



***Brachiaria brizantha* cv. MARANDU X ADUBAÇÃO
NITROGENADA: INFLUÊNCIA NO CRESCIMENTO
INICIAL E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS**

REBECA DE CARVALHO ROSAS

2017



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

***Brachiaria brizantha* cv. MARANDU X ADUBAÇÃO
NITROGENADA: INFLUÊNCIA NO CRESCIMENTO
INICIAL E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS**

**Autora: Rebeca de Carvalho Rosas
Orientador: Profa. Dra. Daniela Deitos Fries**

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Julho de 2017

REBECA DE CARVALHO ROSAS

***Brachiaria brizantha* cv. MARANDU X ADUBAÇÃO
NITROGENADA: INFLUÊNCIA NO CRESCIMENTO
INICIAL E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Deitos Fries

Co-orientador: Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL

633.2 Rosas, Rebeca de Carvalho.
R714b *Brachiaria brizantha* cv. Marandu x adubação nitrogenada: influência no crescimento inicial e características fisiológicas. / Rebeca de Carvalho Rosas. - Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2017. 66fl.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação da Prof^ª. D. Sc. Daniela Deitos Fries e coorientação do Prof. D.Sc. Aureliano José Vieira Pires.

1. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu – Uso da água. 2. Adubação nitrogenada. 3. *Brachiaria brizantha* – Crescimento - Fisiologia. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Fries, Daniela Deitos. III. Pires, Aureliano José Vieira. IV. Título.

CDD(21): 633.2

Catálogo na fonte:
Cláudia Aparecida de Souza – CRB/5-1014
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu – Uso da água
2. Adubação nitrogenada
3. *Brachiaria brizantha* – Crescimento - Fisiologia

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA - PPZ
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Brachiaria brizantha cv. marandu x adubação nitrogenada: Influência no crescimento inicial e características fisiológicas".

Autor (a): Rebeca de Carvalho Rosas

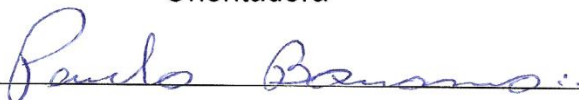
Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Daniela Deitos Fries

Co-orientador (a): Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



Prof^a. Dr^a. Daniela Deitos Fries – UESB
Orientadora



Prof. Dr. Paulo Bonomo - UESB



Dr^a. Ana Paula Gomes da Silva – PNP/UESB

Data de realização: 04 de julho de 2017.

*À minha família e amigos, por sempre
acreditarem em mim, em especial a
minha mãe, “Madah”, por ser tão
guerreira e exemplo de vida!*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua infinita misericórdia, pela oportunidade de viver, sua proteção e sabedoria para lidar com as situações adversas.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pela disponibilidade de infra estrutura para execução deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia (PPZ) da UESB, por ter possibilitado o desenvolvimento deste trabalho.

“Eis que eu envio anjos para preparar-te o caminho.” (Mt 11, 10)

A minha orientadora, Daniela Deitos Fries, pela paciência, carinho e todo conhecimento compartilhado.

Ao meu co-orientador, Aureliano José Vieira Pires, pela disponibilidade em participar dessa pesquisa e por todo apoio e ensinamentos.

A minha “pãe”, Maria Madalena de Carvalho Rosas, pelo amor, dedicação, incentivo e encorajamento para prosseguir, além das suas orações voltadas à minha vitória. Obrigada por nunca desistir de mim.

A Ícaro Pereira Silva, pessoa que tenho o privilégio de conviver e, sem dúvida é fundamental no meu crescimento pessoal e profissional.

A minha irmã e meu cunhado, Camila e Maximilien Coqueiro, “Myla e Max” obrigada pela irmandade e por todo amor. Vos agradeço por cada palavra de incentivo e por acreditarem sempre em mim.

As minhas primas queridas, minhas “amarelas”, Aléssia e Carol. Amo vocês princesas!

A toda minha família, avós, tios e tias, primos e primas, por estarem sempre acreditando que eu seria capaz.

Aos amigos-irmãos, por tornarem essa trajetória bem mais prazerosa:

“Os quais não nasceram do sangue, nem da vontade da carne, nem da vontade do homem, mas sim, de Deus.” (Jo 1, 13)

Abdias “OB”, por estar sempre disposto a me ajudar e me ouvir nos momentos difíceis, rs. Obrigada pela parceria e conselhos. Deus cuide de ti!

