas gasosas e índices de crescimento em capim-braquiária manejado sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 10-17, 2013.

MAHECHA, L.; ESCOBAR, J. P.; SUÁREZ, J. F.; RESTREPO, L. F. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). **Livestock Research for Rural Development**, v. 19, n. 2, p. 1-6, 2007.

MENEGATTI, D. D. P.; ROCHA, G. P.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de três gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 3, p. 633-642, 2002.

MIRANDA, C. H. B.; VIEIRA, A.; CADISCH, G. Determinação da fixação biológica de nitrogênio no amendoim forrageiro (*Arachis spp.*) por intermédio da abundância natural de <sup>15</sup>N. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1859-1865, 2003.

MOURA, R. L.; BONA, M. D. P. S. C.; RODRIGUES, M. M.; OLIVEIRA, M. E.; LOPES, J. B. Razão folha/caule e composição bromatológica da rebrota de estilosantes Campo Grande em cinco idades de corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 3, p. 249-254, 2011.

MINSON, D. J. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. In: Hacker, J.B. (Ed.). **Nutritional limits to animal production from pasture**. Farnham Royal, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1982. p.167-182.

NAVIA, A. V.; CASTAÑO, V. H.; GRISALES, S. O. Productividad de diferentes ecotipos de *Tithonia diversifolia* provenientes de la región cafetera y valle de rio cauca. **Revista Agroforestería Neotropical**, n. 4, 2014.

OLIVEIRA, M. A. O.; PEREIRA, O. G.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M.; GARCIA, R.; CECO, P. R. Análise de crescimento do capim-bermuta 'Tifton 85' (*Cynodon spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 06, p. 1930-1938, 2000.

OSUGA, I. M. ABDULRAZAK, S. A.; MULEKE, C. I.; FUJIHARA, T. Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in Kenya. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.10, n. 2, p. 632-635, 2012.

PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; LOPES, N. F.; VILELA, F. A.; MAUCH, C. R. Growth analysis and assimilate partitioning in physalis plants under leaf fertilization intervals. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2247-2256, 2013.



- PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p.51-76, 2011.
- RADFORD, P. J. Growth analysis formulae: their use and abuse. **Crop Science**, v. 7, n. 3, p.171-175, 1967.
- RAMBAU, M. D.; FUSHAI, F.; BALOYI, J. J. Productivity, chemical composition and ruminal degradability of irrigated Napier grass leaves harvested at three stages of maturity. **South African Journal of Animal Science**, v. 46, n. 4, p. 398-408, 2016.
- RICHARDS, F. J. The quantitative analysis of growth. In: STEWARD, F. C. (Ed.) **Plant Physiology: a treatise**. New York: Academic press, 1969. p. 3-76.
- REIS, M. M.; FERREIRA, G. A. P; ROCHA, L. M.; JUNIOR, R. M.; SANTOS, L.D.T.; COLEN, F.; SAMPAIO, R.A.; OLIVEIRA, F.G. CRUZ, L.R. Crescimento de *Tithonia diversifolia* submetida a doses de biofertilizante bovino na presença e ausência de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25., São Cristóvão. **Anais...** São Cristóvão: UFS, 2015.
- RODRIGUES, R. C.; MOURÃO, G. B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P. H. D. C.; HERLING, V. R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3, p. 394-400, 2008.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4th. Belmont: Wadsworth Pub. Co, 1992.
- SOUZA, L. C.; ZAMBOM, M. A.; GUNDT, S.; PASQUALOTTO, M.; DOS SANTOS, G. T.; CASTAGNARA, D. D.; DA SILVA KAZAMA, D. C. Composição química e degradabilidade ruminal de forragens e subprodutos agroindustriais na região oeste do Paraná. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 1, 2014.
- SOUZA, A. A.; ESPÍNDOLA, G. B. Bancos de proteína de leucena e de guandu para suplementação de ovinos mantidos em pastagens de Capim-Buffel. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 365-372, 2000.
- TENDONKENG, F.; ZOGANG, B. F.; SAWA, C.; BOUKILA, B.; PAMO, E. T. Inclusion of *Tithonia diversifolia* in multinutrient blocks for WestAfrican dwarf goats fed Brachiaria straw. **Tropical animal health and production**, v. 46, n. 6, p. 981-986, 2014.
- VAN SAO, N.; MUI, N. T.; VAN BINH, Đ. Biomass production of *Tithonia diversifolia* (Wild Sunflower), soil improvement on sloping land and use as high protein foliage for feeding goats. **Livestock Research for rural development**, v. 22, n. 8, p. 2010, 2010.
- VAN SOEST P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press; 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P. J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, v. 24, n. 3, p. 834-843, 1965.
- WANJAU, S.; MUKALAMA, J.; THIJSSSEN, R. Transferencia de biomasa: Cosecha gratis de fertilizante. **Boletín de ILEIA**, v. 13, n. 3, p. 25, 1998.
- WOLEDGE, J; LEAFE, E. L. Single Leaf and Canopy Photosynthesis in a Ryegrass Sward. **Annals of Botany**, v. 40, n. 4, p. 773-783, 1976.

