

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

LISANDRA DOS SANTOS SILVA

**INFLUÊNCIA DO PORTE DA PLANTA E DO SISTEMA DE CULTIVO  
SOBRE O CRESCIMENTO DE CAPIM-ELEFANTE (*Cenchrus purpureus*  
(Schumach.) Morrone)**

**RECIFE**

**2021**

**LISANDRA DOS SANTOS SILVA**

**INFLUÊNCIA DO PORTE DA PLANTA E DO SISTEMA DE CULTIVO  
SOBRE O CRESCIMENTO DE CAPIM-ELEFANTE (*Cenchrus purpureus*  
(Schumach.) Morrone)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Área de concentração: Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha

Coorientador(es): Prof. Dr. Valdson José da Silva  
Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello

**RECIFE**

**2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S586i

Silva, Lisandra dos Santos  
INFLUÊNCIA DO PORTE DA PLANTA E DO SISTEMA DE CULTIVO SOBRE O CRESCIMENTO DE  
CAPIM-ELEFANTE (*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone) / Lisandra dos Santos Silva. - 2021.  
51 f. : il.

Orientador: Marcio Vieira da Cunha.  
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,  
Recife, 2021.

1. Capim-elefante. 2. *Clitoria ternatea* L.. 3. Taxa de crescimen. 4. interceptação de luz. 5. taxa de crescimento absoluto. I. Cunha, Marcio Vieira da, orient. II. Título

CDD 636

---

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**INFLUÊNCIA DO PORTE DA PLANTA E DO SISTEMA DE CULTIVO  
SOBRE O CRESCIMENTO DE CAPIM-ELEFANTE (*Cenchrus purpureus*  
(Schumach.) Morrone)**

Dissertação elaborada por

LISANDRA DOS SANTOS SILVA

Aprovado em ...../...../.....

BANCA EXAMINADORA

Orientador:

---

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Examinadores:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mércia Virgínia Ferreira dos Santos  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

---

Dr. Janerson José Coelho  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

## DEDICATÓRIA

### *Aos meus pais*

Manoel Gaspar da Silva (*in memoriam*) e Maria Silva dos Santos, por terem lutado e sonhado junto comigo e não me desampararem em momento algum.

### *À minha família*

Por sempre me incentivar e vibrar por cada uma das minhas conquistas.

### *Aos amigos e colaboradores*

Por todo apoio e ajuda para a realização deste projeto.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos e por me conceder forças para enfrentar e concluir este desafio.

Aos meus pais, por sonharem e acreditarem junto comigo que seria possível, pelo apoio e carinho que sempre tiveram comigo. Amo vocês!

Ao meu noivo, Orlando Jr., por estar comigo nessa jornada, sempre me apoiando e incentivando a melhorar.

À minha amiga e companheira de casa, Roberta, por tanto apoio e cuidado nesses anos de convivência desde a graduação, sou grata pela sua amizade.

Ao meu orientador, Professor Dr. Márcio Vieira da Cunha, pelo acompanhamento e apoio nesses dois anos de curso, pela dedicação e atenção durante o desenvolvimento, execução do projeto e preparação da dissertação. Muito obrigada!

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de cursar o Mestrado e desenvolver este projeto.

Aos meus coorientadores, Professor Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello e Professor Dr. Valdson José da Silva, por todo o acompanhamento e pela orientação prestada na execução do projeto e na preparação da dissertação. Minha gratidão.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, por todos os conhecimentos e experiências repassadas. Meus sinceros agradecimentos.

A todo grupo da Forragicultura, por todas as experiências e colaboração.

Aos amigos e colegas da Pós-Graduação, que me apoiaram e me ajudaram a vencer os desafios aqui encontrados, em especial, à Rita de Cássia Manso Silva e Erivânia Rodrigues Costa, pela disponibilidade e por ajudarem a desenvolver este projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa que permitiu a minha permanência no Programa de Pós-Graduação.

À Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do Carpina, em nome de Dr. Djalma Euzébio e toda sua equipe, pelo auxílio na condução do experimento em campo.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da construção deste trabalho. Deus abençoe a todos!

*“Educar não é cortar asas, mas sim  
orientar o voo”*

*Aisha Linda*

**RESUMO:** O estudo do crescimento do capim-elefante [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone] pode auxiliar na compreensão das diferenças produtivas e qualitativas entre o porte da planta e os sistemas de cultivo. Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar atributos estruturais e índices de crescimento de genótipos de capim-elefante de diferentes portes (porte alto: IRI-381 e Elefante B; porte baixo: Mott e Taiwan A-146 2.37) em monocultivo e consorciados com Cunhã (*Clitoria ternatea* L.) ao longo do período de rebrota, em diferentes épocas do ano (chuvosa e seca). Os tratamentos experimentais foram casualizados em blocos completos, em arranjo fatorial (2 x 2), sendo dois portes (genótipos de porte alto e baixo) e dois sistemas de cultivo (monocultivo e consorciado). Foram estudadas, a cada 15 dias, a altura da planta e do colmo, índice de área foliar, interceptação de luz, taxas de crescimento absoluto, crescimento relativo e assimilação líquida, área foliar específica, razão de área foliar e o coeficiente de extinção luminosa das gramíneas. O consórcio com Cunhã e o porte da planta promoveu menor crescimento do capim-elefante, de forma isolada, independentemente do período do ano. Os índices de crescimento apresentaram resposta específica para cada período do ano, de acordo com a idade de rebrota, sistema de cultivo e porte da planta. No período chuvoso, a taxa de crescimento absoluto foi maior nos genótipos sob monocultivo apenas aos 60 dias ( $135,94 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  no monocultivo vs.  $50,51 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , sob consórcio), enquanto a taxa de crescimento relativo foi maior nos genótipos de porte alto, independentemente da idade de rebrota, com médias de  $0,14 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  para o porte alto e  $0,13 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  para o porte baixo. No período seco, os genótipos sob monocultivo e de porte alto não apresentaram índices de crescimento diferentes daqueles consorciados com Cunhã e de porte baixo. Esses resultados podem auxiliar na definição de estratégias diferenciadas para o manejo de corte do capim-elefante consorciado com a Cunhã, conforme o porte da planta da gramínea, em diferentes períodos do ano.

**Palavras-chave:** altura da planta, *Clitoria ternatea* L., índice de área foliar, interceptação de luz, taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo.



**ABSTRACT:** Studying the growth of elephant grass [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone] can help to understand the productive and qualitative differences between plant size and cropping systems. In this context, the present study aimed to evaluate structural attributes and growth indices of elephant grass genotypes of different sizes (high size: IRI-381 and Elephant B; low size: Mott and Taiwan A-146 2.37) in monoculture and intercropped with butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) throughout the regrowth period at different season of the year (wet and dry season). The experimental treatments were randomized in complete blocks, in a factorial arrangement ( $2 \times 2$ ), with two sizes (short and tall genotypes) and two cropping systems (monoculture and intercropping). Plant and stem height, leaf area index, light interception, absolute growth, relative growth and net assimilation rates, specific leaf area, leaf area ratio and light extinction coefficient were studied every 15 days. The intercropping with butterfly pea and the size of the plant promotes lower growth of elephant grass, in isolation, regardless of the season of the year. The growth indices showed a specific response for each season of the year, according to the regrowth age, cropping system and plant size. In the wet season, the absolute growth rate was higher in genotypes under monoculture only at 60 days ( $135.94 \text{ g.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$  in monoculture vs.  $50.51 \text{ g.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$ , under intercropping), while the relative growth rate was higher in tall genotypes, regardless of regrowth age, with averages of  $0.14 \text{ g.g}^{-1}.\text{day}^{-1}$  for tall genotypes and  $0.13 \text{ g.g}^{-1}.\text{day}^{-1}$  for short genotypes. In the dry season, the growth of the genotypes under monoculture and with tall size did not show growth indices different from those intercropped with butterfly pea and with short size. These results can help to define different cutting management strategies for elephant grass intercropped with butterfly pea, as well as according to the size of the grass plant, at different season of the year.

**Keywords:** plant height, *Clitoria ternatea* L., leaf area index, light interception, absolute growth rate, relative growth rate.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Precipitação pluvial mensal (mm) e temperatura média do ar (°C) na Estação Experimental de Cana-de-açúcar (EECAC – UFRPE), Carpina-PE, anos de 2019 e 2020. Fonte: APAC (2020). .... 24
- Figura 2** – Altura da planta e do colmo de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento, sistemas de cultivo (A e B) e porte da planta (C e D) no período chuvoso de 2019..... 28
- Figura 3** – Índice de área foliar (IAF) (A) e interceptação luminosa (IL) (B) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento e sistema de cultivo no período chuvoso de 2019..... 29
- Figura 4** – Taxa de crescimento absoluto (TCA) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento e sistema de cultivo no período chuvoso de 2019..... 31
- Figura 5** – Taxa de crescimento relativo (TCR) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento (A) e conforme o porte da planta, alto e baixo (B) no período chuvoso de 2019. .... 32
- Figura 6** – Taxa de assimilação líquida (TAL) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento no período chuvoso de 2019. .... 33
- Figura 7** – Área foliar específica (AFE) (A) e razão de área foliar (RAF) (B) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento, no período chuvoso de 2019. .... 34
- Figura 8** – Coeficiente de extinção luminosa (k) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento, no período chuvoso de 2019. .... 35
- Figura 9** – Altura da planta (A) de capim-elefante em função dos dias de crescimento e sistemas de cultivo e altura de colmo (B) de cultivares capim-elefante em função dos dias de crescimento, no período seco de 2020..... 36
- Figura 10** – Índice de área foliar (IAF) do capim-elefante em função dos dias de crescimento, sistema de cultivo (A) e porte da planta (B), no período seco de 2020..... 37
- Figura 11** – Interceptação luminosa (IL) do capim-elefante em função dos dias de crescimento e sistemas de cultivo no período seco de 2020. .... 38
- Figura 12** – Taxa de crescimento relativo (TCR) (A) e taxa de assimilação líquida (TAL) (B) do capim-elefante em função dos dias de crescimento no período seco de 2020. .... 39
- Figura 13** – Área foliar específica (AFE) do capim-elefante em função dos dias de crescimento no período seco de 2020..... 40
- Figura 14** – Coeficiente de extinção luminosa (K) do capim-elefante em função dos dias de crescimento no período seco de 2020..... 41

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Capim-elefante: classificação botânica, origem e aspectos gerais.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1.1. Porte da planta .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Cunhã (<i>Clitoria ternatea</i> L.).....</b>	<b>17</b>
<b>2.3. Consorciação gramíneas x leguminosas .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4. Análise de crescimento em plantas .....</b>	<b>20</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>42</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A produção animal vem sendo intensificada por meio do aumento da eficiência na exploração do potencial produtivo das gramíneas forrageiras tropicais, promovendo melhoria na capacidade produtiva do sistema a partir do suprimento de forragem em quantidade e qualidade (MARTINS et al., 2020). Diante disso, para que se mantenha a sustentabilidade do sistema, faz-se necessário a compreensão dos aspectos de crescimento das plantas forrageiras, e assim, haja êxito na escolha do manejo a ser empregado.

Devido ao seu elevado potencial produtivo, aceitabilidade pelos animais, vigor e boa persistência, além de ter considerável adaptação em regiões de clima tropical e subtropical do mundo, o capim-elefante [*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone] tornou-se uma das mais importantes forrageiras cultivadas (CAVALCANTE et al., 2013; CUNHA et al., 2013; EMERENCIANO NETO et al., 2019). Dada a grande variabilidade genotípica dessa gramínea, as características morfológicas, agronômicas e qualitativas se apresentam de diferentes formas entre os genótipos, possibilitando a diversificação de sua utilização, seja sob corte (genótipos de porte alto) ou pastejo (genótipos de porte baixo), e cultivo, podendo ser solteiro ou consorciado (ARAÚJO et al., 2011).

Entretanto, a superioridade do capim-elefante, na produção de biomassa, tem sido atribuída a um maior alongamento de colmo (GARCIA et al., 2011), sendo a altura um indicador da produção de matéria seca. Atrelado ao rápido alongamento de colmos e avanço da idade das plantas dos genótipos de capim-elefante de porte alto, há uma perda considerável da qualidade da forragem colhida. Contudo, nos genótipos de porte baixo, essas perdas são menores em função da lenta taxa no acúmulo de colmos (CHAVES et al., 2016).

As gramíneas forrageiras em monocultivo possuem alta demanda de adubação nitrogenada, notadamente em capineiras, ao passo que as leguminosas possuem elevada capacidade de incorporar N ao sistema de produção (AGUIRRE et al., 2014; CALVO et al., 2010). As leguminosas forrageiras possuem a capacidade de fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, além de elevado valor nutritivo, e podem ser essenciais para aumentar a produtividade (JÚNIOR et al., 2020; TAMBARA et al., 2017).

O consórcio de gramíneas e leguminosas visa: 1) antecipar e aumentar o período de utilização e estabilidade da produção forrageira; 2) melhorar a qualidade da forragem e fertilidade do solo; 3) aumentar a produção animal; 4) reduzir a emissão de GEE (Gases de Efeito Estufa); 5) diminuir a utilização de fertilizantes nitrogenados (BODDEY et al., 2020; DIEHL et al., 2013). Entre as opções de leguminosas forrageiras tropicais para consórcio com gramíneas está a Cunhã (*Clitoria ternatea* L.) (AGUIAR et al., 2010). A Cunhã é uma

leguminosa perene, herbácea, de clima tropical, com elevado potencial para cultivo na região Nordeste, podendo ser utilizada em sistemas de lotação rotativa, banco de proteína, forragem verde, feno, adubação verde e em consórcio com gramíneas (PEREIRA et al., 2020).

O sucesso de um consórcio está intimamente relacionado à escolha correta das forrageiras envolvidas. Para isso, é importante conhecer as características morfológicas e fisiológicas, a ecologia e os padrões de crescimento das espécies envolvidas. A definição do crescimento de uma planta diz respeito ao aumento no tamanho, volume e biomassa aérea de um ou mais órgãos da planta em um dado intervalo de tempo (ALVAREZ et al., 2005). A quantificação dessas variáveis pode ser feita através de métodos destrutivos que envolvem a colheita da biomassa da planta ou dossel, ou por métodos não destrutivos, os quais podem determinar o aumento em altura e volume e estimar o índice de área foliar (BEZERRA et al., 2020).

Como ferramenta de avaliação das espécies e/ou genótipos de plantas, a análise de crescimento demonstra ser uma técnica válida, já que permite evidenciar as interações do meio na expressão genética e agrônômica das plantas forrageiras, além de permitir que os processos de fotossíntese, respiração e alocação de fotoassimilados também sejam integrados à verificação mediante estimativas de índices morfofisiológicos (ALEXANDRINO et al., 2005). Essas medidas ajudam a esclarecer as diferenças no crescimento das plantas associadas às suas adaptações, bem como seu potencial produtivo sob condições diversas de desenvolvimento e os efeitos do ambiente ao longo do tempo (PEREIRA et al., 2011). Assim, as características morfológicas e fisiológicas podem ser integradas nas estimativas de taxa de crescimento relativo e nas relações entre a área foliar e a matéria seca produzida (SILVA et al., 2016).

Nesse contexto, ao incluir leguminosas fixadoras de nitrogênio nos sistemas de cultivo com gramíneas, ocorrem diversos benefícios tanto para a produtividade quanto para a qualidade da cultura. No entanto, pode haver interferências no crescimento das espécies.

Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar os atributos estruturais e os índices de crescimento de genótipos de *capim-elefante*, considerando seus diferentes portes, em monocultivo e consorciados com Cunhã, além do período de rebrota em épocas distintas do ano.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Capim-elefante: classificação botânica, origem e aspectos gerais**

O capim-elefante foi inicialmente descrito e classificado taxonomicamente como *Pennisetum purpureum* Schumach (PEREIRA et al., 2001; PEREIRA et al., 2016) e, após as

mudanças no gênero, foi proposta a mudança na denominação da espécie para *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. Atualmente, é considerada como uma espécie pertencente à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Paniceae* e gênero *Cenchrus* L. (PEREIRA et al., 2016). Existe um número relativamente grande de cultivares, tanto de porte alto como de porte baixo, sendo os principais: Mineiro, Napier, Cameroon, Taiwan, Roxo de Botucatu e Mott (PEREIRA et al., 2000).