Daniel “Dan”, e Kelly “Kêu”, que Deus continue abençoando vocês. Agradeço pelo companheirismo, conhecimento compartilhado e por cada conselho dado, foram muito bem aproveitados. Admiro muito vocês, que são especiais nessa conquista!

A todos do Laboratório de Anatomia e Fisiologia Ecológica de Plantas (LAFIEP), Abdias, Adriane, Amanda, Bianca, Cristóvão, Daniel, João, Joice, Juci, Júnior, Leliane, Renata, Samara, Samille Meira, pela ajuda na realização do experimento e análises.

Aos meus amigos, Gleidson Silva, Samara Silva, Vinícius Rotondano e Vivian Coelho (irmã de república), obrigada pela amizade e desesperos compartilhados rs.

A todos, que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho.

*“Em todas as circunstâncias, dai
Graças, porque esta é a vontade de
Deus em Jesus Cristo.” (1 Ts 5, 18)*

BIOGRAFIA

REBECA DE CARVALHO ROSAS, filha de Jorge Luiz Souza Rosas (em memória) e Maria Madalena de Carvalho Rosas, brasileira, nascida na cidade de Feira de Santana no estado da Bahia, no dia 04 de agosto de 1991.

Concluiu o ensino médio no Colégio Estadual Geovânia Nogueira Nunes, em 2009, na cidade de Itatim-Bahia, e iniciou a graduação em Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus Juvino Oliveira em agosto de 2010, concluindo-a em fevereiro de 2015.

Em março do mesmo ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração em Produção de Ruminantes, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, realizando estudos na área de Forragicultura e Pastagens, sob orientação da professora DSc. Daniela Deitos Fries.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xiii
RESUMO.....	xv
ABSTRAT.....	xvii
I REFERENCIAL TEÓRICO.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	2
1.3. Aspectos fisiológicos de vegetais.....	4
1.4. Adubação nitrogenada.....	6
1.5. Referências bibliográficas.....	9
II OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo geral.....	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
III CAPÍTULO I - CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E FISIOLÓGICAS DO CAPIM MARANDU SUBMETIDO À DOSES DE NITROGÊNIO.....	14
RESUMO.....	14
3.1. Introdução.....	16
3.2. Material e métodos.....	17
3.2.1. <i>Instalação do experimento</i>	17
3.2.2. <i>Avaliações</i>	19
3.2.2.1. Produção de massa seca.....	19
3.2.2.2. Características morfogênicas e estruturais.....	19
3.2.2.3. Área foliar e análises de crescimento.....	20
3.2.2.4. Teores de pigmentos e de carboidratos.....	20
3.2.2.4.1. <i>Clorofilas e carotenoides</i>	20
3.2.2.4.2. <i>Açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido</i>	21
3.2.2.5. Eficiência de uso da água.....	21
3.2.3. <i>Estatística</i>	22
3.3. Resultados e discussão.....	22

3.4. Conclusão.....	38
3.5. Referências bibliográficas.....	39
IV CAPÍTULO II - INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO SOBRE A REBROTA E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO CAPIM MARANDU	41
RESUMO.....	41
4.1. Introdução	43
4.2. Material e métodos.....	44
4.2.1. <i>Instalação do experimento</i>	44
4.2.2. <i>Avaliações</i>	46
4.2.2.1. Produção de massa seca	46
4.2.2.2. Características morfogênicas e estruturais	46
4.2.2.3. Área foliar e análises de crescimento	47
4.2.2.4. Teores de pigmentos e de carboidratos	47
4.2.2.4.1. <i>Clorofilas e carotenoides</i>	47
4.2.2.4.2. <i>Açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido</i>	48
4.2.2.5. Eficiência de uso da água	48
4.2.3. <i>Estatística</i>	49
4.3. Resultados e discussão	49
4.4. Conclusão.....	63
4.5. Referências bibliográficas.....	64

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Curva sigmoide do crescimento vegetal.....	5