## Capítulo 2 – Características fisiológicas e produção de componentes morfológicos de *Tithonia diversifolia* em diferentes idades de rebrotação

**Resumo:** A caracterização dos processos fisiológicos essenciais às plantas é fundamental para indicar condições de adaptação de espécies em determinados ambientes, além de possibilitar inferir sobre a capacidade de produção de fotoassimilados. Dessa forma, o estudo foi realizado com objetivo de avaliar o comportamento fisiológico e produção da *Tithonia diversifolia* em função da idade de rebrotação. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos foram determinados em função da idade de rebrotação, aos 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 e 84 dias. Avaliou-se a taxa fotossintética ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentração interna de carbono ( $C_i$ ), eficiência do uso da água ( $WUE$ ), massa seca das folhas e material senescente. As trocas gasosas da *T. diversifolia* apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os períodos de rebrotação para todas as variáveis analisadas. A taxa fotossintética e condutância estomática apresentaram comportamento quadrático ao longo das etapas fenológicas, com valores relativamente baixos no início do crescimento, com incremento entre 28 e 56 dias de rebrotação e posterior declínio. A eficiência no uso da água foi maior aos 45 dias de rebrotação. A concentração de  $CO_2$  na câmara subestomática ( $C_i$ ) alterou-se com incrementos significativos a partir do 32º dia de rebrotação até o fim do período de avaliação, comportamento inverso à taxa fotossintética. Para a transpiração constatou-se redução linear em função da idade da planta. A massa seca das folhas refletiu o balanço dos processos fisiológicos observados, com aumento gradual e posterior redução da produção líquida. O aumento da idade de rebrotação proporcionam alterações significativas das trocas gasosas e na capacidade fotossintética da *T. diversifolia* com incrementos na produção de massa seca de folhas e aumento da senescência foliar, portanto sugere-se o corte da forragem entre 49 e 63 dias de rebrotação, para otimizar a eficiência de utilização da forrageira.

**Palavras-chave:** Capacidade fotossintética. Capacidade adaptativa. Ecofisiologia. Girassol mexicano.

### Introdução

*Tithonia diversifolia* (Hemsl.). A. Gray conhecida comumente como girassol mexicano, botão-de-ouro, arnica-da-terra é uma angiosperma pertencente à família Asteraceae caracterizada como um arbusto de porte semi-herbáceo, originária da América Central e atualmente distribuída em toda parte dos trópicos úmidos e subúmido (RAMÍREZ-RIVIERA *et al.*, 2010).

É uma espécie de multipropósitos, utilizada principalmente para restaurar a fertilidade do solo devido ao alto teor de N e rápida decomposição (SANGAKKARA *et al.*, 2004). Adicionalmente pesquisadores a indicam como uma alternativa promissora para alimentação animal em função do valor nutricional (NIEVES *et al.*, 2011; TENDONKENG *et al.*, 2014) e rendimento de biomassa (LEZCANO *et al.*, 2012). Nesse sentido, a espécie apresenta características desejáveis para o uso

na alimentação de bovinos, ovinos, caprinos, coelhos e suínos, onde a forma de utilização pode ser *in natura*, silagem, feno ou farelo.

*T. diversifolia* também apresenta rápido estabelecimento com rebrotação vigorosa após sucessivos cortes e elevada adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (NIEVES *et al.*, 2011). Assim, a alta produção de biomassa decorre da rápida rebrotação e da possibilidade de se efetuar vários cortes ao longo do ano (MAHECHA; ROSALES, 2005).