Nativo da África, o capim-elefante tem como territórios de maior variabilidade genética as regiões de Guiné, Moçambique, Angola, Zimbábue e sul do Quênia, onde ocorre em vales férteis, com precipitação anual em torno de 1.000 mm (DALL'AGNOL et al., 2004). Seu potencial forrageiro foi reconhecido no início do século XX, pelo Coronel Napier, sendo então introduzido em grande parte dos trópicos úmidos do mundo (FREITAS et al., 2010).

No território brasileiro, a introdução do capim-elefante é relatada de duas formas, sendo uma no Rio Grande do Sul, com estacas advindas dos Estados Unidos, em 1920, e a outra, através de mudas dos genótipos Mercker (Elefante B) e Napier (Elefante A), trazidas de Cuba para o estado de São Paulo, no ano de 1921. Posteriormente, houve a propagação para os outros estados do Brasil (CUNHA et al., 2007). Atualmente, encontra-se disseminado por todo o território, devido à sua adaptação às condições climáticas que predominam em grande parte do país.

Caracterizado como uma gramínea perene, de crescimento cespitoso, o capim-elefante possui colmos eretos e dispostos em touceiras, raízes rizomatosas, altura que varia conforme o porte da planta. Além disso, pode ser do tipo anão, com os entrenós curtos, ou de porte alto, com entrenós mais espaçados. Os colmos são cilíndricos, lisos, cheios e formados por nós proeminentes. A lígula é curta, ciliada e apresenta inflorescência na forma de panícula (SHIMOYA et al., 2002). A propagação dessa gramínea é comumente realizada de forma vegetativa, como uma estratégia para fixar características de interesse em determinado genótipo, e devido à baixa germinação das sementes que, quando germinam, apresentam população de plantas desuniformes (ASSIS et al., 2010). No entanto, existem genótipos de propagação por sementes, destacando-se o Paraíso, um híbrido resultado do cruzamento do capim-elefante comum com o milheto (*Pennisetum americanum* L.) (FLORES et al., 2012).

Segundo Nunes et al. (2013), o capim-elefante é uma espécie alotetraplóide ( $2n=4x=28$ ), que possui número básico de cromossomos igual a 7, e germoplasma composto por clones, variedades e híbridos intra e interespecíficos. Visando combinar a perenidade, qualidade, quantidade de forragem produzida, resistência às pragas e doenças, bem como a viabilidade de

sementes para propagação da espécie, são realizadas as hibridações inter e intraespecíficas entre genótipos de *Pennisetum* spp. (FERREIRA et al., 2013).

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), juntamente com o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), iniciaram na década de 1960 um programa de melhoramento genético do capim-elefante e de seus híbridos com Milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.]. O programa vem realizando pesquisas em diferentes fases, por meio da introdução e obtenção de novos genótipos mediante cruzamentos que, posteriormente, são avaliados sob corte e pastejo.

Nos trabalhos realizados através dessa parceria, vêm sendo estudados genótipos de porte alto como, por exemplo, o Elefante B, também denominado de Merker, um dos primeiros genótipos introduzidos no Brasil, bem como o IRI – 381, introduzido em Pernambuco por material de propagação derivado do IRI (IBEC Research Institute) e cultivado primeiramente na Estação Experimental do IPA de Itambé-PE, sendo estes recomendados para uso em capineira na Zona da Mata de Pernambuco (FREITAS et al., 2009; LIRA et al., 2010). Outros trabalhos da mesma parceria avaliaram genótipos de porte baixo, como o Mott, proveniente dos Estados Unidos e que foi introduzido no Brasil na década de 1980, e o Taiwan A – 146 2.37, obtido por meio da autofecundação de outros genótipos do grupo Taiwan no programa de melhoramento genético do capim-elefante, realizado no estado de Pernambuco pela parceria IPA/UFRPE (SILVA, 2006).

Dentre os genótipos já estudados na Zona da Mata de Pernambuco, Silva et al. (2009) destacaram como promissor o Taiwan A. 146-2.37, pois este apresentou alto perfilhamento, o que representa uma característica favorável no melhoramento genético. Ao trabalharem com o genótipo IRI-381, Silva et al. (2008) observaram que este apresentou produtividade adequada para pastejo de bovinos, também na Zona da Mata de Pernambuco. Outro material de grande importância e bastante utilizado na região é a cultivar Mott, sendo considerada a de maior difusão do grupo dos capins-elefante anões. Suas principais características são a alta relação folha/colmo, alto valor nutritivo e produtividade de forragem (ARAÚJO et al., 2011; CUNHA et al., 2011; SILVA et al., 2021a; VIANA et al., 2015; VIANA et al., 2018).

O elevado potencial produtivo, com produtividade média de 4,25 t MS/ha<sup>-1</sup> e 7,10 t MS/ha<sup>-1</sup>, para genótipos de porte baixo e alto, respectivamente, aos 60 dias (CUNHA et al., 2011; LEÃO et al., 2012; SANTOS et al., 2001; SILVA et al., 2010a; VIDAL et al., 2017), variando de 20 a 60 t MS/ha<sup>-1</sup> por ano (BUENO et al., 2020; NA et al., 2015; NOVO et al., 2016; QUEIROZ FILHO et al., 1998; QUEIROZ FILHO et al., 2000; QUESADA, 2005) e adaptabilidade, em comparação a outras gramíneas tropicais, faz do capim-elefante uma

forageira versátil, o que possibilita ser utilizado de diferentes formas, seja sob pastejo, na forma de capineira ou como forragem conservada (silagem ou feno picado) (MEINERZ et al., 2011; PEREIRA et al. 2010).

### **2.1.1. Porte da planta**

A superioridade para produção de biomassa apresentada pelo capim-elefante tem sido associada ao elevado desenvolvimento de seus colmos (GARCIA et al., 2011), sendo a altura um indicador da produção de matéria seca. Essa maior altura da planta, seja devido à genética do porte ou ao avanço da idade fisiológica da planta forrageira, reduz progressivamente a proporção de lâminas foliares, à medida que se intensifica o processo de alongamento do colmo, resultando numa menor relação folha/colmo (FERREIRA et al., 2013; SILVA et al., 2021b). Com isso, há uma perda considerável da qualidade da forragem colhida. Contudo, nos genótipos de porte baixo, estas perdas são menores em função da lenta taxa no acúmulo de colmos (CHAVES et al., 2016).

De forma geral, o porte dos cultivares de capim-elefante influenciam na produção de matéria seca (MS) e no valor nutritivo da forragem colhida, afetando o ganho de peso dos animais. Segundo Viana et al. (2018), isso é justificado, sobretudo, devido ao maior alongamento de colmo nas plantas de porte alto, o que favorece a redução gradativa da relação folha/colmo. Como consequência, o valor nutritivo e a digestibilidade diminuem, pois, há um aumento na proporção de colmo em detrimento da proporção de folha.

As folhas possuem teores de proteína bruta e coeficientes de digestibilidade mais elevados quando comparadas ao colmo, sendo que este último possui células com maior espessura da parede celular, que elevam os níveis da fração fibrosa da forragem (PACIULLO et al., 1998; SANTOS et al., 2013). Também, de acordo com Silva et al. (2009), o maior alongamento dos colmos acaba se tornando um forte dreno de nutrientes e assimilados, acumulando tecidos de sustentação.

Alguns autores (SILVA et al., 2011; LEMOS, 2020) encontraram média de 89,4 g.kg<sup>-1</sup> de PB, 710 g.kg<sup>-1</sup> de FDN e 552,7 g.kg<sup>-1</sup> de DIVMS para os genótipos de porte alto (IRI 381 e Elefante B) aos 60 dias. Para os genótipos de porte baixo Mott e Taiwan A-146 2.37, sob corte aos 60 dias de idade, Peixoto (2018) observou valores médios de 79,0 g.kg<sup>-1</sup> de PB, 651,2 g.kg<sup>-1</sup> de FDN e 673,0 g.kg<sup>-1</sup> de DIVMS, e Lemos (2020) encontrou médias de 106,6 g.kg<sup>-1</sup> de PB, 650,4 g.kg<sup>-1</sup> de FDN e 550,35 g.kg<sup>-1</sup> de DIVMS para os dois genótipos.

Silva et al. (2021a), ao avaliarem cultivares de capim-elefante de porte baixo (Mott e Taiwan A-146 2.37) constataram ganho médio diário de 70,81 g.dia<sup>-1</sup> em ovinos. Viana et al.



(2018) avaliaram cinco genótipos de capim-elefante sob pastejo, sendo dois de porte alto (IRI-381 e Elefante B) e três de porte baixo (Mott, Taiwan A-146 2.37 e Taiwan A-146 2.114). Foi observado que o Mott e o Taiwan A-146 2.114 se destacaram por apresentarem comprimento de entrenós reduzido, com médias de 3,9 e 4,7 cm, além de maior relação folha/colmo (média de 1,42). A altura da planta entre os clones diferiu em todos os ciclos de pastejo, onde o Mott apresentou média geral de 68,3 cm. Os clones de porte, principalmente IRI-381, apresentaram alturas médias de plantas superiores, com média geral de 113,8 cm. Portanto, a altura média dos clones de porte baixo foi 28,6% menor que a dos de porte alto. As alturas mais baixas das plantas, combinadas com relação folha/colmo mais altas, dos clones de porte baixo Mott e Taiwan A-146 2.114 mostram seu maior potencial para adaptação e manejo sob pastejo por pequenos ruminantes.

## **2.2. Cunhã (*Clitoria ternatea* L.)**

A Cunhã (*Clitoria ternatea* L.) é uma espécie forrageira tropical, herbácea, de ciclo perene, vigorosa e de boa persistência, pertencente à família *Fabaceae* (leguminosas), subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, e subtribo *Clitoriinae* (ABREU et al., 2014). Apresenta folhas pinadas com 5 ou 7 folíolos, com pecíolos de 1,5 a 3 cm de comprimento. As flores são axilares, simples ou emparelhadas, com cor variando de branco, malva, azul-claro a azul-escuro (COOK et al., 2020). Essa leguminosa possui elevado potencial para cultivo na região Nordeste, podendo ser utilizada em sistemas de lotação rotativa, banco de proteína, forragem verde, feno, adubação verde e consórcios com gramíneas (PEREIRA et al., 2020).

Um dos problemas que dificultam o plantio e podem limitar o estabelecimento da Cunhã é a baixa germinação das sementes (MISTURA et al., 2010). Entretanto, a escarificação com areia, água quente, ácido sulfúrico ou hidróxido de sódio possibilita o aumento da germinação, alcançando até 80% (BARROS et al., 2004). Segundo Oguis et al. (2019), a Cunhã tem sido estudada para diversas finalidades, dentre elas, o uso na agricultura, em medicamentos e em pesticidas. Inicialmente a Cunhã era cultivada de forma exclusiva (monocultivo), objetivando a utilização na alimentação de rebanhos por curtos períodos, como banco de proteínas, forragem fresca no cocho ou ainda sob pastejo.

Com a utilização progressiva dessa forrageira, a semeadura com outras plantas forrageiras, nativas ou exóticas, foi adotada como uma alternativa eficiente para cultivo e produção de forragem (PEREIRA et al., 2020), pois suas raízes produzem grandes nódulos que abrigam bactérias fixadoras de nitrogênio (OGUIS et al., 2019), tornando-a uma planta ideal para uso em sistema de rotação de culturas e consórcios promissores para alimentação animal.

Ao avaliarem o efeito do consórcio entre o Capim-elefante e a Cunhã, Araújo Filho et al. (1996) obtiveram resultados positivos quanto ao aumento da produtividade do sistema e melhoria do valor nutritivo da forragem colhida, em comparação ao sistema de cultivo solteiro.

Mistura et al. (2011) relatam que essa espécie, entre as leguminosas tropicais, possui potencial de exploração na região semiárida brasileira, em todas as formas de utilização possíveis. Ainda de acordo com estes autores, devido à sua rápida propagação e capacidade de rebrota, a Cunhã apresenta cobertura da superfície do solo mais rápida que outras leguminosas como, por exemplo, o *Arachis pintoi*.

De acordo com Abreu et al. (2014), a Cunhã produz forragem com valor nutritivo comparável às culturas de leguminosas forrageiras cultivadas tradicionalmente (por exemplo, alfafa ou trevo), apesar do possível efeito linear positivo da maturidade sobre os teores de FDN e lignina em suas folhas. Silva (2011) relata produção média de MS da Cunhã, aos 65 dias, de 4,88 t MS.ha<sup>-1</sup>. Quanto ao valor nutritivo, são encontrados na literatura valores médios de 185 g.kg<sup>-1</sup> de PB, 499 g.kg<sup>-1</sup> de FDN e 657,1 g.kg<sup>-1</sup> de DIVMS em um período médio de 63 dias (BARROS et al., 2004; JUMA et al., 2006; LEMOS, 2020; PEREIRA et al., 2020).

O elevado valor nutritivo dessa forrageira proporciona ganhos na produção animal, Barros et al. (2004) mostraram que a adição de até 85% de feno de Cunhã e 15% de concentrado (75% milho triturado e 25% de farelo de soja) proporcionaram um ganho de peso diário de 135,8 g, conversão alimentar de 6,1 e peso ao abate de 23,9 kg em cordeiros mestiços de Santa Inês x SRD, considerando um período experimental de 70 dias.

Além das características produtivas e qualitativas dessa forrageira, vale destacar também a sua capacidade de fixação simbiótica do N<sub>2</sub>. Oliveira et al. (1996) relatam que em 56 dias houve 82,4% de N fixado.planta<sup>-1</sup>, enquanto Al-Fredan (2011) encontraram fixação de 50,2% de N fixado.planta<sup>-1</sup>.

### **2.3. Consorciação gramíneas x leguminosas**

Os consórcios entre plantas forrageiras visam antecipar e aumentar o período de utilização das plantas, manter a estabilidade da produção, a qualidade da forragem, aumentar a produção animal e a sustentabilidade do sistema produtivo (DIEHL et al., 2013). As gramíneas forrageiras em monocultivo possuem alta demanda de adubação nitrogenada, notadamente em capineiras (AGUIRRE et al., 2014; CALVO et al., 2010), ao passo que a maior parte das leguminosas forrageiras apresentam elevada capacidade de incorporar N ao sistema de produção através da fixação biológica do nitrogênio atmosférico. Além disso, há a possibilidade de que a introdução de leguminosas, que contêm metabólitos secundários (como taninos), na

dieta dos animais possa reduzir a produção de metano entérico, considerado GEE, pois esses metabólitos reduzem a metanogênese no rúmen (BODDEY et al., 2020).

Tendo em vista a utilização do consórcio entre gramíneas e leguminosas, a importância da leguminosa no sistema baseia-se na hipótese de que a gramínea se beneficia do N<sub>2</sub> fixado, seja pela excreção direta de compostos nitrogenados pelas raízes, seja pela decomposição dos nódulos, das raízes e da serapilheira. Além disso, o elevado valor nutritivo da leguminosa, pode ser essencial para aumentar a produtividade animal (DIAS et al., 2007; JÚNIOR et al., 2020; OLIVO et al., 2012; TAMBARA et al., 2017).

Martuscello et al. (2011) estudaram os efeitos da adubação nitrogenada sobre as características produtivas e morfogênicas da *Brachiaria decumbens* Stapf. em cultivo solteiro ou consorciado com *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Sw. e puderam observar que o consórcio promoveu resultados semelhantes ao do adubo nitrogenado, evidenciando que o uso da leguminosa pode ser uma alternativa para a substituição do nitrogênio no estabelecimento e manutenção da longevidade de pastagens.

Além da fixação biológica de N<sub>2</sub>, as leguminosas, quando bem manejadas, proporcionam boa cobertura do solo (TEIXEIRA et al., 2010; ZIECH et al., 2015), reduzindo a infestação por plantas daninhas e a erosão do solo. Azevedo Júnior et al. (2012) avaliaram o desenvolvimento de espécies de crescimento espontâneo em dois sistemas de cultivo de capim-elefante, consorciado ou não com trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. e Greg.), e foi possível constatar menor incidência de invasoras no sistema consorciado.