III – CAPÍTULO I

Figura 1. Umidade relativa do ar média (%) e temperatura (°C) máxima, mínima e média durante o período experimental (23/03/2016 a 27/04/2016)	18
Figura 2. Produção de massa seca (MS) de folha (A), massa seca de colmo (B), razão folha/colmo (C), massa seca da parte aérea (D), massa seca total (E), massa seca de raiz (F) e volume de raiz (G) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (♦) e 28 (●) dias após corte de uniformização	23
Figura 3. Número de folhas vivas por perfilho (A), Filocrono (B), taxa de aparecimento foliar (C), largura final de folha (D), comprimento final de folha (E), taxa de alongamento foliar (F), comprimento final de colmo (G) taxa de alongamento de colmo (H) e comprimento total da planta (I) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (♦) e 28 (●) dias após o corte de uniformização	25
Figura 4. Área foliar (A), área foliar específica (B), índice de área foliar (C), razão área foliar (D) e razão peso foliar (E) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (♦) e 28 (●) dias após o corte de uniformização	28
Figura 5. Taxa de assimilação líquida (A), taxa de crescimento absoluto (B), taxa de crescimento relativo (C) e taxa de crescimento da cultura (D) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (♦) e 28 (●) dias após o corte de uniformização.....	30
Figura 6. Teores de clorofila <i>a</i> (A), clorofila <i>b</i> (B), clorofila total (C), razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> (D) e teores de carotenoides (E) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (♦) e 28 (●) dias após o corte de uniformização.....	32

Figura 7. Açúcares solúveis totais (AST) em folha (A), açúcares redutores (AR) em folha (B), AST colmo (C), AR colmo (D), AST raiz (E), AR raiz (F), amido (AM) em colmo (G) e AM raiz (H) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (◆) e 28 (●) dias após o corte de uniformização	34
Figura 8. Eficiência de uso da água, água necessária para produzir 1 kg MS (A) e kg MS produzida com 1L água (B) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (◆) e 28 (●) dias após o corte de uniformização	36

IV – CAPÍTULO II

Figura 1. Umidade média (%) e temperatura (°C) máxima, mínima e média durante o período experimental (23/03/2016 a 27/04/2016)	45
Figura 2. Massa seca (MS) de folha (A), massa seca de colmo (B), razão folha/colmo (C), massa seca da parte aérea (D), massa seca total (E), massa seca de raiz (F) e volume de raiz (G) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização	50
Figura 3. Número de folhas vivas por perfilho (A), Filocrono (B), taxa de aparecimento foliar (C), largura final de folha (D), comprimento final de folha (E), taxa de alongamento foliar (F), comprimento final de colmo (G) taxa de alongamento de colmo (H) e comprimento total da planta (I) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização	52
Figura 4. Área foliar (A), área foliar específica (B), índice de área foliar (C), razão área foliar (D) e razão peso foliar (E) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização	55
Figura 5. Taxa de assimilação líquida (A), taxa de crescimento absoluto (B), taxa de crescimento relativo (C) e taxa de crescimento da cultura (D) de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização	57

- Figura 6. Clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), clorofila total (C), razão clorofila *a*/clorofila *b* (D) e carotenoides (E) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização..... 58
- Figura 7. Açúcares solúveis totais (AST) em folha (A), açúcares redutores (AR) em folha (B), AST colmo (C), AR colmo (D), AST raiz (E), AR raiz (F), amido (AM) em colmo (G) e AM raiz (H) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização 60
- Figura 8. Eficiência de uso da água, água necessária para produzir 1 kg MS (A) e kg MS produzida com 1L água (B) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização..... 62

LISTA DE TABELAS

Página

III – CAPÍTULO I

Tabela 1. Análise física do solo da área experimental	18
Tabela 2. Análise química do solo da área experimental	18
Tabela 3. Efeito do período de crescimento (dias após corte de uniformização – DAC) na massa seca (MS) e volume de raiz de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	24
Tabela 4. Efeito de dias após corte de uniformização na taxa de aparecimento foliar, largura final de folha, comprimento final de folha, taxa de alongamento foliar, comprimento final de colmo, taxa de alongamento de colmo e comprimento total de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	27
Tabela 5. Efeito dos dias pós corte de uniformização na área foliar, área foliar específica, índice de área foliar e razão área foliar de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	29
Tabela 6. Efeito dos dias pós corte de uniformização na taxa de assimilação líquida de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	31
Tabela 7. Efeito dos dias pós corte de uniformização nos teores de clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> , clorofila total, razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> e teores de carotenoides de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	32
Tabela 8. Efeito dos dias pós corte de uniformização nos teores de açúcares solúveis totais na folha, no colmo e na raiz, açúcar redutor na folha, no colmo e na raiz, amido no colmo e na raiz de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	35
Tabela 9. Efeito de dias após corte de uniformização na eficiência de uso da água de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	37