O seu cultivo é recente no Brasil e existem poucas informações fitotécnicas de manejo da *T. diversifolia*. Informações sobre as respostas fisiológicas ao longo do crescimento da *T. diversifolia* são fundamentais para inferir sobre condições de estresse causados pelo ambiente, além de possibilitar indicar condições de crescimento apropriadas para essa cultura (ZHANG *et al.*, 2007).

Desse modo, estudar aspectos fisiológicos da *T. diversifolia* permite estabelecer a capacidade de captura de energia solar, de fixação de CO<sub>2</sub> e a síntese de produtos necessários para sustentar o desenvolvimento e crescimento das plantas. Diante do exposto, o experimento foi realizado com objetivo de avaliar o padrão de trocas gasosas e a capacidade fotossintética da *T. diversifolia*, bem como a produção de massa seca de folha e material senescente em diferentes idades de rebrotação.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda experimental do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), campus Montes Claros – MG, no período de maio a julho de 2016. A área experimental está situada na latitude 16°40'57,70" Sul, longitude 43°50'19,62" Oeste e 650 m de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As caracterizado como Tropical de Savana, com temperatura média mensal que varia de 22,8 (janeiro) a 18,3° C (julho) (ALVARES *et al.*, 2014). O solo foi classificado como Cambissolo Háptico eutrófico de textura argilo-siltosa (EMBRAPA, 2013). Os dados climáticos nos dias de avaliação são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Temperatura, umidade relativa e insolação durante os períodos de avaliação, Montes Claros - MG

Item	Dias após rebrotação										Média
	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	
Tmín. (°C)	15,4	17,3	17,8	13,5	15,2	18,7	10,8	12,4	15,4	14,9	15,1
Tmáx. (°C)	30,7	33,6	29,2	30,1	32,8	32,4	27,7	27,6	27,3	31,9	30,3
U.R. (%)	63,3	60,1	72,7	68,5	54,7	64,1	62,9	64,5	65,3	52,5	62,9
Insolação (h dia <sup>-1</sup> )	9,8	10,5	2,8	8,8	7,2	7,1	10,4	9,7	6,0	10,1	8,2

Tmín.- temperatura mínima; Tmáx. - temperatura máxima; U.R. - umidade relativa.

Fonte: INMET, 2016.

O plantio da *T. diversifolia* foi realizado em dezembro de 2014, utilizando-se partes de plantas cultivadas (estacas) no ICA/UFMG, distribuídos em sulcos de plantio, a uma profundidade de 0,10 m, com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,50 m entre plantas. Do plantio até o início do período experimental foram realizados cortes frequentes das plantas.

O experimento foi conduzido no período de maio a julho de 2016, o qual iniciou-se com a uniformização das plantas com um corte a 0,40 m do solo. A adubação foi utilizada de acordo com as recomendações para a cultura do girassol, em função da ausência de recomendações para a *T. diversifolia* na literatura. A área experimental foi mantida livre de plantas daninhas e submetida a irrigação pelo sistema de aspersão convencional, buscando manter o solo na capacidade de campo.

No início do período experimental, foram colhidas amostras de solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade para determinação da fertilidade do solo. A análise indicou as seguintes características físico-químicas: pH em água, 7,67; matéria orgânica, 36,60 g kg<sup>-1</sup>; P, 1,88 mg dm<sup>-3</sup>; K, 137,67 mg dm<sup>-3</sup>; Ca, 7,07 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg, 1,60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al, 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al, 1,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC, 10,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; saturação por bases, 89,67%; areia, 19,47%; silte, 38,80; argila, 41,73%.

O delineamento estatístico empregado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e dez idades de rebrotação da *T. diversifolia*. Os tratamentos consistiram em avaliações efetuadas em intervalos de sete dias, iniciando aos 21 após o corte de uniformização. Aos 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 e 84 dias após o corte de uniformização foram realizadas avaliações fisiológicas com a utilização de medidor de trocas gasosas no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA 4 (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), em campo aberto com livre circulação de ar. As avaliações foram feitas em quatro plantas escolhidas ao acaso na área experimental e em cada planta, três folhas do terço superior, completamente expandidas e aparentemente sem sintomas de doenças. As variáveis radiação, concentração de CO<sub>2</sub> e umidade foram fixadas em 1.200 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, 340 ppm e 18 mb, respectivamente, para minimizar as variações ambientais. Para condições ambientais mais homogêneas e leitura correta dos dados as avaliações foram realizadas entre 9 e 11h. As avaliações cessaram quando pelo menos 50% das plantas emitiram flores.