A utilização das leguminosas no consórcio auxilia na melhoria da qualidade da dieta dos animais, já que de maneira geral possuem elevado teor de proteína bruta e maior digestibilidade quando comparadas às gramíneas tropicais (LEE, 2018; LOPES et al., 2011). A utilização de gramíneas com a leguminosa consiste num sistema de ajuda mútua, em que esta tem a capacidade de aporte de nitrogênio e aquela atua como uma condicionante de enriquecimento e proteção do solo (BARBERO et al., 2010), permitindo que as raízes das leguminosas cheguem às camadas mais profundas. Diehl et al. (2013) realizaram estudos com capim-elefante e três leguminosas, a saber, [azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. e Greg.) e trevo vermelho (*Trifolium repens* L.)] e observaram maiores massas de forragem (3,06 t MS.ha<sup>-1</sup>) e taxa de lotação (3,31 UA/ha) nos tratamentos com leguminosas que aqueles sem leguminosas (2,93 t MS.ha<sup>-1</sup> e 3,14 UA/ha).

Segundo Alvarez et al. (2005), o sucesso de um consórcio está intimamente relacionado à escolha correta das forrageiras, sendo importante conhecer suas características morfológicas

e fisiológicas, a ecologia, os mecanismos de propagação, a tolerância ao pastejo e os padrões de crescimento das espécies envolvidas. Assim, no processo de consorciação, a competição entre plantas pode provocar respostas diferentes nas espécies cultivadas (SOARES et al., 2009), ocasionadas pelo desenvolvimento de mecanismos de detecção de mudanças ambientais que diferem entre gramíneas e leguminosas, bem como da produção de diferentes respostas adaptativas. A competição por água, luz e nutrientes entre as plantas é um dos principais fatores limitantes ao sucesso do consórcio, desde seu estabelecimento até sua manutenção e persistência (BARNES et al., 2007; LOPES et al., 2011).

#### **2.4. Análise de crescimento em plantas**

A produtividade de um sistema de cultivo de plantas forrageiras é decorrente da emissão contínua de folhas e perfilhos, sendo estes processos importantes para a restauração da área foliar após a desfolha, seja por corte ou pastejo (GOMIDE & GOMIDE, 2000). Entretanto, a idade fisiológica das plantas colhidas e as condições do ambiente em que estão submetidas influenciam o seu crescimento e o valor nutritivo. Dessa maneira, o estudo da análise de crescimento de plantas forrageiras auxilia a compreensão dos efeitos das estratégias de manejo, empregadas sob diversas condições ambientais (OLIVEIRA et al., 2000; SILVA et al., 2016).

Diversos fatores bióticos e abióticos exercem efeito sobre o crescimento das plantas, uma vez que, ao experimentarem flutuações nas condições ambientais e estresses que modificam a sua morfologia, fisiologia e desenvolvimento, pode ocorrer limitação da produção e alterações da qualidade (BARRETO et al., 2001; MUNNS, 2002; SILVA et al., 2010b). Segundo Nxele et al. (2017), um fator importante, que afeta o crescimento e a produção das plantas, é a disponibilidade de água no solo.

O balanço hídrico das plantas e células é determinado através da perda de água pela evaporação (transpiração) para a atmosfera e pela absorção de água do solo pelas raízes. Quando a transpiração excede a absorção, ocorre a redução da turgescência celular, bem como do conteúdo relativo de água e do volume celular (LAWLOR & CORNIC, 2002). Hura et al. (2007) citam que o estresse hídrico a longo prazo em plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> inibe a fotossíntese, já que a primeira resposta ao déficit de água na folha é o fechamento dos estômatos, limitando a difusão de CO<sub>2</sub> para os cloroplastos. Barreto et al. (2007) observaram que a cultivar Cameroon teve a produção reduzida de 335,56 para 67,64 g.m<sup>-2</sup> e o Mott, de 330,11 para 103,84 g.m<sup>-2</sup> sob estresse hídrico. Os autores justificaram a redução da produção como consequência da diminuição no tamanho das folhas e na altura dos perfilhos.

O crescimento das plantas é avaliado por meio das variações em tamanho de algum aspecto morfológico. Neste sentido, a análise de crescimento se baseia no fato de que, em média, 90% da matéria seca acumulada (acúmulo líquido) pelas plantas ao longo do seu crescimento, são resultado da atividade fotossintética (fotossíntese, respiração, alocação de fotoassimilados etc.), e este componente fisiológico torna-se o parâmetro de maior importância neste tipo de estudo (BENINCASA, 2003; GOMIDE, 1997). A análise quantitativa do crescimento é o ponto inicial para avaliar a produção vegetal. Diversos índices fisiológicos são deduzidos e utilizados na tentativa de esclarecer e compreender os diferentes tipos de comportamento encontrados nas comunidades vegetais (DARTORA et al., 2013).

Para realizar a mensuração do crescimento vegetal são utilizados métodos destrutivos, em que se avalia o acúmulo de peso seco num espaço de tempo, ou por métodos não-destrutivos, em que é mensurado o aumento em altura, ou ainda o índice de área foliar por meio de instrumentação. Dessa forma, os índices de crescimento podem ser calculados ao se ter conhecimento do peso seco de toda a planta ou de suas partes (colmos, folhas e raízes) e a dimensão do aparato assimilatório (área foliar), durante um intervalo de tempo (BEZERRA et al., 2020; SILVA et al., 2016).

Conforme descrito por Carvalho et al. (2007), durante o processo de rebrota, conforme há o aumento no IAF (índice de área foliar) ocorre aumento da interceptação de luz e da eficiência no uso da radiação fotossinteticamente ativa, o que ocasiona a aceleração na taxa de crescimento absoluta (TCA), em condições ambientais favoráveis, quando o dossel intercepta praticamente toda a energia luminosa incidente (IAF teto).

Segundo Silva et al. (2016), as variáveis que descrevem a análise de crescimento são: taxa de crescimento absoluto (TCA), definida como o acréscimo em matéria seca de planta por unidade de tempo (acúmulo de biomassa), indicando produtividade; taxa de crescimento relativo (TCR), definida como o acréscimo de matéria seca de planta por unidade de matéria seca presente, um indicador da eficiência de conversão da biomassa existente no dossel forrageiro e que possui como principais componentes a taxa de assimilação líquida (TAL) e a razão de área foliar (RAF); a TAL, definida como o aumento de peso seco da planta por unidade de material assimilatório (área foliar) por unidade de tempo, refletindo eficiência do aparato fotossintético; RAF, que representa a área foliar útil para crescimento e fotossíntese, sendo um componente morfofisiológico, pois corresponde à razão entre a área foliar (responsável pela captação de energia luminosa e CO<sub>2</sub>) e a biomassa seca total do dossel, e representa, de certa forma, a partição dos fotoassimilados.

Além das variáveis já citadas anteriormente, dois componentes podem ser desmembrados da RAF: a área foliar específica (AFE), que expressa a relação entre a superfície e a biomassa seca de folhas, e a razão de peso foliar (RPF), que é a razão entre a biomassa seca de folhas e a biomassa seca total do dossel (BENINCASA, 2003). As características que são utilizadas na análise de crescimento podem variar a depender das condições ambientais, dos atributos de cada genótipo forrageiro e das práticas de manejo empregadas.

Pereira et al. (2011) avaliaram índices de crescimento do capim Coastcross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) sob cinco doses de nitrogênio (0, 100, 200, 300 e 400 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) e duas idades de rebrota (28 e 42 dias). Os autores observaram que a RAF e a AFE apresentaram valores de 10,2 e 20 m<sup>2</sup>.kg<sup>-1</sup> aos 28 dias, respectivamente, e valores de 8,8 e 17,3 m<sup>2</sup>.kg<sup>-1</sup> aos 42 dias, respectivamente, com a dose de 100 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de N. Já as parcelas nas quais não houve adubação nitrogenada, os valores de RAF (5,7 m<sup>2</sup>.kg<sup>-1</sup> aos 28 dias e 7,7 m<sup>2</sup>.kg<sup>-1</sup> aos 42 dias) e AFE (8,6 m<sup>2</sup>.kg<sup>-1</sup> aos 28 dias e 14,3 m<sup>2</sup>.kg<sup>-1</sup> aos 42 dias) foram inferiores às parcelas adubadas, demonstrando que a idade de rebrota e a adubação com N influenciam os índices de crescimento dessa espécie.

Maranhão et al. (2020) avaliaram os índices de crescimento do capim-elefante cv. Roxo manejado sob sequeiro em diferentes épocas de cultivo e constataram que tais índices são modificados pelas idades de crescimento e estações do ano. Os autores observaram que, no período de transição entre as estações, a AFE atingiu maior valor aos 9 dias após o corte (0,046 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>) e menor valor aos 63 dias (0,039 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>). Já na estação seca, reduziu linearmente (0,0003 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>) ao longo dos dias de crescimento, atingindo 0,048 e 0,026 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup> aos 9 e 63 dias após o corte, respectivamente. Quanto à RAF, para as idades de 9 e 63 dias após o corte, os autores relataram valores de 0,032 e 0,027 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> na estação chuvosa, 0,031 e 0,015 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> na estação de transição e 0,021 e 0,006 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> na estação seca. Ainda nesse estudo, notou-se que a TAL voltou a aumentar quando houve ocorrência de chuvas (aos 54 e 63 dias), passando de 2,20 g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup> para 3,00 g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, aos 48,4 e 63 dias, respectivamente, demonstrando que, independentemente do estágio de crescimento, há um potencial de crescimento compensatório da forrageira.

Paciullo et al. (1998) analisaram o IAF e a TAL do capim-elefante cv. Mott ao atingir 80 e 120 cm de altura, sob cinco doses de nitrogênio (0, 75, 150, 225 e 300 kg/ha). Os autores observaram que o IAF aumentou linearmente com as doses de N. A TAL não foi influenciada pela adubação nitrogenada, sendo observados maiores valores nas plantas com 80 cm (valor médio de 2,32 g.m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup>). Os autores relacionam os baixos valores de TAL à uma baixa

eficiência fotossintética das folhas, já que há uma relação inversa dessa eficiência com o avanço da idade das folhas.

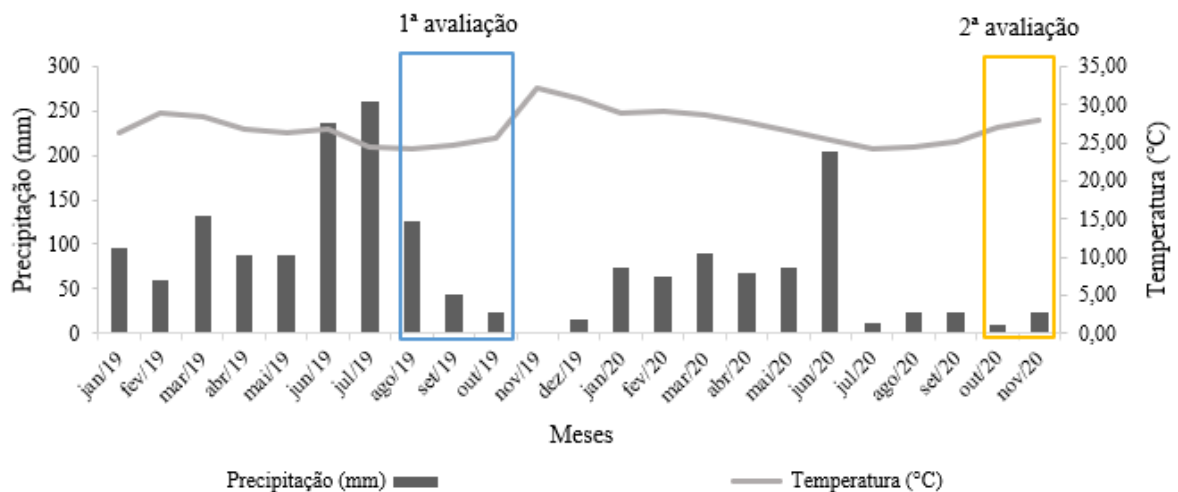
Andrade et al. (2005) estudaram o capim-elefante cv. Napier após pastejo, com diferentes combinações de fertilização de N e K associado à irrigação e observaram valores médios de TCR, TAL, RAF e coeficiente de extinção luminosa (k) de 0,0083 g.g.dia<sup>-1</sup>, 3,57 g.cm<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup>, 0,0021 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> e 0,53, respectivamente. Estes autores notaram que a interceptação de luz aumentou com a elevação do IAF até os 45 dias, com IAF médio de 4,59 e interceptação de luz de 80%, enquanto a penetração de luz no interior do dossel diminuiu assintoticamente em função do IAF.

Considerada uma técnica simples, a análise de crescimento avalia e infere sobre a contribuição dos diferentes processos fisiológicos para as respostas das plantas, permitindo quantificar o seu desenvolvimento final e o aporte dos diferentes órgãos no crescimento total. Do ponto de vista agrônomo, essa análise pode ser útil também para avaliar diferenças funcionais e estruturais entre cultivares de uma mesma espécie (BENINCASA, 2003).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina - EECAC (latitude 07°51'03" sul e a uma longitude 35°15'17" oeste), pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada no Município de Carpina, Mata Setentrional do estado de Pernambuco, nos anos de 2019 e 2020. O município possui altitude média de 180 m e encontra-se inserido nos domínios das bacias hidrográficas dos rios Goiana e Capibaribe. O clima da região é As' (tropical seco), segundo classificação de Köppen (PEREIRA et al., 2007), com temperatura e precipitação médias anuais de 24,6° C e 1.100 mm, respectivamente (APAC, 2020). O solo predominante é Argissolo Amarelo Distrocoeso, conforme classificação de Santos et al. (2018), com topografia plana à suavemente ondulada.

As precipitações pluviais acumuladas e as temperaturas médias do ar do 1º período de avaliação (05 de agosto a 03 outubro de 2019) foram de 119,2 mm e 24,15 °C. No 2º período de avaliação (01 de outubro a 30 de novembro de 2020) foram de 32,7 mm e 27,53 °C (Figura 1).



**Figura 1** – Precipitação pluvial mensal (mm) e temperatura média do ar (°C) na Estação Experimental de Cana-de-açúcar (EECAC – UFRPE), Carpina-PE, anos de 2019 e 2020. Fonte: APAC (2020).

Foram estudados os atributos estruturais e os índices de crescimento de genótipos de capim-elefante de diferentes portes (IRI-381 e Elefante B, de porte alto, além de Taiwan A-146 2.37 e Mott, de porte baixo), em monocultivo e consorciados com Cunhã, (*Clitoria ternatea* L.) ao longo do período de rebrota, em diferentes épocas do ano (chuvosa e seca). Os tratamentos experimentais foram casualizados em blocos completos, em arranjo fatorial ( $4 \times 2$ ), referente aos quatro genótipos de capim-elefante e dois sistemas de cultivo (capim-elefante em monocultivo e consorciado com Cunhã).

A área experimental foi estabelecida no segundo semestre do ano de 2014, inicialmente, apenas com as parcelas de capim-elefante em monocultivo, manejada sob corte. Os genótipos de capim-elefante foram plantados em sulcos espaçados de 1,0 m entre linhas, em parcelas experimentais de 25 m<sup>2</sup> (5 m x 5 m), nas quais 9 m<sup>2</sup> (3 m x 3 m) no centro da parcela representaram a área útil.

Em 22 de agosto de 2018, foi realizado um corte de uniformização do capim-elefante, rente ao solo. Após o corte, toda a massa verde produzida na parcela foi retirada da área experimental e foi realizada uma adubação de manutenção (100 kg de N ha<sup>-1</sup>, 70 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 60 de kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) nas parcelas de monocultivo, segundo recomendação de análise química do solo ( pH = 5,5; P= 5 mg.dm<sup>-3</sup> K = 0,05 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Na = 0,06 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Al = 0,00 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Ca = 1,60 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,80 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; H = 2,40 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>. A soma de bases foi de 2,51 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> e a capacidade de troca catiônica, de 4,91 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>).