IV – CAPÍTULO II

Tabela 1. Análise física do solo da área experimental	45
Tabela 2. Análise química do solo da área experimental	45

Tabela 3. Efeito do nitrogênio na produção de massa seca de raiz de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	51
Tabela 4. Efeito do nitrogênio na largura final de folha de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	54
Tabela 5. Efeito do nitrogênio na área foliar, área foliar específica, índice de área foliar e razão área foliar de folha de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	56
Tabela 6. Efeito do nitrogênio na taxa de assimilação líquida de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	57
Tabela 7. Efeito do nitrogênio nos teores de clorofila <i>b</i> , clorofila total e razão clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	59
Tabela 8. Efeito da adubação nitrogenada nos teores de açúcares solúveis totais (AST) em folha, açúcares redutores (AR) em folha, AR colmo, AR raiz, amido (AM) em colmo e AM raiz de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	61
Tabela 9. Efeito da adubação nitrogenada na eficiência de uso da água de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	62

RESUMO

ROSAS, Rebeca de Carvalho. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu x adubação nitrogenada: influência no crescimento inicial e características fisiológicas. Itapetinga, BA: UESB, 2017. 66 p. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes)*.

Objetivou-se avaliar o crescimento, características fisiológicas e eficiência no uso da água em diferentes períodos de rebrota da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, adubada ou não com nitrogênio. A pesquisa foi dividida em dois experimentos, ambos desenvolvidos em casa de vegetação, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, no período de fevereiro a abril de 2016, em esquema fatorial, sendo o primeiro 4x2 (4 doses de nitrogênio e 2 períodos de crescimento), e o segundo 5x2 (5 períodos de crescimento e 2 doses de nitrogênio), com 5 repetições. Os vasos foram pesados diariamente para a reposição da água. Foi realizado o transplante de plântulas e, após 35 dias, fez-se o corte de uniformização, seguido da adubação nitrogenada, dando início às avaliações das características produtivas e fisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em cada período de crescimento. A adubação nitrogenada promoveu efeito linear crescente para massa seca de folha em ambos os períodos avaliados (14 e 28 dias após corte de uniformização (DAC)). O efeito da adubação nitrogenada foi quadrático sobre a razão folha/colmo, nos dois períodos após o corte de uniformização. Houve efeito quadrático para número de folhas vivas por perfilho, e linear decrescente para filocrono aos 14 DAC. A largura e comprimento final de folha apresentou efeito linear crescente com adubação nitrogenada. A adubação nitrogenada proporcionou aumento linear na área foliar, e no índice de área foliar, independente do período de crescimento. Aos 14 e aos 28 DAC, as taxas de crescimento absoluto, relativo e da cultura apresentaram efeito quadrático. Independente do período após o corte de uniformização, o nitrogênio influenciou os teores de clorofila *a* e de clorofila total, de forma quadrática. O teor de amido na raiz foi diretamente proporcional ao aumento das doses de nitrogênio. Os teores de açúcares solúveis totais e amido no colmo e na raiz foram maiores os 28 DAC. A quantidade de água necessária para produzir um kg de massa seca e a produção de massa seca por litro de água apresentou efeito quadrático. Houve efeito quadrático para produção de massa seca de folha em função do período após corte de uniformização na ausência de adubação, já na presença de nitrogênio o efeito foi linear crescente. O número de folhas vivas e comprimento total da planta apresentaram efeito quadrático, em função do período após corte de uniformização na ausência de nitrogênio e linear quando adubadas. A relação entre período após corte de uniformização e filocrono foi linear na ausência da adubação nitrogenada e quadrática com nitrogênio. A área foliar foi diretamente proporcional ao período de crescimento após corte de uniformização, bem como o índice de área foliar. Os teores de clorofila *a* apresentaram efeito quadrático tanto na ausência, quanto na presença da adubação. Os teores de clorofila *b* e clorofila total foram influenciados de forma quadrática, enquanto que a razão clorofila *a*/clorofila *b* foi inversamente proporcional ao período após corte de uniformização, independentemente da adubação nitrogenada. O teor de amido em raiz aumentou em função do período após corte de uniformização. Para massa seca produzida com um litro de água houve efeito