Foram medidas a taxa fotossintética (*A*) em μmol de CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, a condutância estomática de vapores de água (*g<sub>s</sub>*) em mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, a taxa de transpiração (*E*) em mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, a concentração de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática (*C<sub>i</sub>*) em μmol mol<sup>-1</sup>; a partir desses dados, calculou-se a eficiência do uso da água (*WUE*) em μmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O, pela razão entre a taxa fotossintética e quantidade de água transpirada.

A produção de folhas e material senescente foi realizado através de coletas sucessivas e simultâneas às análises fisiológicas. Para obtenção da massa seca, mediu-se a altura de 20 plantas da área experimental e com as medidas de altura foram calculadas a média aritmética simples. Com base na altura média observada em cada idade de rebrotação, quatro plantas foram selecionadas e cortadas a 0,40 m do solo e separadas em partes (folhas, caule e material senescente), pesadas, e a secagem foi realizada em estufa com circulação forçada a 60 °C até peso constante. Os valores obtidos foram extrapolados para kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, e, quando significativos, foi realizada a análise de regressão em função da idade de rebrotação, por meio dos programas estatísticos R-plus® 3.2.4 e Sigmaplot® versão 10.0. Os modelos de

regressão foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão e no coeficiente de determinação.

## Resultados e Discussão

As trocas gasosas da *T. diversifolia* apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre as idades de rebrotação, para todas as variáveis analisadas.

A taxa fotossintética de *T. diversifolia* apresentou alto ajuste quadrático da equação no decorrer do ciclo produtivo em relação aos dias após a rebrotação, com o valor máximo observado aos 39 dias de rebrotação ( $21,31 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) (Gráfico 1A). Imediatamente após, os valores de fotossíntese decresceram de forma acentuada, até o período final de avaliação.

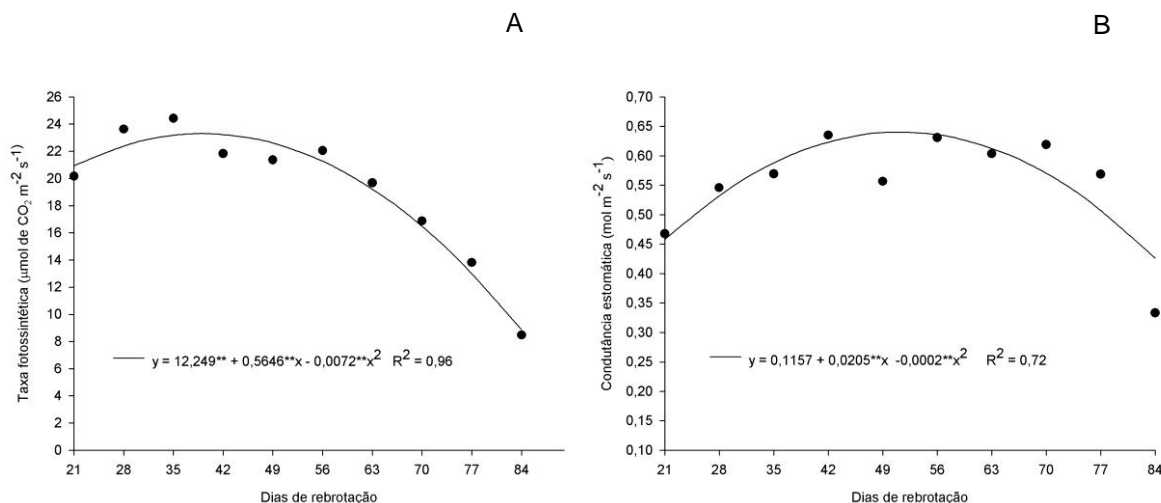
Conforme Larcher (2000) a capacidade fotossintética da planta altera-se durante o seu curso do desenvolvimento fisiológico. Nota-se que durante o início do crescimento da *T. diversifolia*, a taxa fotossintética assume valores relativamente baixos, as folhas ainda em expansão interceptam menos radiação, seus cloroplastos não estão totalmente funcionais e o processo de carboxilação não atingiu a capacidade máxima. Assim as folhas jovens totalmente diferenciadas aumentam sua capacidade de produzir fotoassimilados de forma contínua até o alcance da maturidade (TAIZ; ZEIGER 2013). O declínio das taxas fotossintéticas é observado nas folhas velhas e senescentes, resultado da degradação da clorofila e degeneração dos cloroplastos (SILVA *et al.*, 2013), o que pode ser visualizado em parte, as reduções no período final do ciclo da cultura (Gráfico 4).