Após o corte de uniformização, foram plantadas as mudas de Cunhã (com 30 dias de crescimento em casa de vegetação) nas entrelinhas das parcelas destinadas ao consórcio,



totalizando vinte mudas por parcela. As mudas de Cunhã foram produzidas a partir de sementes coletadas na Coleção de Plantas Forrageiras, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), as quais foram submetidas à escarificação física leniente e, em seguida, semeadas em sacos plásticos preenchidos com solo.

Foi adotado o intervalo de corte de 60 dias, com intensidade rente ao solo, para o capim-elefante e, de 20 cm, para Cunhã, nas parcelas consorciadas. O controle de plantas daninhas foi feito por meio de capina. Após as colheitas no período chuvoso de 2019 e 2020, as parcelas com monocultivo de capim-elefante receberam adubação equivalente a 100, 60 e 70 kg.ha<sup>-1</sup> de N, K<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, enquanto as parcelas com consórcio não receberam adubação nitrogenada. As adubações foram definidas conforme Cavalcanti et al. (2008).

As avaliações ocorreram no final do período chuvoso de 2019 (período favorável ao crescimento) e no período seco de 2020 (período desfavorável ao crescimento), com intervalos de 15 dias. Foram avaliados altura da planta (cm), altura do colmo (cm), área foliar (cm<sup>2</sup>), radiação fotossinteticamente ativa (PAR) acima e abaixo do dossel, índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL), coeficiente de extinção luminosa, taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida, área foliar específica e razão de área foliar.

A altura da planta e altura de colmo foram medidos com auxílio de trena. A altura da planta foi medida da superfície do solo até a curvatura da última folha expandida, perfazendo três medidas dentro de cada parcela. A altura do colmo foi medida a partir dos perfilhos colhidos, considerando a distância vertical entre a base do colmo até a lígula da última folha completamente expandida. Para mensuração da PAR, acima e abaixo do dossel, do IAF e IL, foi utilizado um analisador de dossel (AccuPAR Linear PAR/LAI ceptometer, Model PAR-80 (DECAGON Devices)). Foram feitas três medidas acima e abaixo do dossel, em horário de maior incidência solar (entre 10h e 15h) e ausência de nuvens, em três áreas diferentes dentro de cada parcela. Posteriormente, foi calculada a média desses valores.

Para avaliação da biomassa aérea seca (BAS), foram escolhidos e cortados rente ao solo três perfilhos basais representativos ao longo de 1 metro linear, dentro da área útil de cada parcela. Também foram contadas a quantidade de perfilhos neste metro linear para determinar a densidade de perfilhos (perfilhos.m<sup>-2</sup>). Nos perfilhos colhidos, as lâminas foliares e colmos (colmo + bainha) foram separados mecanicamente e pesados para obtenção do peso fresco. Em seguida, as lâminas foliares e colmos (colmo + bainha) foram colocados em estufa de circulação forçada de ar à 55 °C, até peso constante, e novamente pesadas, para obtenção do peso seco de

cada componente. Assim, a BAS, em g de MS.m<sup>-2</sup>, foi estimada pelo produto do peso seco médio do perfilho e densidade de perfilhos.

A área foliar de três lâminas foliares representativas dos perfilhos por parcela foi mensurada por meio do aplicativo para smartphone Easy Leaf Area Free (EASLON et al., 2014). Conforme os autores, o aplicativo usa uma área de calibração vermelha, de dimensão conhecida (4 cm<sup>2</sup>) em cada imagem como uma escala para calibrar as estimativas da área foliar. As contagens totais de pixels verdes da folha e pixels vermelhos de calibração são usadas para estimar a área foliar, de acordo com: área da folha = (contagem de pixels verdes) × (área de calibração/contagem de pixels vermelhos). Sendo assim, as lâminas foram fixadas em papel branco com fita dupla face e um quadrado vermelho de 4 cm<sup>2</sup> foi posicionado ao lado. Para calibragem do aplicativo, a cada 10 lâminas avaliadas, utilizava-se um quadrado verde também com 4 cm<sup>2</sup> e a diferença era subtraída das demais folhas avaliadas.

A partir dos valores da BAS e das variáveis estruturais dos genótipos de capim-elefante foram estimados os seguintes índices de crescimento, conforme Munns et al. (2010):

1. Taxa de crescimento absoluto (TCA, g de MS.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), que representa a variação da biomassa seca acumulada pela planta, ao longo de um intervalo de tempo, dada pela equação:

$$TCA = \frac{BAS_{t_2} - BAS_{t_1}}{DAC_{t_2} - DAC_{t_1}},$$

em que, BAS: biomassa aérea seca (g de MS.m<sup>-2</sup>), DAC: dias após o corte, t1 e t2: tempo entre duas avaliações consecutivas.

2. Taxa de crescimento relativo (TCR, g.g<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>), reflete a taxa de aumento de massa por unidade de massa presente (eficiência de crescimento em relação à biomassa):

$$TCR = TAL \times RAF.$$

em que, TAL: Taxa de assimilação líquida (g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), e RAF: razão de área foliar (m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>).

3. Taxa de assimilação líquida (TAL, g.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>), índice que indica eficiência das folhas na geração de biomassa, ou seja, taxa de aumento de massa por unidade de área foliar, dado por:

$$TAL = \frac{(BAS_{t_2}) - (BAS_{t_1})}{DAC_{t_2} - DAC_{t_1}} \times \frac{\ln(AF_{t_2}) - \ln(AF_{t_1})}{AF_{t_2} - AF_{t_1}},$$

em que, BAS: biomassa aérea seca (g de MS.m<sup>-2</sup>), DAC: dias após o corte, AF: área foliar (m<sup>2</sup>) e, t2 e t1: t1 e t2: tempo entre duas avaliações consecutivas.

4. Área foliar específica (AFE, m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>), que corresponde a uma medida da espessura das folhas em relação à área, dado por:

$$AFE = \frac{AF_t}{BAS_t},$$

em que, AF: área foliar ( $m^2$ ), BAS: biomassa aérea seca ( $g.m^2$ ) num tempo t.

5. Razão do peso foliar (RPF,  $g.g^{-1}$ ), representado pelo quociente entre a biomassa de lâminas foliares seca (BSFV,  $g.m^{-2}$ ) sobre a biomassa aérea seca (BAS,  $g.m^{-2}$ ) num determinado tempo, ou seja, uma medida de alocação de biomassa para folhas, conforme equação:

$$RPF = \frac{BLVS_t}{BAS_t}$$

6. Razão de área foliar (RAF,  $m^2.g^{-1}$ ), que representa uma medida da área fotossintética em relação à massa respiratória:

$$RAF = RPF \times AFE.$$

Foi mensurada a fração da radiação fotossinteticamente ativa ( $f_{FRA}$ ), que representa a radiação solar interceptada pelas plantas, assim como a porcentagem de cobertura do solo. Na estimativa desta, foram utilizadas medições da radiação fotossinteticamente ativa, realizada abaixo ( $RFA_{LI}$ ), e acima ( $RFA_{LS}$ ) do dossel. Sendo utilizada a seguinte equação:

$$f_{RFA} = \frac{RFA_{LI}}{RFA_{LS}},$$

em que,  $RFA_{LI}$  e  $RFA_{LS}$  são expressos em escala diária ( $Mj . m^{-2}.dia^{-1}$ ).

O coeficiente de extinção luminosa (k) é um indicador da interceptação de radiação fotossinteticamente ativa pelas plantas. Os valores de k foram calculados com base nos valores de  $f_{FRA}$  e do IAF, conforme a equação:

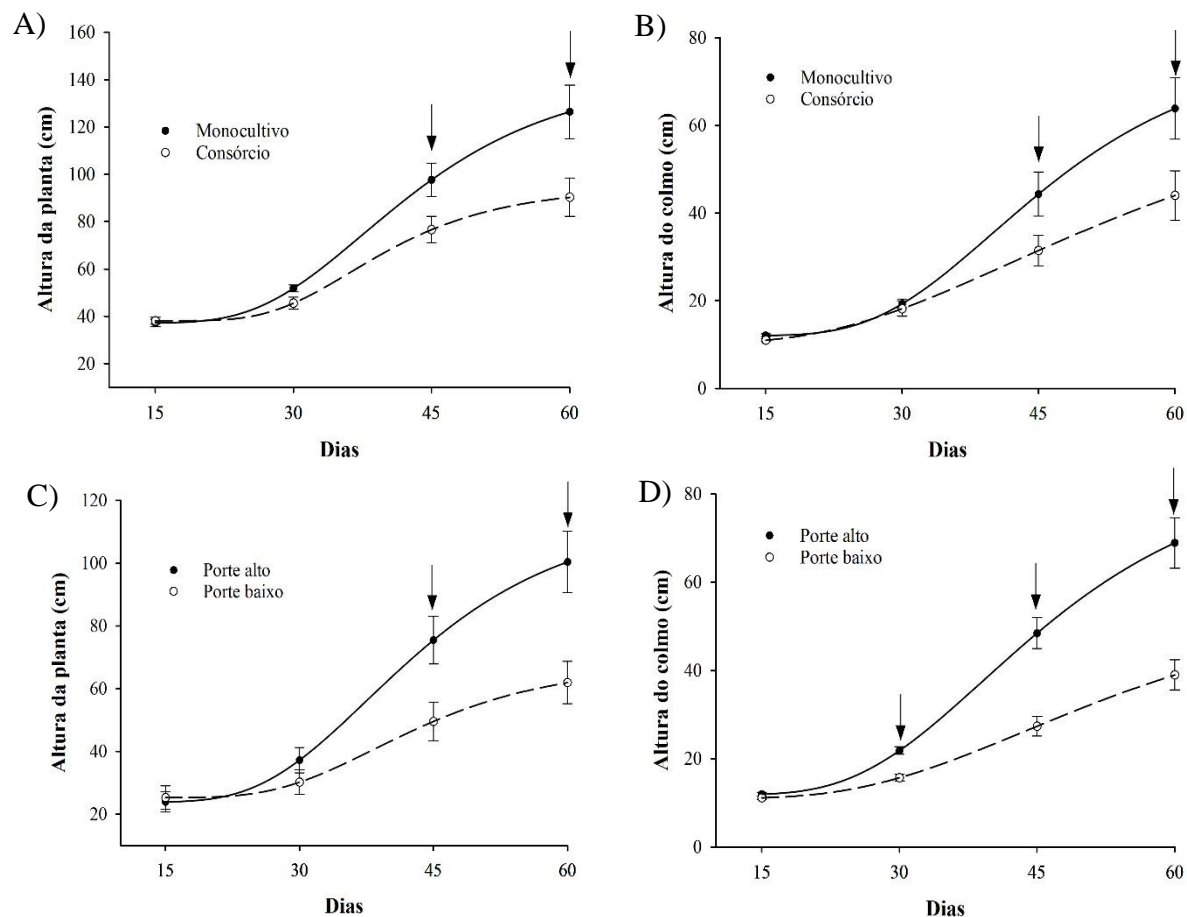
$$k = -\frac{\ln(1-f_{RFA})}{IAF}$$

Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de médias por meio do procedimento PROC MIXED do SAS University Edition. Foi considerado um arranjo fatorial 2 x 2, referente aos dois portes da planta (alto e baixo) e dois sistemas de cultivo (monocultivo e consorciado). Os sistemas de cultivo, porte da planta, dias de crescimento e suas interações, exceto a interação tripla, foram considerados como efeito fixo, enquanto os blocos foram considerados como efeito aleatório. Os dias de crescimento foram analisados como medidas repetidas no tempo. As médias para os sistemas de cultivo e o porte da planta foram comparadas pelo LSMEANS, ajustado para o teste de Tukey. A análise de regressão foi realizada quando dias de crescimento e suas interações com os demais fatores foi significativa, por meio do software SigmaPlot v.14. As análises foram feitas isoladamente para cada época do ano. O nível de significância adotado foi de 5% de probabilidade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Período chuvoso

Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação sistema de cultivo x dias e porte da planta x dias sobre a altura da planta e altura do colmo (Figura 2).



**Figura 2** – Altura da planta e do colmo de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento, sistemas de cultivo (A e B) e porte da planta (C e D) no período chuvoso de 2019.

As setas apontam diferenças significativas pelo LSMEANS, ajustado para Tukey ( $P < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo nos dias indicados. As barras representam o erro padrão da média.

Ysc: capim-elefante sem consórcio (linha sólida); Ycc: capim-elefante consorciado com *Clitoria ternatea* L. (linha tracejada). Yalto: plantas de porte alto (linha sólida); Ybaixo: plantas de porte baixo (linha tracejada).

Equação (Fig. A):  $Y_{sc} = 37,19 + 104,06(1 - e^{-0,08X})^{23,09}$ ,  $R^2 = 0,7786$ ;  $Y_{cc} = 38,14 + 56,05(1 - e^{-0,11X})^{55,60}$ ,  $R^2 = 0,6837$ .

Equação (Fig. B):  $Y_{sc} = 12,05 + 65,44(1 - e^{-0,07X})^{18,58}$ ,  $R^2 = 0,7373$ ;  $Y_{cc} = 10,34 + 55,37(1 - e^{-0,04X})^{5,78}$ ,  $R^2 = 0,6837$ .

Equação (Fig. C):  $Y_{alto} = 23,86 + 90,71(1 - e^{-0,08X})^{19,66}$ ,  $R^2 = 0,5556$ ;  $Y_{baixo} = 25,29 + 42,63(1 - e^{-0,09X})^{28,89}$ ,  $R^2 = 0,3074$ .

Equação (Fig. D):  $Y_{alto} = 11,82 + 73,16(1 - e^{-0,07X})^{14,00}$ ,  $R^2 = 0,8469$ ;  $Y_{baixo} = 10,98 + 44,54(1 - e^{-0,05X})^{8,73}$ ,  $R^2 = 0,7731$ .

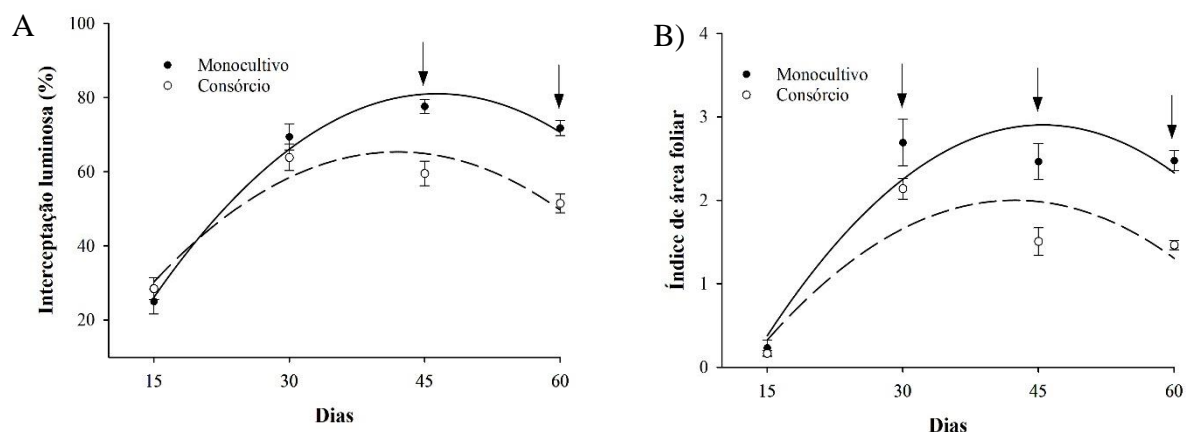
A altura da planta (Figura 2A e 2C) e altura do colmo (Figura 2B e 2D) apresentaram comportamento sigmoidal ao longo dos dias, com uma fase inicial de baixo incremento, seguido por uma fase log e, posteriormente, uma fase de estabilização. Durante a fase log, ocorre crescimento e expansão tecidual da planta, com maior assimilação de nutrientes do solo e água, assim como aumento na fixação do carbono e produção de fotoassimilados. Durante a fase de

estabilização, acontece a desaceleração do crescimento e do acúmulo de biomassa, com início de estádios de senescência (BARNES et al., 2007; GOMIDE et al., 2003).