quadrático, tanto na presença quanto na ausência de nitrogênio. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu responde a adubação nitrogenada no período de rebrota, aumentando a produção de massa seca e os teores de clorofilas. Esses pigmentos são os responsáveis pelo crescimento nos primeiros dias após corte, enquanto que, ao final do período, esse crescimento se deve, principalmente, à área foliar (número de folhas e tamanho da folha). A adubação com nitrogênio promove aumento nas taxas de crescimento, e, conseqüentemente, nos teores de amido na raiz, evidenciando sua influência nas taxas fotossintéticas. Além disso, melhora a eficiência no uso da água. Assim, o nitrogênio influencia em uma rápida recuperação pós-corte (pós-pastejo), permitindo o restabelecimento da planta e seu investimento em reservas, as quais auxiliarão em sua recuperação após um novo corte (pastejo). O crescimento aumenta com o período após corte, sendo mais rápido nas plantas adubadas. O nitrogênio tem um importante efeito no início da rebrota, uma vez que acelera o crescimento após o corte, principalmente da parte aérea. Isso é evidenciado também no número e tamanho de folha. Os teores de pigmentos reduzem com a idade da planta, entretanto isso é compensado pela área foliar (número e tamanho da folha), que mantém altas taxas de assimilação líquida, independente do nitrogênio. Essas taxas aumentam com o período pós-corte, influenciando diretamente os teores de amido. Os teores de amido apresentam-se, durante todo o período de rebrota, mais altos nas raízes, evidenciando essa estrutura como o principal órgão de reserva na *Brachiaria brizantha*. Além disso, a presença do nitrogênio favorece os maiores teores desse carboidrato, apesar de que, em condições hídricas favoráveis, o crescimento das plantas se mantém constante até os 35 dias após corte, sendo a melhor eficiência no uso da água ocorre aos 20 dias de rebrota. Isso indica que pode haver prejuízos à planta em períodos de crescimento muito longos após corte, ainda que, no campo, é mais difícil controlar as condições hídricas.

Palavras-chave: amido, clorofila, produção, ureia, *Urochloa*.

ABSTRACT

ROSAS, Rebeca de Carvalho. **Evaluation of the vegetative growth of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivated under different doses of nitrogen fertilization.** Itapetinga, BA: UESB, 2017. 66 p. Dissertation. (Master's Degree in Animal Husbandry, Area of Concentration in Ruminant Production). *

The objective of this study was to evaluate the growth, physiological characteristics and water use efficiency in different *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, fertilized or not with nitrogen. The research was divided in two experiments, both developed in a greenhouse, at the State University of the Southwest of Bahia, Itapetinga, BA, from February to April 2016, in a factorial scheme, the first 4x2 (4 doses of nitrogen and 2 growth periods), and the second 5x2 (5 growth periods and 2 nitrogen doses), with 5 replicates. The vessels were weighed daily to replenish the water. The seedlings were transplanted and, after 35 days, the uniformity was cut, followed by nitrogen fertilization, starting the evaluations of the productive and physiological characteristics of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu in each period of growth. Nitrogen fertilization promoted an increasing linear effect for dry leaf mass in both evaluated periods (14 and 28 days after cut of uniformity (DAC)). The effect of the nitrogen fertilization was quadratic on the leaf / stem ratio, in the two periods after the uniformization cut. There was a quadratic effect for number of live leaves per tiller, and linear decreasing for phyllochron at 14 DAC. The final leaf width and length showed an increasing linear effect with nitrogen fertilization. Nitrogen fertilization provided a linear increase in leaf area, and leaf area index, independent of the growth period. At 14 and 28 CAD, absolute, relative, and culture growth rates showed a quadratic effect. Independently of the period after the cut of uniformity, nitrogen influenced the chlorophyll a and total chlorophyll contents, in a quadratic form. The starch content in the root was directly proportional to the increase of the nitrogen doses. The contents of total soluble sugars and starch in the stem and root were higher than 28 DAC. The quantity of water required to produce one kg of dry mass and the production of dry mass per liter of water had a quadratic effect. There was a quadratic effect for leaf dry mass production as a function of period after cut of uniformity in the absence of fertilization, already in the presence of nitrogen the effect was linearly increasing. The number of live leaves and total length of the plant presented a quadratic effect, as a function of the period after cut of uniformity in the absence of nitrogen and linear when fertilized. The relationship between period after cut of uniformity and phyllochron was linear in the absence of nitrogen and quadratic fertilization with nitrogen. The leaf area was directly proportional to the growth period after cut of uniformity, as well as the leaf area index. The chlorophyll content presented a quadratic effect both in the absence and in the presence of fertilization. The levels of chlorophyll b and total chlorophyll were influenced in a quadratic manner, while the chlorophyll a / chlorophyll b ratio was inversely proportional to the period after cut of uniformity, regardless of nitrogen fertilization. The root starch content increased as a function of the period after cut of standardization. For dry mass produced with one liter of water there was quadratic effect, both in the presence and in the absence of nitrogen. The *Brachiaria brizantha* cv. Marandu responds to nitrogen fertilization in the regrowth