As taxas fotossintéticas observadas nessa pesquisa são menores que as relatadas por Lopes *et al.* (2013) que constatarem valores de  $37,4 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  em capim-braquiária aos 10 dias de crescimento. Silva *et al.* (2013) encontraram valores superiores em plantas de girassol, espécie da mesma família da *T. diversifolia*, com  $A$  máxima de  $31,90 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  aos 52 dias após a semeadura. Da mesma maneira, Galon *et al.* (2010), ao avaliarem a taxa fotossintética de genótipos de cana-de-açúcar aos 85 dias após o plantio, observaram valores médios  $41,0 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Já Araújo *et al.* (2010) ao trabalharem com capim-elefante anão irrigado constatarem taxas fotossintéticas entre 15 a  $22 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , o que se assemelha aos valores de  $A$  observados neste trabalho. Vale ressaltar que todos esses trabalhos foram realizados no período do verão, que é caracterizado por altas temperatura e radiação, enquanto que o presente trabalho foi conduzido no período de inverno. Isso provavelmente explica a menor taxa fotossintética.

A condutância estomática ( $g_s$ ) também apresentou comportamento quadrático e observou-se que o maior valor médio  $0,64 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  foi registrado aos 51,25 dias de rebrotação (Gráfico 1B), apresentando padrões similares ao da taxa fotossintética (Gráfico 1A). Silva *et al.* (2013) sugerem que declínios das taxas fotossintéticas estejam relacionados com o fechamento parcial dos estômatos refletido pelo declínio da condutância estomática. Tal resultado corrobora com Bosco *et al.* (2009) ao afirmarem que o fechamento estomático e a consequente redução do fluxo de  $\text{CO}_2$  em direção ao sítio de carboxilação interferem negativamente na assimilação de  $\text{CO}_2$  por parte do aparato fotossintético. Assim, Streck (2003) acrescenta que os estômatos devem

funcionar de forma a otimizar a produção de matéria seca, equilibrando a fotossíntese e a transpiração, onde o máximo de absorção de CO<sub>2</sub> é vantajosa, no entanto, pode levar a desidratação da planta.

Gráfico 1 – Taxa fotossintética (A) e condutância estomática (B) de plantas de *Tithonia diversifolia* em diferentes idades de rebrotação

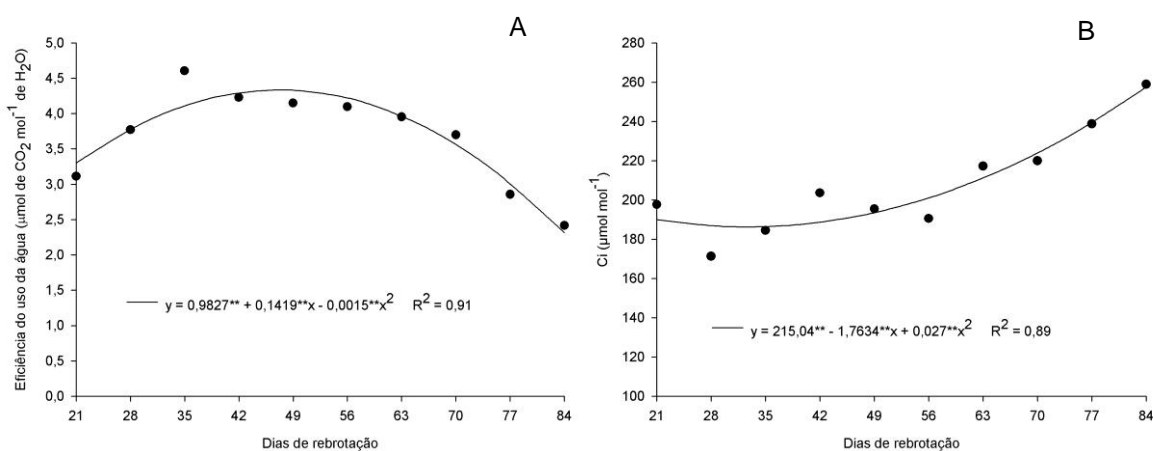


\*\*Significativo a 1% pelo teste t.  
Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