Quanto aos sistemas de cultivo, aos 60 dias, as plantas sem consórcio atingiram 126,44 cm de altura da planta e 63,90 cm de colmo, enquanto aquelas consorciadas atingiram 90,35 cm e 44,06 cm alturas de planta e colmo, respectivamente. Observou-se diferença de 28,54% para alturas de planta e 31,05% colmo entre os sistemas. O padrão de resposta para o sistema de cultivo pode ser justificado pela competição entre as espécies envolvidas no consórcio, já que a competitividade por nutrientes, água ou luz pode ocorrer quando há uma superpopulação de plantas ou quando há dominância por plantas vizinhas, afetando o desenvolvimento (BARNES et al., 2007; LOPES et al., 2011).

No que refere ao porte, as plantas de porte alto, aos 60 dias, atingiram 131,85 cm de altura de planta e 68,94 cm de colmo, já as plantas de porte baixo, no mesmo período, atingiram 84,94 cm e 39,02 cm de altura de planta e colmo, respectivamente. Os valores distintos entre os portes são justificados pelo maior alongamento do colmo dos genótipos de capim-elefante de porte alto (VIANA et al., 2018), o que facilita alcançar maiores altura que os genótipos de porte baixo. Sendo a altura um indicador de produção (GARCIA et al., 2011), é possível afirmar que o consórcio e o porte baixo sejam fatores que promoveram redução na produção de biomassa.

Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação sistema de cultivo x dias de crescimento sobre o IAF e o IL (Figura 3A e 3B, respectivamente).



**Figura 3** – Índice de área foliar (IAF) (A) e intercepção luminosa (IL) (B) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento e sistema de cultivo no período chuvoso de 2019.

As setas apontam diferenças significativas pelo LSMEANS ajustado para Tukey ( $P < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo nos dias indicados. As barras representam o erro padrão da média.

Ysc: capim-elefante sem consórcio (linha sólida); Ycc: capim-elefante consorciado com *Clitoria ternatea* L. (linha tracejada).

Equação (Fig. A):  $Y_{sc} = -2,73 + 0,25X - 0,003X^2$ ,  $R^2 = 0,6924$ ;  $Y_{cc} = -2,02 + 0,19X - 0,002X^2$ ,  $R^2 = 0,6257$

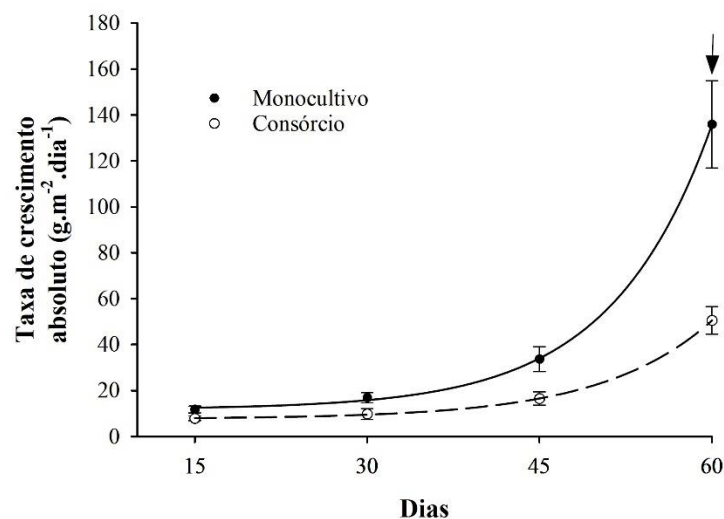
Equação (Fig. B):  $Y_{sc} = -38,99 + 5,17X - 0,056X^2$ ,  $R^2 = 0,8689$ ;  $Y_{cc} = -19,65 + 4,05X - 0,048X^2$ ,  $R^2 = 0,6498$

Verificou-se resposta quadrática para as duas variáveis, em que o ponto máximo do IAF ocorreu aos 41,7 e 47,5 dias, sem e com consórcio, respectivamente, e aos 46,2 e 42,2 dias para IL, sem e com consórcio. O tratamento sem consórcio apresentou IAF superior ao consórcio aos 30, 45 e 60 dias de crescimento e maior valor de IL que o consórcio aos 45 e 60 dias.

O comportamento semelhante das variáveis IAF e IL inicialmente advém do fato de essas variáveis apresentarem relação intrínseca, uma vez que o IAF está diretamente relacionado com o nível de interceptação de luz do dossel, eficiência fotossintética e crescimento das plantas forrageiras (PAULA et al., 2012; SANTOS et al., 2017). Ressalta-se que o IAF atinge nível crítico a 95% de IL e, acima disso, normalmente ocorre acúmulo de material vegetal indesejável para alimentação animal, como material senescente e lignificado (BARNES et al., 2007; COELHO et al., 2014; COELHO et al., 2020; SALES et al., 2014). No entanto, no período de avaliação deste estudo, não foram observados valores próximos a 95% de IL. Isso pode ter sido pelo manejo de corte adotado na capineira, com cortes rentes ao solo, que favorece o crescimento vertical, com baixo perfilhamento aéreo (SANTOS et al., 2001), ou ainda pelas propriedades físicas das folhas e da estrutura do dossel (ANDRADE et al., 2005). No caso dos genótipos de capim-elefante, a disposição das folhas é vertical.

À medida que ocorre o aumento do IAF, a competição por luz dentro do dossel aumenta, fazendo com que o padrão de crescimento das plantas sofra mudança, incluindo autossombreamento (ALEXANDRINO et al., 2005; SILVA et al., 2015). Com isso, as plantas sem consórcio alcançaram o ponto máximo do IAF mais rapidamente (41,7 dias) que aquelas consorciadas (47,5 dias), demonstrando que o consórcio afetou a velocidade de crescimento das plantas, podendo ser explicado pela maior competição entre as plantas nesse sistema.

Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação sistema de cultivo x dias de crescimento sobre a taxa de crescimento absoluto (TCA) (Figura 4).



**Figura 4** – Taxa de crescimento absoluto (TCA) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento e sistema de cultivo no período chuvoso de 2019.

As setas apontam diferenças significativas pelo LSMEANS ajustado para Tukey ( $P < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo nos dias indicados. As barras representam o erro padrão da média.

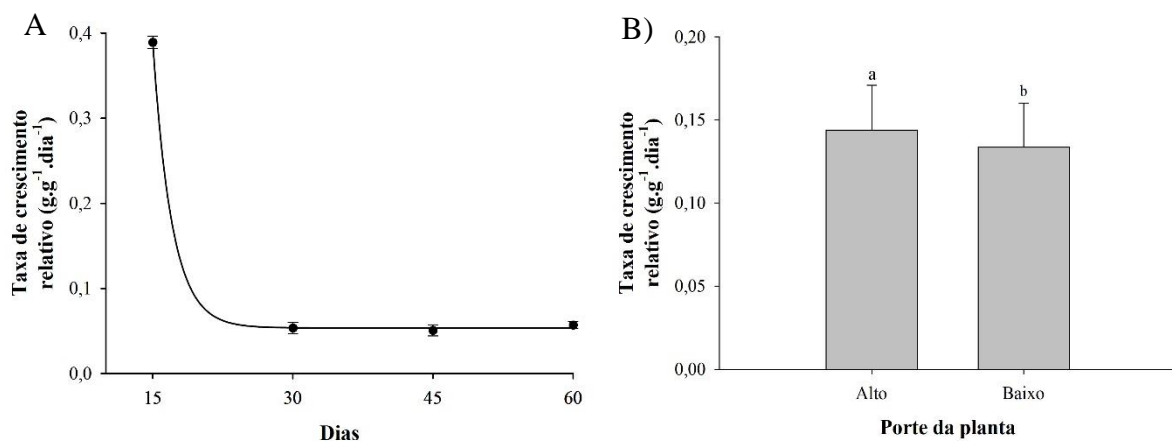
Ysc: capim-elefante sem consórcio (linha sólida); Ycc: capim-elefante consorciado com *Clitoria ternatea* L. (linha tracejada).

Equação:  $Y_{sc} = 11,85 + 0,13e^{0,11x}$ ,  $R^2 = 0,7733$ ;  $Y_{cc} = 7,65 + 0,08e^{0,10x}$ ,  $R^2 = 0,7616$ .

A TCA representa a matéria seca produzida por unidade de área ou de planta durante um intervalo de tempo (MARAFON, 2012). Nos primeiros dias houve baixo incremento de MS, devido ao maior número de folhas em expansão e colmos reduzidos no início da rebrota, já que há um maior investimento da planta para produção de novas folhas, em função do baixo IAF, para evitar consumo e a depleção total das reservas (BARNES et al., 2007; SILVA et al., 2015; GOMIDE & GOMIDE, 2003). Após isso, houve um aumento exponencial dos 45 aos 60 dias, pois ocorreu um aumento do tamanho das folhas, em sua maioria completamente expandidas, bem como a expansão no comprimento de colmos devido a uma maior produção de fotoassimilados.

Até 45 dias não houve diferença significativa da TCA entre os sistemas de cultivo, diferenciando-se apenas aos 60 dias, em que o tratamento sem consórcio foi superior ( $135,94 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ) ao consorciado ( $50,51 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ). Segundo Mangla et al. (2011), a competição durante as fases iniciais do crescimento pode promover enormes efeitos nas interações competitivas futuras, que serão determinantes na biomassa final da planta adulta. Diante disso, fica evidente que o consórcio afetou negativamente o acúmulo de biomassa durante o período de crescimento, por ter havido uma maior competitividade entre as espécies nesse sistema.

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi influenciada ( $P < 0,05$ ) pelos dias de crescimento (Figura 5A) e pelo porte da planta (Figura 5B).



**Figura 5** – Taxa de crescimento relativo (TCR) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento (A) e conforme o porte da planta, alto e baixo (B) no período chuvoso de 2019.

As letras apontam diferenças significativas pelo LSMEANS ajustado para Tukey ( $P < 0,05$ ) entre os portes das plantas. As barras representam o erro padrão da média.

Equação (Fig. A):  $Y = 0,05 + 504,07e^{-0,48x}$ ,  $R^2 = 0,9720$

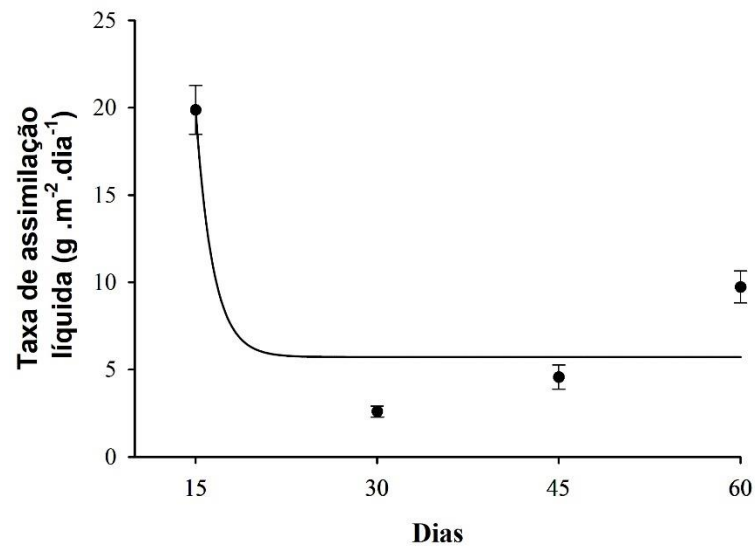
O comportamento da curva para os dias de crescimento foi inversamente proporcional à TCA (Figura 4), sendo apresentados os maiores valores de TCR (Figura 5A) no período inicial, havendo queda gradativa entre 15 dias ( $0,39 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ) e 30 dias ( $0,053 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ), e estabilização após esse período.

Quanto ao porte (Figura 5B), as plantas de porte alto foram superiores às de porte baixo, apresentando média de TCR  $0,14 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  e  $0,13 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , respectivamente. Vários fatores como espécie ou cultivar (ALEXANDRINO et al., 2005), estágio de crescimento e condições de ambiente, influenciam a TCR das culturas. No caso desse estudo, as diferenças de porte entre os cultivares, definidas geneticamente, influenciaram os resultados.

Os altos valores de TCR, durante os primeiros dias de rebrota, representam um mecanismo de adaptação da gramínea, pois ao reduzir o tempo para ocorrência da máxima interceptação da radiação solar, promove-se a maximização da utilização dos nutrientes e luz, favorecendo o acúmulo de massa e competitividade intraespecífica (GOMIDE et al, 2007).

A taxa de assimilação líquida (TAL) foi influenciada ( $P < 0,05$ ) apenas pelos dias de crescimento. A TAL é considerada como o balanço fotossíntese-respiração (GOMIDE et al., 1999), determinando a quantidade de assimilados disponível para o crescimento vegetal, tornando-se um componente da TCR (GIACOMINI et al., 2009). Assim como a TCR, a TAL (Figura 6) decresceu após 15 dias de crescimento, obtendo maior valor ( $19,88 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ) aos 15 dias e média de  $9,11 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ . A média encontrada nesse estudo foi superior às médias encontradas por Maranhão et al. (2020) para o capim-elefante cv. Roxo ( $3,73 \pm 2,50 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ) e Wadi et al. (2004) para o cv. Napier ( $2 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ), no período chuvoso.





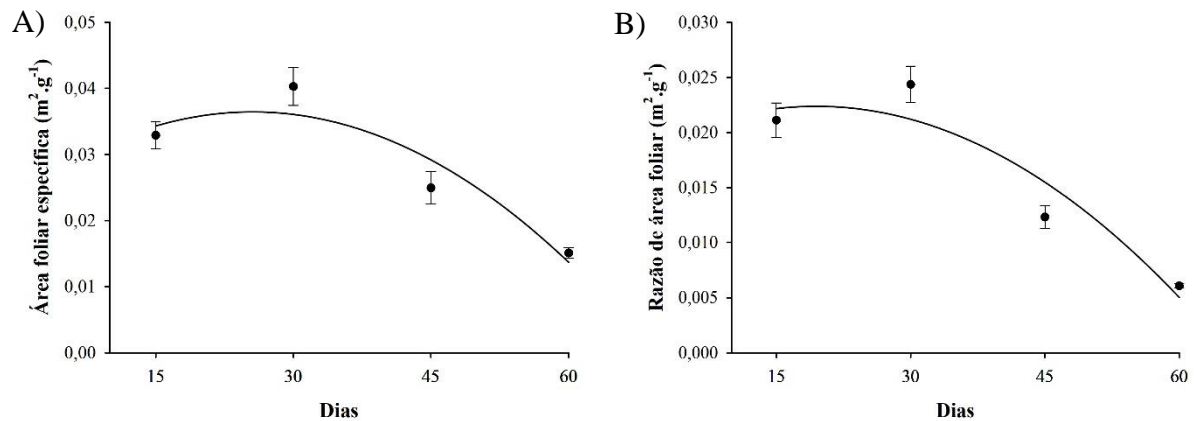
**Figura 6** – Taxa de assimilação líquida (TAL) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento no período chuvoso de 2019.

As barras representam o erro padrão da média.

Equação:  $Y=5,72+510681,46e^{-0,70x}$ ,  $R^2=0,6507$

Dessa forma, a ausência de material morto no início do crescimento das plantas possivelmente permitiu que uma proporção maior da luz incidente fosse interceptada por folhas verdes, favorecendo a ocorrência de altos valores de TCR e TAL nesse período. De acordo com Pereira et al. (2012), quando jovens, as plantas forrageiras têm maior capacidade fotossintética e, portanto, maior TCR e TAL. Por outro lado, à medida que envelhecem, ocorrem redução na capacidade de realizar fotossíntese e início da senescência das folhas, devido ao fechamento do dossel pelas folhas superiores que ocasiona autossombreamento (OLIVEIRA et al., 2014), diminuindo a eficiência fotossintética e os valores de TCR e TAL.

As variáveis área foliar específica (AFE) (Figura 7A) e razão de área foliar (RAF) (Figura 7B) apresentaram efeito significativo ( $P<0,05$ ) dos dias de avaliação. Ambas as variáveis apresentaram efeito quadrático em função dos dias de crescimento, sendo que o ponto de máxima de AFE e RAF foram obtidos aos 26,04 e 19,05 dias, respectivamente. Os menores valores de AFE e RAF ocorreram aos 60 dias ( $0,015 \text{ m}^2/\text{g}$  e  $0,006 \text{ m}^2/\text{g}$ ), respectivamente.