period, increasing dry mass production and chlorophyll content. These pigments are responsible for growth in the first days after cutting, while at the end of the period, this growth is mainly due to leaf area (leaf number and leaf size). Fertilization with nitrogen promotes an increase in the growth rates, and, consequently, in the starch contents in the root, evidencing its influence on the photosynthetic rates. In addition, it improves water use efficiency. Thus, nitrogen influences a rapid post-harvest recovery (post-grazing), allowing the restoration of the plant and its investment in reserves, which will aid in its recovery after a new cut (grazing). The growth increases with the period after cutting, being faster in the plants fertilized. Nitrogen has an important effect at the beginning of the regrowth, since it accelerates the growth after the cut, mainly of the aerial part. This is also evidenced in leaf number and size. The pigment contents reduce with the age of the plant, however this is compensated by the leaf area (number and size of the leaf), which maintains high rates of net assimilation, independent of nitrogen. These rates increase with the post-cutting period, directly influencing the starch contents. The starch contents appear throughout the regrowth period, higher in the roots, evidencing this structure as the main reserve organ in *Brachiaria brizantha*. In addition, the presence of nitrogen favors the higher carbohydrate contents, although, under favorable water conditions, plant growth remains constant until 35 days after cutting, and the best water use efficiency occurs at 20 days of age. Regrowth This indicates that there may be losses to the plant in very long periods of growth after cutting, although in the field it is more difficult to control the water conditions.

Keywords: chlorophyll, production, starch, urea, *Urochloa*.

* Advisor: Daniela Deitos Fries, DSc. UESB and Co-Advisor: Aureliano José Vieira Pires, DSc.

I REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Introdução

O aumento da população mundial requer do setor agropecuário maior produção de alimentos e, aliados a isso, vários estudos estão sendo desenvolvidos com o intuito de otimizar as áreas agricultáveis já estabelecidas, reduzindo, dessa forma, o desmatamento para esse fim.

A utilização de métodos que intensifiquem a produção a pasto, de forma a produzir mais em menor área, garantem maior competitividade e obtenção de um produto de melhor qualidade. O uso adequado das pastagens pode favorecer o crescimento da produção animal, sem utilização de novas áreas, e ainda reduzindo o tempo de produção e aumentando a qualidade do produto final.

Cultivar espécies forrageiras adaptadas ao clima do Brasil tem sido uma das estratégias de manejo mais utilizadas e, nesse contexto, as espécies do gênero *Brachiaria* têm se destacado. Segundo dados disponíveis do último Censo Agropecuário Brasileiro, estima-se que no Brasil existam aproximadamente 172,3 milhões de hectares de pastagens, e que aproximadamente 80% dessas áreas estejam ocupadas por espécies forrageiras do gênero *Brachiaria*, principalmente, *B. decumbens* e *B. brizantha* (IBGE, 2007).

O capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu tem apresentado bom desempenho nutricional e produtivo. Com isso, a avaliação das características fisiológicas pode ser fundamental para otimização da produção, visto que são influenciadas pela adubação, e os nutrientes quase nunca estão presentes no solo em quantidades adequadas, podendo ser fornecidos de acordo com potencial produtivo da planta, pois, segundo Alvim et al. (1990), quanto maior o potencial de produção da forrageira, maior poderá ser a eficiência da adubação, principalmente nitrogenada.