Segundo Brodribb e Holbrook (2003) a condutância estomática é proporcional ao número e tamanho dos estômatos e ao diâmetro da abertura do estômato, e que tais características dependem de fatores endógenos (formato e propriedades da parede celular) e ambientais. O controle estomático durante o processo de crescimento e desenvolvimento do vegetal altera-se com a expansão foliar, passagem para a fase reprodutiva e senescência, e também pela ação do ácido abscísico, ácido faseico, citocinina e giberelina que sintonizam o movimento de abertura e fechamento dos estômatos (LARCHER, 2000).

Analisando a regressão dos valores de eficiência do uso da água ajustada aos períodos de rebrotação da *T. diversifolia* (Gráfico 2A), verificou-se modelo quadrático com bom ajuste do modelo aos dados observados. Assim, plantas de *T. diversifolia* apresentaram aumento da eficiência no uso da água até 45 dias de rebrotação, com valor máximo de 4,3µmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O. A maior eficiência no uso da água está relacionada com um menor tempo de abertura do estômato, já que esta abertura proporciona tanto a absorção de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese quanto à perda de água por transpiração (PEREIRA NETO, 2002). Assim, Jaimez *et al.* (2005) reportam que os valores de eficiência de uso da água relacionam a quantidade de carbono que a planta fixa, por cada unidade de água que perde.

Gráfico 2 – Eficiência do uso da água (A) e concentração interna de carbono (B) de plantas de *Tithonia diversifolia* em diferentes idades de rebrotação

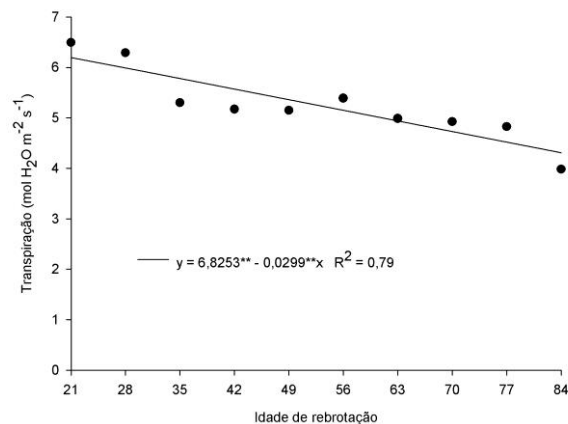


\*\*Significativo a 1% pelo teste t.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A concentração de  $\text{CO}_2$  na câmara subestomática ( $C_i$ ) alterou-se com incrementos significativos no decorrer do crescimento (Gráfico 2B). Quando a taxa fotossintética é considerada menor, a concentração de  $\text{CO}_2$  na câmara substomática tende a ser maior, existindo uma relação inversamente proporcional entre  $C_i$  e taxa fotossintética (CONCENÇO *et al.*, 2008). O que permite inferir que a provável degradação do aparato fotossintético, resultante da senescência foliar dos tecidos foi responsável pelo acúmulo de carbono interno no mesófilo foliar (Gráfico 4). Essa inferência também pode ser explicada pelo comportamento da condutância estomática, onde foi observado um decréscimo, a partir do 51º dia de crescimento. Assim, considerando somente a condutância seria esperada uma redução do  $C_i$  nos períodos finais, o que não foi observado devido redução da fotossíntese.

A taxa de transpiração ( $E$ ) avaliada nas dez idades de rebrotação da espécie forrageira demonstrou redução linear com o avanço da idade de rebrotação (Gráfico 3). A regulação de abertura e fechamento dos estômatos influencia na transpiração, quanto menor a abertura do estômato menor será a taxa de transpiração em função da maior resistência estomática. Entretanto, ao observar a  $g_s$  (Gráfico 1B) e  $E$  (Gráfico 3) da *T. diversifolia* nas primeiras idades de rebrotação (21 a 28 dias) constata-se baixa  $g_s$ , e elevada transpiração, consequência do reduzido dossel da cultura nesse estágio (Gráfico 4), que permite a ação de ventos e a remoção da camada limítrofe de circulação de ar na superfície foliar.