**Figura 7** – Área foliar específica (AFE) (A) e razão de área foliar (RAF) (B) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento, no período chuvoso de 2019.

As barras representam o erro padrão da média.

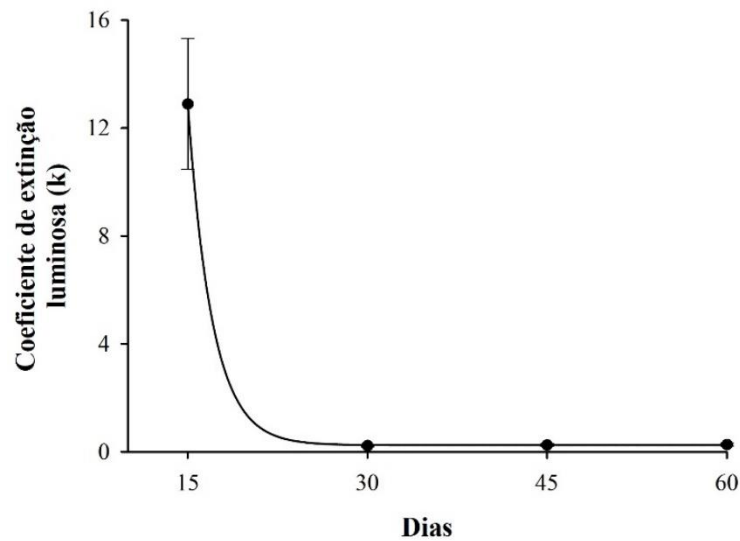
Equação (Fig. A):  $Y=0,02+0,0010X-1,92 \times 10^{-5}X^2$ ,  $R^2=0,4732$ .

Equação (Fig. B):  $Y=0,02+0,0004X-1,05 \times 10^{-4}X^2$ ,  $R^2=0,6042$

A AFE constitui a relação entre a área foliar e o peso de matéria seca de folhas, sendo seu inverso a espessura da folha (FORTES et al., 2014; PEREIRA et al., 2011), ou seja, quanto maior a espessura de folha, menor será o valor de AFE. Amaro et al. (2004) encontraram resultados semelhantes ao estudarem o Capim-mulato (*Bracharia ruziziensis* x *Bracharia brizantha*), em que a AFE reduziu com o crescimento da planta, em função do maior peso individual da folha.

Segundo Silva (2012), ao considerar que as folhas são as partes da planta responsáveis pela assimilação do carbono através da fotossíntese, e o restante da planta é dependente da distribuição de fotoassimilados, oriundos das folhas, a RAF reflete essa distribuição e é considerada um componente fisiológico. Sendo assim, o comportamento da RAF (Figura 7B) foi similar ao da AFE, pois, durante o início do desenvolvimento vegetativo, o aporte de assimilados para a produção de folhas é maior, com a finalidade de aumentar a interceptação da luz, assegurando um rápido crescimento (OLIVEIRA et al., 2000). Assim como para as variáveis TCR e TAL, a RAF decresceu a partir de idades mais avançadas das plantas. Essa queda reflete a diminuição da capacidade fotossintética em relação ao aumento da biomassa da planta, o que representa maior gasto com respiração e a redistribuição de fotoassimilados (crescimento de colmo, raízes e perfilhos), em detrimento da produção de folhas durante o crescimento vegetal (SANTOS JÚNIOR et al., 2004).

O coeficiente de extinção luminosa (k) (Figura 8) foi influenciado ( $P<0,05$ ) somente pelos dias de crescimento.



**Figura 8** – Coeficiente de extinção luminosa (k) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento, no período chuvoso de 2019.

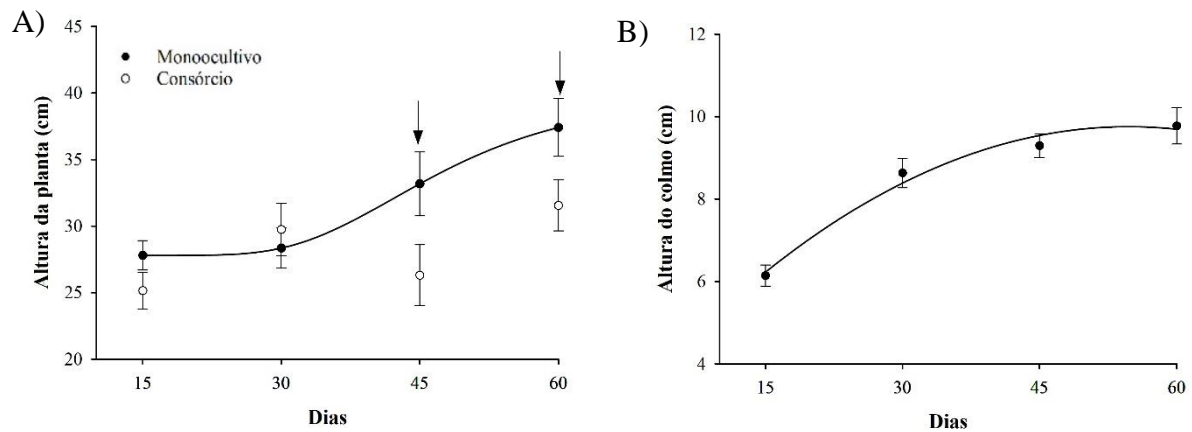
As barras representam o erro padrão da média.

Equação:  $Y=0,25+20167,74e^{-0,49X}$ ,  $R^2=0,5742$ .

Essa variável está relacionada à quantidade de luz que é perdida no perfil do dossel, de forma que, quanto mais próximo de um, menor é a perda da luz incidente (ANDRADE et al., 2005; SIMILI et al., 2010). Aos 15 dias, o (k) obteve valor de 12,90, posteriormente decaiu, variando entre 0,23 e 0,27. Isso se deve à variação nos valores do IAF e fechamento do dossel, fazendo com que grande parte da luz que incide sobre ele seja interceptada.

### *Período seco*

Assim como no período chuvoso, houve efeito significativo ( $P<0,05$ ) da interação sistema de cultivo x dias de crescimento (Figura 9A) sobre a altura da planta. A altura das plantas sem consórcio se ajustou a uma curva sigmoidal, mas a altura daquelas consorciadas, não se ajustaram a nenhuma curva e apresentaram média de 28,19 cm. Aos 45 e 60 dias, a altura das plantas foi maior nos genótipos sem consórcio comparado ao consorciado. Já para altura de colmo (Figura 9B), houve efeito significativo ( $P<0,05$ ) somente dos dias de crescimento, apresentando ponto de máxima aos 60 dias.



**Figura 9** – Altura da planta (A) de capim-elefante em função dos dias de crescimento e sistemas de cultivo e altura de colmo (B) de cultivares capim-elefante em função dos dias de crescimento, no período seco de 2020.

As setas apontam diferenças significativas pelo LSMEANS ajustado para Tukey ( $P < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo nos dias indicados. As barras representam o erro padrão da média.

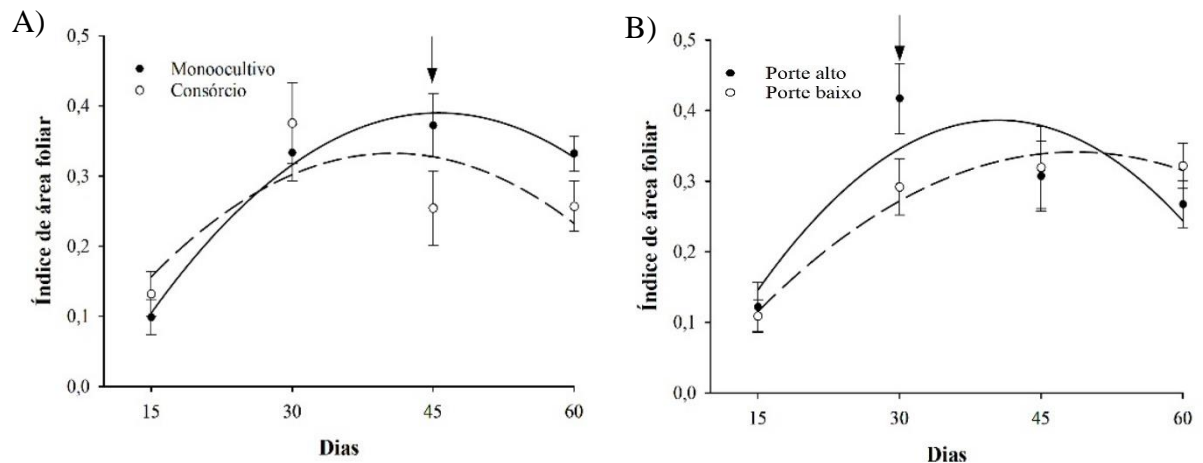
Equação (Fig. A):  $Y_{sc} = 27,80 + 11,79(1 - e^{-0,09X})^{42,79}$ ,  $R^2 = 0,3187$ ;  $Y_{cc} = 28,19$ .

Equação (Fig. B):  $Y = 3,05 + 0,24X - 0,002X^2$ ,  $R^2 = 0,4999$

Os baixos valores e a variação na altura das plantas do consórcio podem ser justificados devido à baixa disponibilidade de água no solo, tais fatores ocasionam respostas fisiológicas das plantas, tais como senescência foliar, redução do crescimento, desenvolvimento de órgãos de reserva, redução da área foliar e fechamento estomático (SANTOS et al., 2011).

Outro ponto observado é que, no período chuvoso, as plantas alcançaram, aos 60 dias, altura de 126,44 cm sem consórcio e 90,35 cm com consórcio (Figura 2A), enquanto no período seco, as plantas alcançaram, aos 60 dias, 37,42 cm sem consórcio e 31,56 cm com consórcio (Figura 9A). Assim, houve uma redução de 70,41% na altura das plantas sem consórcio e 65,07% na altura das plantas com consórcio durante o período seco. Estes resultados corroboram com Barreto et al. (2001), que apontaram a redução do crescimento e, conseqüentemente, da altura da planta como um dos principais sintomas do estresse hídrico, independentemente do porte da planta de genótipos de capim-elefante.

Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) das interações sistema de cultivo x dias e porte da planta x dias sobre o IAF (Figura 10). O IAF comportamento quadrático em função dos dias de crescimento para sistema de cultivo e porte da planta (Figura 10A e 10B, respectivamente), em que o ponto de máxima foi atingido aos 50 e 33,33 dias para plantas sem e com consórcio, respectivamente, e aos 37,5 e 50 dias para plantas de porte alto e baixo, respectivamente. Dessa forma, observou-se que, no período chuvoso, as plantas sem consórcio atingiram o ponto máximo do IAF mais cedo (aos 41,7 dias) que o período seco e, além disso, notou-se que, independentemente do sistema de cultivo, os valores de IAF foram mais baixos no período seco.



**Figura 10** – Índice de área foliar (IAF) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento, sistema de cultivo (A) e porte da planta (B), no período seco de 2020.

As setas apontam diferenças significativas pelo LSMEANS ajustado para Tukey ( $P < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo e entre o porte da planta nos dias indicados. As barras representam o erro padrão da média.

Capim-elefante em monocultivo (linha sólida); Capim-elefante consorciado com *Clitoria ternatea* L. (linha tracejada).

Capim-elefante de porte alto (linha sólida); Capim-elefante de porte baixo (linha tracejada).

Equação (Fig. A):  $Y_{sc} = -0,24 + 0,03X - 0,0003X^2$ ,  $R^2 = 0,5355$ ;  $Y_{cc} = -0,80 + 0,02X - 0,0003X^2$ ,  $R^2 = 0,1435$ .

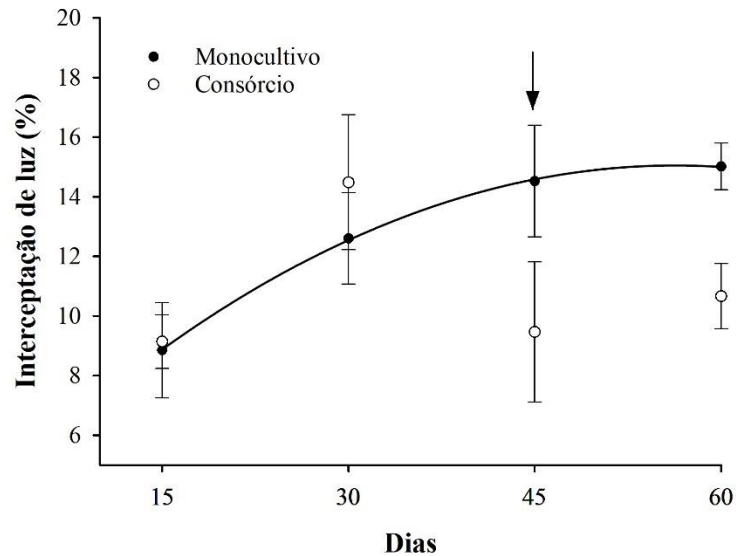
Equação (Fig. B):  $Y_{alto} = -0,23 + 0,03X - 0,0004X^2$ ,  $R^2 = 0,3545$ ;  $Y_{baixo} = -0,13 + 0,02X - 0,0002X^2$ ,  $R^2 = 0,3545$ .

Os genótipos sem consórcio apresentaram maior IAF que aqueles consorciados apenas aos 45 dias, não havendo diferença significativa entre os cultivos nas demais idades avaliadas. Quanto ao porte, os genótipos de porte alto apresentaram maior IAF que os de porte baixo apenas aos 30 dias. Então, é possível que com a senescência foliar, redução no tamanho das folhas e da altura de perfilhos (SANTOS et al., 2011), aos 60 dias, no caso das plantas em monocultivo e a partir dos 45 dias nas plantas de porte alto, a vantagem no IAF não tenha permanecido, indicando que possivelmente o estresse hídrico teve forte influência neste resultado. Como o IAF é definido como a relação entre a área de folhas e a área de solo ocupada (CARVALHO et al., 2007) é, portanto, influenciado diretamente por mudanças na morfologia e fisiologia da planta.

O valor médio de IAF para as plantas de porte alto (0,28) foi semelhante ao valor médio para plantas de porte baixo (0,26). Assim, é provável que o estresse hídrico tenha inibido maior efeito do porte sobre o IAF. Isso se deve às maiores taxas de crescimento apresentadas pelos genótipos de porte alto em condições favoráveis, o que os torna mais exigentes quanto à umidade e à fertilidade do solo (BARRETO et al., 2007), com os dias de crescimento.

Houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da interação sistema de cultivo x dias sobre o IL (Figura 11). A IL sem consórcio se ajustou a uma curva quadrática, mas a IL daquelas consorciadas não se ajustaram a nenhuma curva e apresentaram média de 10,93%. As plantas

sem consórcio atingiram o ponto de máxima da IL aos 50,94 dias no período seco. No período chuvoso, o ponto de máxima ocorreu aos 46,2 dias, uma diferença de 4,74 dias.



**Figura 11** – Intercepção luminosa (IL) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento e sistemas de cultivo no período seco de 2020.