O nitrogênio é essencial para o crescimento e a manutenção das plantas forrageiras, porém é deficiente em solos brasileiros. Ele faz parte dos principais constituintes necessários para a manutenção da produção das gramíneas, dentre eles, as proteínas, que têm função ativa no metabolismo celular, e clorofilas, responsáveis pela absorção da radiação para a fotossíntese.

As plantas utilizam a energia solar para fixar carbono no interior de sua estrutura celular, e a distribuição desse carbono e energia dentro da planta é afetada pela seletividade dos fatores ambientais (Van Soast, 1982). As plantas sempre estarão submetidas a algum tipo de estresse e, com isso, há uma necessidade de se compreender os fatores que podem influenciar no crescimento e desenvolvimento das plantas, nas diversas situações e como podem alterar suas respostas produtivas.

1.2. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

O gênero *Brachiaria* possui cerca de 100 espécies, sendo em grande parte de origem Africana. A *Brachiaria decumbens* é primeira espécie introduzida oficialmente no Brasil em 1952, no entanto foi a partir de 1965 que o gênero conseguiu seu reconhecimento nas regiões centro oeste e sudeste do país e, principalmente, na Amazônia, após importações de espécies como a *Brachiaria ruzizienses* e *Brachiaria brizantha* (Valle, 1990).

Segundo Alvim, Botrel & Xavier (2002) a partir da década de 1970 houve um aumento das áreas de pastagens cultivadas com as espécies do gênero *Brachiaria*, devido, especialmente, às características de adaptação ao clima tropical. Espécies desse gênero, principalmente *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria humidicola*, tiveram uma rápida disseminação no Brasil, devido à facilidade na aquisição de sementes de qualidade boa.

Espécies do gênero *Brachiaria* apresentam um rápido estabelecimento, eficiência na proteção contra erosão do solo, alta competição com invasoras e boa tolerância a solos de baixa fertilidade, tornando-as responsáveis por cerca de 85% de toda área de pastagens cultivadas no país (Hodgson & Silva, 2002).

Dentre as espécies do gênero *Brachiaria*, a *Brachiaria brizantha* é uma das mais difundidas, sendo o cultivar Marandu mais utilizado, quando comparada a outras gramíneas (Costa et al, 2007). Esse cultivar é oriundo da Estação Experimental de Forrageiras de Marandellas, no Zimbábue, na África. Foi trazida ao Brasil na década de 70, pelo produtor de sementes Paul Rankin Rayman e pelo pesquisador John Clatworthy (Nunes et al., 1984).

A região vulcânica da África, origem da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, apresenta solos geralmente férteis, com precipitação pluviométrica anual em torno de

700 mm, e com um período de seca no inverno com cerca de oito meses (Meirelles & Mochiutti, 1999).

Pertencente à família Poaceae, a espécie *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é uma gramínea que possui o sistema fotossintético C4, hábito de crescimento do tipo cespitoso e pode chegar a uma altura de até 1,5 a 2,5 m. Por serem muito robustas, distinguem-se de outros cultivares da espécie devido às características como o intenso afilhamento nos nós superiores dos colmos floríferos, presença de pelos na parte apical dos entre nós, bainhas pilosas e lâminas foliares largas e longas com pubescência apenas na parte inferior (Nunes et al., 1984).

O cultivar Marandu tem apresentado produtividade bem distribuída no ano e uma alta produção de massa seca de forragem, mantendo o solo bem coberto devido ao seu rápido estabelecimento. É bastante competitiva com invasoras, além de ser resistente à cigarrinha das pastagens, e apresenta valores de produção de massa seca que pode chegar a cerca de 20 t por ha⁻¹.ano⁻¹ (Alvim et al. 1990; Valle et al., 2010).

Para a produção animal, além de se considerar a capacidade produtiva da forrageira, a qualidade da forragem produzida também deve ser levada em consideração, pois as concentrações totais dos nutrientes mais relevantes na produção animal têm sido inversamente proporcionais ao crescimento vegetal (Monteiro, 2004), ou seja, ao passo que a forrageira vai crescendo, o conteúdo de parede celular tende a aumentar e, conseqüentemente, há uma redução na digestibilidade (Hoffmann et al., 2014).