Gráfico 3 – Transpiração de plantas de *Tithonia diversifolia* em diferentes idades de rebrotação

\*\*Significativo a 1% pelo teste t.

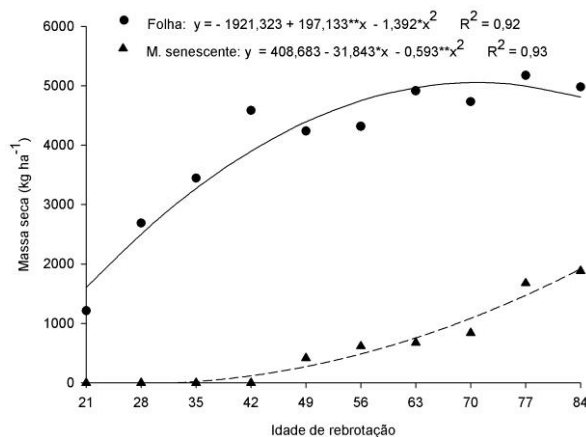
Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

Da fase intermediária até o início do florescimento da *T. diversifolia* a redução da transpiração pode ser explicada pelo aumento da resistência estomática, a partir do 51º dia após a rebrotação, período de baixa atividade fotossintética (Gráfico 1A) e que a planta busca economizar e melhorar a eficiência do uso da água. Condições microclimáticas impostas pela cobertura vegetal (menor velocidade do vento e déficit de pressão de vapor) também podem ter contribuído para redução da transpiração com o avanço das idades de rebrotação.

A análise de variância detectou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para a produção de massa seca de folhas e material senescente (Gráfico 4). O efeito da idade de rebrotação sobre a produção de folhas foi ajustado ao modelo quadrático e o rendimento máximo registrado aos 70,79 dias (5056,5 kg ha<sup>-1</sup>). A senescência das plantas iniciou aos 35 dias de rebrotação (Gráfico 4), com significativo aumento até o final do desenvolvimento. A intensificação do processo de senescência, principalmente das folhas basais, pode ser atribuída ao autossombreamento.



Gráfico 4 – Produção de massa seca de folhas e material senescente de plantas de *Tithonia diversifolia* em diferentes idades de rebrotação



\*\*Significativo a 1% pelo teste t.

Fonte: elaborado pelo autor, 2017.

Tais variações no acúmulo de biomassa de folhas e também de senescência foliar (Gráfico 4) permitem o monitoramento da dinâmica da produção fotossintética efetiva, resultado do balanço entre fotossíntese e transpiração, que confirma o comportamento dos processos fisiológicos observados para a *T. diversifolia*, principalmente a limitação na assimilação de carbono pelos tecidos foliares no início do crescimento (Gráfico 1A). Larcher (2000), porém, afirma que o incremento de biomassa não é definido somente pelo ganho de CO<sub>2</sub>, mas também ao controle hormonal da partição dos assimilados e ao padrão específico de crescimento da planta, dependente de interações complexas entre seus genes e seu ambiente.

Considerando-se o aspecto dinâmico tanto das condições ambientais como do crescimento e desenvolvimento da *T. diversifolia* nas diferentes idades de rebrotação, sugerem que tais variações observadas sobre as trocas gasosas podem também estar associadas simultaneamente com a variação dos fatores climáticos com os fisiológicos. Logo, sua capacidade fotossintética e potencial de produção podem ser incrementados em estações do ano que apresentem maior temperatura média e radiação solar, já que tais avaliações foram conduzidas no inverno.

## Conclusão

O aumento da idade de rebrotação proporcionam alterações significativas nas trocas gasosas e na capacidade fotossintética da *T. diversifolia* com incrementos na produção de massa seca de folhas e aumento da senescência foliar.

O período que associa maior produção de folha, maior fixação de carbono e pouca senescência da *T. diversifolia* está situado entre 49 a 63 dias de rebrotação, sendo esse, portanto o momento mais adequado para colheita e utilização da forragem.

## Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, S. A. C.; VASQUEZ, H. M.; CAMPOSTRINI, E.; NETTO, A. T.; DEMINICIS, B. B.; SILVA, É. S. Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.), em estresse hídrico-DOI: 10.4025/actascianimsci. v32i1. 8961. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 1-7, 2010.
- OLIVEIRA BOSCO, M.R.; OLIVEIRA, A.B.; HERNANDEZ, F.F.F.; LACERDA, C.F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 296-302, 2009.
- BRODRIBB, T. J.; HOLBROOK, N. M. Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. **Plant Physiology**, Chicago, v. 132, n. 4, p. 2166-2173, 2003.
- CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.
- CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A., GALON, L.; REIS, M. R.; D'ANTONIO, L.; VARGAS, L.; SILVA, L. V. B. D. Fotossíntese de biótipos de azevém sob condição de competição. **Planta daninha**, v. 26, p. 595-600, 2008.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013.
- GALON, L.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; BARBOSA, M. H. P.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; FRANÇA, A.C.; TIRONI, S. P. Influence of herbicides on the photosynthetic activity of sugarcane genotypes. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 591-597, 2010.
- JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCÍA-NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. Hartón (*Musa AAB*) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia horticultrae**, v. 104, n. 1, p. 79-89, 2005.
- JAMA, B.; PALM, C. A.; BURESH, R. J.; NIANG, A., GACHENGO, C., NZIGUHEBA, G.; AMADALO, B. *Tithonia diversifolia* as a Green manure for soil fertility improvement in Western Kenya: a review. **Agroforestry Systems**, v. 49, p. 201-201, 2000.
- LARCHER, W. (Ed.). **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo, SP: Rima Artes e Textos, 2003. 531p.
- LEZCANO, Y.; SOCA, M.; OJEDA, F.; ROQUE, E.; FONTES, D.; MONTEJO, I. L.; SANTANA, H.; MARTÍNEZ, J.; CUBILLAS, N. Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. **Pastos y forrajes**, v. 35, n. 3, p. 275-282, 2012.
- LOPES, M. N.; POMPEU, R. C. F. F.; DA SILVA, R. G.; REGADAS FILHO, J. G. L.; BESERRA, L. T.; DE LACERDA, C. F. Trocas gasosas e índices de crescimento em capim-braquiária manejado sob lâminas de irrigação e idades de crescimento. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 10-17, 2013.
- MAHECHA, L.; ROSALES, M. Valor nutricional del follage de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. **Livestock Research for Rural Development**, v.17, n.9, 2005.
- NIEVES, D.; TERÁN, O.; CRUZ, L.; MENA, M.; GUTIÉRREZ, F.; LY, J. Digestibilidad de nutrientes en follage de árnica (*Tithonia diversifolia*) em conejos de engorde. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.14. n.1. p.309-314, 2011.

- PEREIRA-NETTO, A. B.; WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, RIN. Crescimento e desenvolvimento. **Fisiologia vegetal-produção e pós-colheita**. Curitiba: Champagnat, 2002. p. 17-42.
- RAMÍREZ-RIVERA, U.; SANGINÉS-GARCÍA, J. R.; ESCOBEDO-MEX, J. G.; CEN-CHUC, F.; RIVERA-LORCA, J. A.; LARA-LARA, P. E. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. **Agroforestry systems**, v. 80, n. 2, p. 295-302, 2010.
- SANGAKKARA, U. R.; LIEDGENS, M.; SOLDATI, A.; STAMP, P. Root and shoot growth of maize (*Zea mays*) as affected by incorporation of *Crotalaria juncea* and *Tithonia diversifolia* as green manures. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 190, p. 339–346, 2004.
- SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; FREITAS, C. A. S.; PEREIRA FILHO, J. V.; CASTRO, J. C. M. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.86-93, 2013.
- STRECK, N. A. Stomatal response to water vapor pressure deficit: an unsolved issue. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.4, p.317-322, 2003.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- TENDONKENG, F.; ZOGANG, B. F.; SAWA, C.; BOUKILA, B.; PAMO, E. T. Inclusion of *Tithonia diversifolia* in multinutrient blocks for West African dwarf goats fed *Brachiaria* straw. **Tropical animal health and production**, v. 46, n. 6, p. 981-986, 2014.
- ZHANG, S. B.; HU, H.; XU, K.; LI, Z. R.; YANG, Y. P. Flexible and reversible responses to different irradiance levels during photosynthetic acclimation of *Cyrtopodium guttatum*. **Journal of plant physiology**, v. 164, n. 5, p. 611-620, 2007.