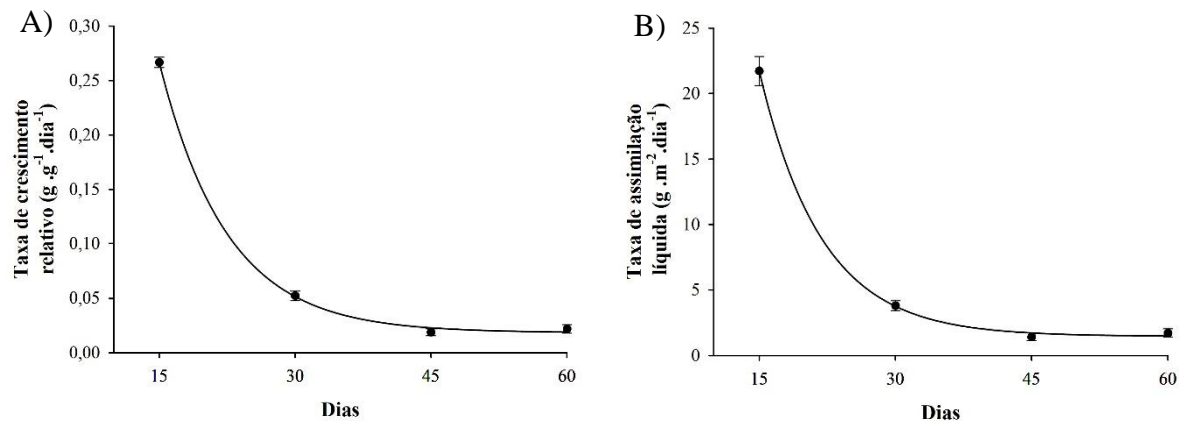
As setas apontam diferenças significativas pelo LSMEANS ajustado para Tukey ( $P < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo nos dias indicados. As barras representam o erro padrão da média.

Ysc: capim-elefante sem consórcio (ponto preenchido); Ycc: capim-elefante consorciado com *Clitoria ternatea* L. (ponto sem preenchimento).

Equação:  $Y_{sc} = 3,57 + 40,75X - 0,004X^2$ ,  $R^2 = 0,2616$ ;  $Y_{cc} = 10,93$ .

Assim como o IAF (Figura 10A), a IL apresentou comportamento quadrático em função dos dias de crescimento, sendo observada maior IL nos genótipos sem consórcio apenas aos 45 dias. Fato que demonstrou as modificações estruturais e fisiológicas da planta em decorrência do estresse hídrico, principalmente, pela redução da área foliar e aumento da senescência, contribuindo com os menores valores de IL no monocultivo após 45 dias e mitigou as diferenças entre os sistemas de cultivo.

A TCR (Figura 12A) e a TAL (Figura 12B) foram influenciadas ( $P < 0,05$ ) pelos dias de crescimento, com maiores valores aos 15 dias, queda gradativa até os 30 dias e posterior estabilização.



**Figura 12** – Taxa de crescimento relativo (TCR) (A) e taxa de assimilação líquida (TAL) (B) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento no período seco de 2020.

As barras representam o erro padrão da média.

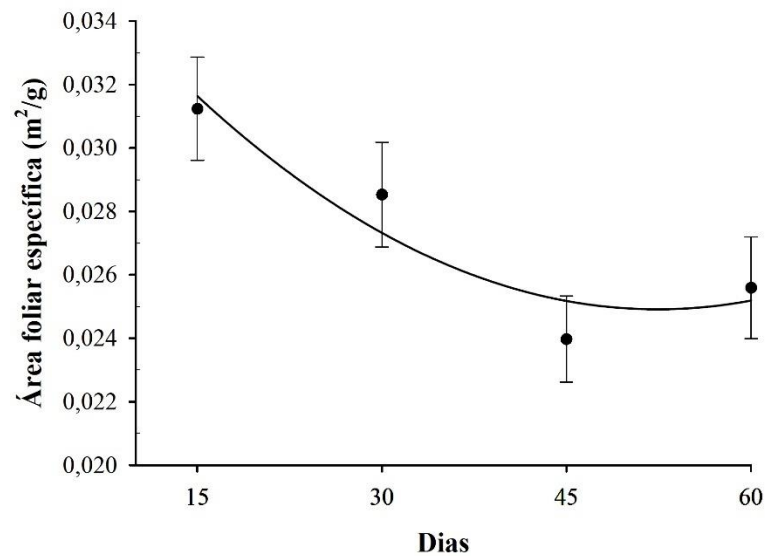
Equação (Fig. A):  $Y=0,02+1,86e^{-0,13X}$ ,  $R^2=0,9773$ .

Equação (Fig. B):  $Y=1,46+179e^{-0,14X}$ ,  $R^2=0,9200$ .

Assim como a altura, a TCR e a TAL foram afetadas pela baixa pluviosidade. A média geral de TCR ( $0,09 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ ) e TAL ( $7,17 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ), no período seco, foram inferiores ao período chuvoso (TCR:  $0,14 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$  e TAL:  $9,03 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ ). Tais resultados podem estar relacionados tanto com a redução da turgescência e, por sua vez, com a expansão celular (ARAÚJO et al., 2010; BARRETO et al., 2001), quanto ao fechamento estomático, que reduz o fluxo de água nas plantas, limitando a absorção de nutrientes e reduzindo a eficiência do aparato fotossintético (BONFIM-SILVA et al., 2011; NXELE et al., 2017).

Dessa forma, as maiores taxas de crescimento no período chuvoso favoreceram as plantas a atingirem o ponto de máxima de IAF e IL mais rapidamente. Plantas em situação de déficit hídrico podem sofrer com o aumento da senescência foliar, ocasionando desequilíbrio entre a produção de assimilado e o gasto com a respiração e, com isso, ocorre redução da área fotossinteticamente ativa (SANTOS & CARLESSO, 1998), acarretando em um ponto máximo de IAF e IL mais tardio.

A AFE sofreu influência ( $P<0,05$ ) dos dias de crescimento (Figura 13), apresentando comportamento quadrático negativo em função dos dias de crescimento. Além dos efeitos fisiológicos, como aumento do tamanho e espessura da folha com o avanço da idade da planta (PEREIRA et al., 2011), provavelmente o estresse hídrico contribuiu para a redução da AFE nas plantas de capim-elefante durante o período seco.

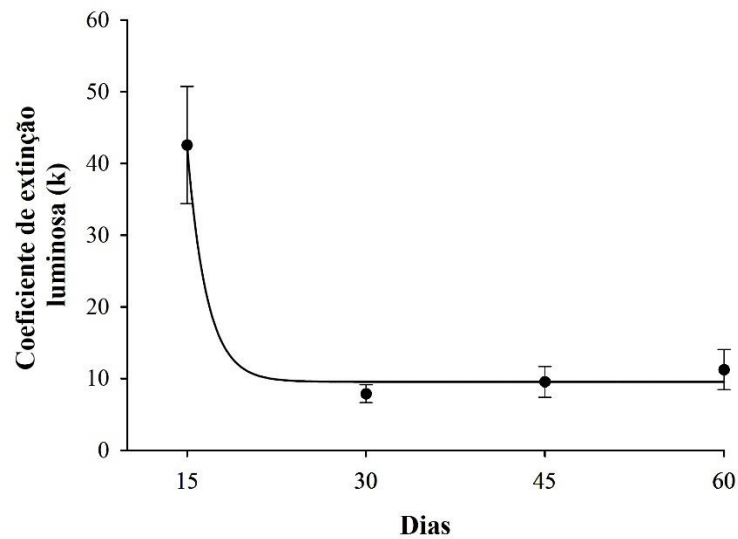


**Figura 13** – Área foliar específica (AFE) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento no período seco de 2020. As barras representam o erro padrão da média. Equação:  $Y=0,04-0,0005X+4,80 \times 10^{-6}X^2$ ,  $R^2=0,1288$

As principais mudanças observadas em plantas submetidas ao estresse hídrico são menor crescimento, redução da área foliar, enrolamento das folhas, redução de turgor, fechamento dos estômatos e alteração na permeabilidade da cutícula (BASTOS et al., 2011; PEZZOPANE et al., 2015; SANTOS et al., 2011). Além disso, valores inferiores de AFE são verificados em situações de déficit hídrico, nas quais é comum que haja menor disponibilidade de N para a forrageira, tendo em vista que o N é transportado na matriz do solo até as raízes por fluxo de massa, processo que depende da umidade adequada no solo (PEREIRA et al., 2011). Diante disso, a desidratação e mudanças na estrutura da planta, provavelmente, levaram à redução da AFE.

O coeficiente de extinção luminosa (k) foi influenciado ( $P<0,05$ ) pelos dias de crescimento (Figura 14). Aos 15 dias, o k foi de 42,5, diminuindo drasticamente aos 30 dias e, em seguida, apresentou estabilização.





**Figura 14** – Coeficiente de extinção luminosa (K) de cultivares de capim-elefante em função dos dias de crescimento no período seco de 2020.

As barras representam o erro padrão da média.

Equação:  $Y=9,54+320284,60e^{-0,61X}$ ,  $R^2=0,3818$ .

O coeficiente de extinção de luminosa varia conforme as mudanças ambientais como, por exemplo, a deficiência hídrica (TEIXEIRA et al., 2015). Os baixos valores para os índices de crescimento no período seco podem ter contribuído para os valores altos de k, já que no período chuvoso, após os 15 dias, esses valores apresentaram média de 12,9 (Figura 8). O estresse hídrico ocasionou mudanças na estrutura do dossel, seja pelo processo de desidratação e menor tamanho das folhas como pelas baixas taxas de crescimento encontradas, com isso a maior parte da luz que incidiu sobre o dossel não foi interceptada.

De forma geral, o consórcio com a Cunhã e o porte da planta afetaram o crescimento do capim-elefante, porém de forma independente, notadamente no período chuvoso. Vale ressaltar que, no período chuvoso, apenas as parcelas sob monocultivo receberam adubação nitrogenada, o que pode ter favorecido o maior crescimento das plantas neste sistema. Contudo, é importante avaliar os benefícios que poderão ocorrer com o consórcio, tais como a melhoria da forragem colhida na capineira (OLIVO et al., 2012) e a menor necessidade de adubação nitrogenada (DIEHL et al., 2013), notadamente a longo prazo.

Em relação ao porte da planta, o menor crescimento embora leve a menor produção dos genótipos de porte baixo (RIBEIRO, 2019), é importante considerar que estes genótipos, em geral, apresentam maior valor nutritivo (SOUZA, 2019) e melhor efeito no desempenho animal (SILVA et al., 2021a) comparado aos de porte alto. Vale ressaltar também que a ausência de efeito do porte para maioria dos índices de crescimento (exceto para TCR, no período chuvoso)

evidencia que possivelmente não há diferença de potencial produtivo de genótipos de portes diferentes nos períodos estudados.

Além disso, fica evidente que o consórcio exerceu maior efeito sobre o crescimento dos genótipos que o porte neste estudo. No entanto, faz-se necessário relacionar estes resultados com as avaliações produtivas e bromatológicas ao longo da rebrota, com maior variação intra-anual e interanual.

Os resultados deste estudo demonstram que os índices de crescimento do capim-elefante apresentaram respostas específicas para cada período do ano, de acordo com a idade de rebrota, sistemas de cultivo e porte da planta. Recomenda-se a inclusão de índices de crescimento do capim-elefante em diferentes períodos do ano como ferramenta para o manejo da capineira, notadamente na definição do momento do corte no consórcio do capim-elefante com Cunhã e para os diferentes portes da planta.

## 5. CONCLUSÃO

O consórcio com Cunhã e o porte baixo da planta promovem menor crescimento do capim-elefante, de forma isolada, independentemente do período do ano.

Os índices de crescimento apresentaram respostas específicas para cada período do ano, de acordo com a idade de rebrota, sistema de cultivo e porte da planta.

No período chuvoso, a taxa de crescimento absoluto foi maior nos genótipos sob monocultivo apenas aos 60 dias, enquanto a taxa de crescimento relativo foi maior nos genótipos de porte alto, independentemente da idade de rebrota. No período seco, os genótipos sob monocultivo e de porte alto não apresentaram índices de crescimento diferentes daqueles consorciados com Cunhã e de porte baixo. Estes resultados podem auxiliar na definição de estratégias de manejo de corte, diferenciadas do capim-elefante consorciado com a Cunhã, bem como conforme o porte da planta da gramínea, em diferentes períodos do ano.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. et al. *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v.27, n.2, p.169–178, 2014.

AGUIAR, A. D. C. F. et al. Nutrient recycling and physical indicators of an alley cropping system in a sandy loam soil in the pre-Amazon region of Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.86, n.2, p.189-198, 2010.

AGUIRRE, P. F. et al. Produtividade de pastagens de Coastcross-1 em consórcio com diferentes leguminosas de ciclo hibernal. **Ciência Rural**, v.44, n.12, p.2265-2272, 2014.

- ALEXANDRINO, E. et al. Crescimento e desenvolvimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, supl. p.2164-2173, 2005.
- AL-FREDAN, M. A. A. Nitrogen fixing legumes in the plant communities. **American Journal of Environmental Sciences**, v.7, n.2, p.166, 2011.
- ALVAREZ, R. D. C. F. et al. Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.27, n.4, p.611-616, 2005.
- AMARO, J. A. P. et al. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.). **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v.42, n.3, p.447-458, 2004.
- ANDRADE, A. C. et al. Análise de crescimento do capim-elefante 'Napier' adubado e irrigado. **Ciência e agrotecnologia**, v.29, n.2, p.415-423, 2005.
- APAC. "Agência Pernambucana de Águas e Clima", 2020. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>>.
- ARAÚJO FILHO, J. A. et al. Consorciação do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) sob quatro intervalos de corte. **Pasturas Tropicales**, v. 18, n.1, p.47-50, 1996.
- ARAÚJO, S. A. C. et al. Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.), em estresse hídrico. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.1, p.1-7, 2010.
- ARAÚJO, S. A. C. et al. Produção de matéria seca e composição bromatológica de genótipos de capim-elefante anão. **Archivos de zootecnia**, v.60, n.229, p.83-91, 2011.
- ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Journal American Society for Horticultural Science**, v. 74, p. 430-445, 1959.
- ASSIS, L. C. S. L. C. et al. Estimativa de parâmetros genéticos sob duas estratégias de avaliação em híbridos intra e interespecíficos de capim-elefante<sup>1</sup>. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2589-2597, 2010.
- AZEVEDO JUNIOR, R. L. et al. Produtividade de sistemas forrageiros consorciados com amendoim forrageiro ou trevo vermelho. **Ciência Rural**, v.42, n.11, p.2043-2050, 2012.
- BARBERO, L.M. et al. Produção animal e valor nutritivo da forragem de pastagem de coastcross consorciada com amendoim forrageiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.3, p.645-653, 2010.
- BARNES, R. F. et al. **Forages: the science of grassland agriculture**. Volume II. ed. 6, 2007.
- BARRETO, G. P. et al. Produção de matéria seca e taxa de sobrevivência de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e um híbrido interespecífico com o milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) submetidos a estresse hídrico<sup>1</sup>. **Pasturas Tropicales**, v.27, n.1, p.27, 2007.
- BARRETO, G.P. et al. Avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de um híbrido com o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) submetidos a estresse hídrico. 1. Parâmetros morfológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.1-6, 2001.
- BARROS, N. N. et al. Feno de cunhã (*Clitoria ternatea* L.) para acabamento de cordeiros. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.499-504, 2004.

- BASTOS, E. A. et al. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.100-107, 2011.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Funep, 2003.
- BEZERRA, R. C. A. et al. Leaf blade area estimate of *Digitaria pentzii* under different cutting Heights. **Ciência Animal Brasileira**, v.21, e-54719, 2020.
- BODDEY, R. M. et al. Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review. **Grass and Forage Science**, v.75, n.4, p.357-371, 2020.
- BONFIM-SILVA, E. M. et al. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, v.24, n.2, p.180-186, 2011.
- BRUNINI, O. et al. Temperatura-base para alface cultivar "White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.19, p. 213-219, 1976.
- BUENO, A. M. et al. Does nitrogen application improve elephant grass yield and energetic characteristics of biofuels?. **BioEnergy Research**, p.1-11, 2020.
- CALVO, C. L. et al. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p.77-86, 2010.
- CARVALHO, C. A. B. et al. Classes de perfilhos na composição do índice de área foliar em pastos de capim-elefante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.557-563, 2007.
- CAVALCANTE, M. et al. Potencial produtivo de *Pennisetum spp.* sob níveis de nitrogênio na zona da mata de Pernambuco. **Archivos de zootecnia**, v.62, n.240, p.501-512, 2013.
- CAVALCANTI, F.J.A. (Org.). **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2a. aproximação**. 2 ed. rev. Recife: IPA, 2008. 212 p.
- CHAVES, C.S. et al. Valor nutritivo e cinética de degradação in vitro de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) sob dois intervalos de desfolhação e duas alturas de resíduo pós-pastejo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.5, p.1351-1359, 2016.
- COÊLHO, J. J. et al. Canopy height and its relationship with leaf area index and light interception in tropical grasses. **Tropical grasslands-forrajes tropicales**, v.2, n.1, p.31-32, 2014.
- COÊLHO, J. J. et al. Correlations between plant height and light interception in grasses by different light meter devices. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.15, n.4, 2020.
- COOK, B. G. et al. **Tropical Forages: An interactive selection tool**. 2nd and revised Edn. International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Cali, Colombia and International Livestock Research Institute (ILRI), Nairobi, Kenya, 2020. Disponível em: <<https://www.tropicalforages.com>>.
- CRUZ, R. S. et al. Produtividade do Capim-Cameroon estabelecida em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocantinense. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.32, n.4, p.393-399, 2010.

- CUNHA, M. V. et al. Adaptabilidade e estabilidade da produção de forragem por meio de diferentes metodologias na seleção de clones de *Pennisetum spp.* **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.4, p.681-686, 2013.
- CUNHA, M. V. et al. Association between the morphological and productive characteristics in the selection of elephant grass clones. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n., p.482-488, 2011.
- CUNHA, M. V. et al. Genótipos de capim-elefante sob pastejo no período de seca na Zona da Mata de Pernambuco: fatores relacionados à eficiência de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.291-300, 2007.
- DALL'AGNOL, M. et al. Produção de forragem de capim-elefante sob clima frio: curva de crescimento e valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1110-1117, 2004.
- DARTORA, J. et al. Análise de crescimento e produtividade do pak choi cultivado sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Ceres**, v.60, n.4, p.498-504, 2013.
- DIAS, P. F. et al. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola crescido em consórcio. **Ciência Rural**, v.37, n.2, p.352-356, 2007.
- DIEHL, M.S. et al. Produtividade de sistemas forrageiros consorciados com leguminosas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.5, p.1527-1536, 2013.
- EASLON, H. M.; BLOOM, A. J. Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. **Applications in Plant Sciences**, v.2, n.7, 2014.
- EMERENCIANO NETO, J. V. et al. Características estruturais e produtivas em híbridos intraespecíficos e interespecíficos de capim-elefante. **Ciência Animal Brasileira**, v.20, p.1-9, 2019.
- FERREIRA, G. D. et al. Quantitative and qualitative characteristics of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) clones in the semi-arid lands of Pernambuco (Brazil). **Revista Colombiana e Ciências Pecuárias**, v.26, n.1, p.15-23, 2013.
- FLORES, R. A. et al. Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim-elefante no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.12, p.1282-1288, 2012.
- FORTES, D. et al. Growth analysis of the *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 in the biomass bank technology. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v.48, n.2, 2014.
- FRANCISQUINI JUNIOR, A. et al. Increase of nitrogen-use efficiency by phosphorus fertilization in grass–legume pastures. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.118, n.2, p. 165-175, 2020.
- FREITAS, E. V. et al. Capim-elefante: origem, taxonomia e caracterização. In: LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L. **Capim elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife: IPA/UFRPE, 2010. Capítulo 1, p. 15-28.
- FREITAS, E. V. et al. Forrageiras: Capim-elefante “IRI-381”. In: GALDINO, A. A. DE S. (Ed.). **Cultivares recomendadas pelo IPA para a Zona da Mata de Pernambuco**. 1º ed. Recife: IPA, 2009. p. 150.
- GARCIA, C. S. et al. Desempenho de novilhos mantidos em pastagens de capim-elefante e capim-mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.403-410, 2011.

- GBUR, E.E. et al. Use of segmented regression in determination of the base-temperature in heat accumulation models. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, p.949-953, 1979.
- GIACOMINI, A. A. et al. Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. **Scientia Agricola**, v.66, n.6, p.733-741, 2009.
- GOMIDE, C. A. M. & GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.341-348, 2000.
- GOMIDE, C. A. M. et al. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1487-1494, 2007.
- GOMIDE, C. A. M. et al. 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.
- GOMIDE, C. A. M. et al. Morphogenesis of dwarf elephant grass clones in response to intensity 10 and frequency of defoliation in dry and rainy seasons. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1445-1451, 2011.
- GOMIDE, C.A.M. **Morfogênese e análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* (Jacq.)**. 1997. 53 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa.
- HURA, T. et al. Effect of long-term drought stress on leaf gas exchange and fluorescence parameters in C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.29, n.2, p.103-113, 2007.
- JUMA, H. K. et al. Evaluation of Clitoria, Gliricidia and Mucuna as nitrogen supplements to Napier grass basal diet in relation to the performance of lactating Jersey cows. **Livestock Science**, n.103, p.23-29, 2006.
- LAWLOR, D. W. & CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, cell & environment**, v.25, n.2, p.275-294, 2002.
- LEÃO, F. F. et al. Produção forrageira e composição bromatológica de combinações genômicas de capim-elefante e milheto. **Revista Ciência Agronômica [online]**, v.43, n.2, p.368-375, 2012.
- LEE, M. M. A. A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. **Journal of plant research**, v.131, n.4, p.641-654, 2018.
- LEMO, M. F. **Avaliação de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) de diferentes portes em monocultivo ou consorciado com cunhã (*Clitoria ternatea* L.)**. 2020. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife.
- LIRA, M. A. et al. Melhoramento genético do capim-elefante. In: LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; MELLO, A.C.L. (Eds.). **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife: IPA/UFRPE, p.31-511 48. 2010.
- LOPES, J. et al. Doses de fósforo no estabelecimento de capim-xaraés e estilosantes Mineirão em consórcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2658-2665, 2011.
- MANGLA, S. et al. Intra and interspecific competition among invasive and native species during early stages of plant growth. **Plant Ecology**, v.212, n.4, p.531-542, 2011.

- MARAFON, A.C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático.** (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 168). Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 29p., 2012.
- MARANHAO, T. D. et al. Growth indexes of *Pennisetum purpureum* cv. Roxo cultivated in different seasons under rainfed conditions. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.21, e-210122020, 2020.
- MARTHA JUNIOR, G. B. et al. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v.110, p.173-177, 2012.
- MARTINS, L.F. et al. Valor nutricional do capim-elefante verde colhido em diferentes idades de rebrota. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.72, n.5, p.1881-1890, 2020.
- MARTUSCELLO, J. A. et al. Produção de biomassa e morfogênese do capim-braquiária cultivado sob doses de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.4, 2011.
- MEINERZ, G. R. et al. Produção e valor nutritivo da forragem de capim-elefante em dois sistemas de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2673-2680, 2011.
- MISTURA, C. et al. Adubação orgânica no cultivo da Cunhã na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.3, 2010.
- MISTURA, C. et al. Germinação e desenvolvimento de plântulas de cunhã em função da salinidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.2, 2011.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, cell & environment**, v.25, n.2, p.239-250, 2002.
- MUNNS, R. et al. **Plants in Action: A resource for teachers and students of plant science**, 2<sup>a</sup> ed. Australian and New Zealand societies of plant sciences, 2010.
- NA, C. I. et al. Management of perennial warm-season bioenergy grasses. I. Biomass harvested, nutrient removal, and persistence responses of elephantgrass and energycane to harvest frequency and timing. **Bioenergy Research**. v.8, n.2, p.581–589, 2015.
- NOVO, A. A. C. et al. Effect of nitrogen and potassium fertilization on morpho-agronomic traits of three elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) genotypes for biomass production. **African Journal of Biotechnology**, v.15, n.43, p.2411-2423, 2016.
- NUNES, J. D. et al. DNA elimination in embryogenic development of *Pennisetum glaucum* x *Pennisetum purpureum* (Poaceae) hybrids. **Genetics and Molecular Research**, v.12, n.4, p.4817-4826, 2013.
- NXELE, X. et al. Drought and salinity stress alters ROS accumulation, water retention, and osmolyte content in sorghum plants. **South African Journal of Botany**, v.108, p.261-266, 2017.
- OGUIS, G. K. et al. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 645, 2019.
- OLIVEIRA, J. P. et al. Avaliação da fixação e transferência de nitrogênio na associação gramíneas-leguminosas forrageiras tropicais, através da diluição isotópica do <sup>15</sup>N. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.2, p.210-222, 1996.

- OLIVEIRA, L. V. et al. Características produtivas e morfofisiológicas de cultivares de azevém. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.2, p.191-197, 2014.
- OLIVEIRA, M. A. et al. Análise de crescimento do capim-bermuda ‘Tifton 85’ (*Cynodon* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1930-1938, 2000.
- OLIVO, C. J. et al. Produtividade e valor nutritivo de pastos consorciados com diferentes espécies de leguminosas. **Ciência Rural**, v.42, n.11, p.2051-2058, 2012.
- PAULA, C. C. L. et al. Acúmulo de forragem, características morfogênicas e estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. **Ciência Rural**, v.42, n.11, p.2059-2065, 2012.
- PEIXOTO, T. V. F. R. **Valor nutritivo e aspectos anatômicos de clones de *Pennisetum purpureum* (Schum.) de diferentes portes**. 2018. 76f. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- PEREIRA, A. V. et al. Capim-elefante: Versatilidades de usos na pecuária de leite. In: **Pecuária de Leite no Brasil: Cenários e Avanços Tecnológicos**. 1.ed. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, p.187-211, 2016.
- PEREIRA, A. R et al. **Meteorologia Agrícola: LCE 306**. Edição Revista e Ampliada. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 192p., 2007.
- PEREIRA, A.V. et al. Variação da qualidade de folhas em capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e híbridos de capim-elefante x milheto (*P. purpureum* x *P. glaucum*), em função da idade da planta. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.2, p.490-499, 2000.
- PEREIRA, A. V.; MARTINS, C.E.; CRUZ FILHO, A.B. Melhoramento de forrageiras tropicais. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S. (Ed.) **Recursos Genéticos e Melhoramento de plantas**, p. 549-602. 2001.
- PEREIRA, F. D. et al. Diets containing cunhã (*Clitoria ternatea* L.) hay and forage cactus (*Opuntia* sp.) meal on production and meat quality of Boer crossbred goat. **Tropical Animal Health and Production**, v.52, p.2707–2713, 2020.
- PEREIRA, O. G. et al. Análise de crescimento do capim Coastcross-1 sob adubação nitrogenada em duas idades de rebrotação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.10, p.2121-2128, 2011.
- PEREIRA, O. G. et al. Crescimento do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.1, p.30-35, 2012.
- PEZZOPANE, C. de G. et al. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, v.45, n.5, p.871-876, 2015.
- QUEIROZ FILHO, J. L. et al. Produção de matéria seca de cultivares e qualidade de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.262-266, 1998.
- QUEIROZ FILHO, J. L. et al. Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone.) cultivar Roxo em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.69-74, 2000.
- QUESADA, D.M. **Parâmetros quantitativos e qualitativos da biomassa de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com potencial para uso energético, na**



**forma de carvão vegetal.** 2005. 86p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

RIBEIRO, R. E. P. **Estabelecimento, respostas produtivas e morfológicas de genótipos de *Pennisetum sp.* de diferentes portes sob corte e irrigação.** 2019. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SALES, E. C. J. et al. Morphogenesis and productivity of Pioneiro elephant grass under different residual heights and light interceptions. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.36, n.2, p.137-143, 2014.

SANTOS JUNIOR, J. D. G. et al. Análise de crescimento do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, supl.2, p.1985-1991, 2004.

SANTOS, E. A. et al. Aspectos produtivos do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Roxo no Brejo Paraibano. **Revista brasileira de zootecnia**, v.30, n.1, p.31-36, 2001.

SANTOS, E. A. et al. Perfilamento e algumas características morfológicas do capim-elefante cv. Roxo sob quatro alturas de corte em duas épocas do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.30, n.1, p.24-30, 2001.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book.

SANTOS, M. C. S. et al. Comportamento de clones de *Pennisetum* submetidos a períodos de restrição hídrica controlada. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.229, p.31-39, 2011.

SANTOS, M. E. R. et al. Estrutura do dossel e características de perfilhos em pastos de capim-piatã manejados com doses de nitrogênio e períodos de diferimento variáveis. **Ciência Animal Brasileira**, v.18, e-37547, 2017.

SANTOS, R. F. & CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SANTOS, R. J. C. et al. Elephant grass clones for silage production. **Scientia Agricola**, v.70, n.1, p.6-11, 2013.

SHIMOYA, A. et al. Repetibilidade de características forrageiras do capim-elefante. **Scientia Agricola**, v.59, n.2, p.227-234, 2002.

SILVA, A. L. C. et al. Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2132-2140, 2010a.

SILVA, E. M. et al. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, v.74, n.10, p.1130-1137, 2010b.

SILVA, J. K. B. et al. Dwarf versus tall elephant grass in sheep feed: which one is the most recommended for cut-and-carry?. **Tropical Animal Health and Production**, v.53, p.93, 2021a.

SILVA, M. A. et al. Análise de trilha em caracteres produtivos de *Pennisetum* sob corte em Itambé, Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1185-1191, 2008.

- SILVA, M. C. **Avaliação de descritores morfológicos e seleção de diferentes tipos de progênies de *Pennisetum* sp.** 2006. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- SILVA, M.A et al. Rendimento forrageiro e valor nutritivo de clones de *pennisetum* sob corte, na zona da mata seca. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.229, p.63-74, 2011.
- SILVA, P. H. F. et al. Tall and short-sized elephant grass genotypes: morphophysiological aspects cut-and-carry, and grazing management. **Ciência Rural**, v.51, n.9, e20200848, 2021b.
- SILVA, R. M. **Adubação fosfatada sobre a cultura da cunhã no semiárido.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina/PE.
- SILVA, S. C. et al. Ecophysiology of C4 forage grasses—understanding plant growth for optimising their use and management. **Agriculture**, v.5, n.3, p.598-625, 2015.
- SILVA, S. H. B. et al. Uso de descritores morfológicos e herdabilidade de caracteres em clones de capim-elefante de porte baixo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1451-1459, 2009.
- SILVA, V. J. **Desempenho produtivo e análise de crescimento de capins do gênero *Cynodon* em resposta à frequência de desfolhação.** 2012. Tese (Doutorado) – Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, Universidade de São Paulo.
- SILVA, V. J. et al. Growth analysis of irrigated ‘Tifton 85’ and Jiggs bermuda grasses as affected by harvest management. **Crop Science**, v.56, n.2, p.882-890, 2016.
- SIMILI, F.F.et al. Respostas do híbrido de sorgo-sudão às adubações nitrogenada e potássica: características estruturais e produtivas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.1, p.87-94, 2010.
- SOARES, A. B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.443-451, 2009.
- SOUZA, R. T. A. **Anatomia e valor nutritivo de genótipos de Capim-elefante de diferentes portes sob irrigação.** 2019. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- TAMBARA, A.A. C. et al. Production and chemical composition of grasses and legumes cultivated in pure form, mixed or in consortium. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.39, n.3, p.235-241, 2017.
- TEIXEIRA, G. C. S. et al. Eficiência do uso da radiação solar e índices morfofisiológicos em cultivares de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.45, n.1, p.9-17, 2015.
- TEIXEIRA, V. I. et al. Aspectos agrônômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no Nordeste Brasileiro. **Archivos de zootecnia**, v.59, n.226, p.245-254, 2010.
- VIANA, B. L. et al. Adaptability and Stability Analysis for Selection of Elephantgrass Clones under Grazing. **Crop Science**, v.55, p.950-957, 2015.
- VIANA, B. L. et al. Morphological characteristics and proportion of leaf blade tissues of elephant grass clones under sheep grazing. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.11, p.1268-1275, 2018.

VIANA, B. L. et al. Repetibilidade e respostas de características morfofisiológicas e produtivas de capim-elefante de porte baixo sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, p.1731-1738, 2009.

VIDAL, A. K. F. et al. Production potential and chemical composition of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) at different ages for energy purposes. **African Journal of Biotechnology**, v.16, n.25, p.1428-1433, 2017.

WADI, A. et al. Effects of cutting interval and cutting height on dry matter yield and overwintering ability at the established year in *Pennisetum* species. **Plant Production Science**, v.7, n.1, p.88-96, 2004.

ZIECH, A. R. D. et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.05, p.374-382, 2015.