A forragem produzida pela cultivar Marandu, quanto a sua qualidade nutricional, em termos de proteína bruta, varia de 8,8% a 18,7% MS (Camarão & Souza Filho, 2005), assemelha-se a outras espécies quanto à variação de suas características bioquímicas, fisiológicas, morfológicas, nutricionais e qualitativas, sendo que, quando produzidas em solos considerados de fertilidade baixa, resultam em forragens de menor qualidade, caracterizada, principalmente, pelo baixo teor proteico e elevado teor de fibras presentes na parede celular (Costa, Oliveira & Faquin 2006).

Segundo Macedo (2005), houve uma substituição de mais de 70 milhões de hectares de vegetação nativa pelo capim Marandu, sendo essa, uma das espécies que mais possui destaque nas vendas de sementes no Brasil, e até exportação para a América Latina. No entanto, é imprescindível uma manutenção dessas áreas, com manejo adequado para garantir sua persistência, tornando-se fundamental o conhecimento de aspectos relativos tanto à morfologia quanto a fisiologia, uma vez que o potencial de

uma gramínea forrageira é consequência de um conjunto de características e a interação entre elas.

1.3. Aspectos fisiológicos de vegetais

O crescimento e a produtividade das forrageiras são promovidos pela fotossíntese, e geralmente quantificados tendo como base o acúmulo de massa seca em um intervalo de tempo, a qual depende de uma série de fatores que interagem entre si (Kerbaudy, 2008).

A maior parte da massa seca acumulada corresponde a moléculas orgânicas derivadas da fotossíntese, e o restante é consequência da absorção de nutrientes presentes no solo (Cairo, Oliveira & Mesquita, 2008; Kerbaudy, 2008). Contudo, a ausência ou os baixos níveis de nutrientes presentes no solo, como por exemplo o fósforo e o nitrogênio, provoca um retardamento no crescimento inicial das forrageiras, uma vez que esses nutrientes são fundamentais para os vários processos metabólicos envolvidos no crescimento e desenvolvimento (Pimentel et al., 2016).

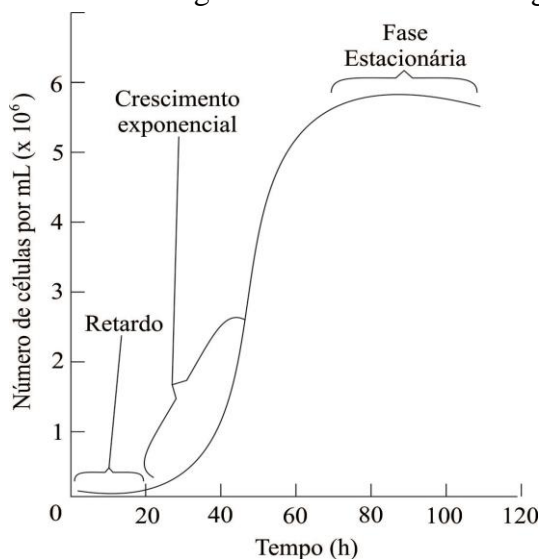
Para Cairo, Oliveira & Mesquita (2008), a análise de crescimento tem por objetivo avaliar o crescimento por meio da produção líquida das plantas, principalmente devido à fotossíntese e assimilação de CO₂, em um intervalo de tempo predefinido. Taiz & Zeiger, (2013) propõe a curva clássica de crescimento de uma planta, a qual se apresenta na forma sigmoide (Figura 1).

É possível identificar três fases distintas: fase 1 – retardo: fase inicial durante a qual as células podem sintetizar as enzimas necessárias ao rápido crescimento; fase 2 – crescimento exponencial: as células crescem exponencialmente – um período de crescimento rápido, sucedido por um período de crescimento lento, no qual o número de células aumenta linearmente; e a fase 3 – estacionária: nessa fase o número de células permanece constante ou mesmo declina quando os nutrientes são exauridos do meio.

Os vegetais têm como principal fonte de energia a luz, a qual passa por processos de conversão em energia química, conhecidos como fotossíntese (Araújo & Deminicis, 2009). A fotossíntese acontece nos cloroplastos, que em plantas de metabolismo C4 estão localizados tanto nas células do mesófilo, quanto nas células da bainha do feixe vascular, e contêm pigmentos fotossinteticamente ativos,

principalmente, clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides, responsáveis pela absorção da radiação (Larcher, 2000; Taiz & Zeiger, 2013).

Figura 1. Curva sigmoide do crescimento vegetal



Fonte: Taiz & Zeiger, (2013)

As clorofilas são os principais pigmentos que atuam na fotossíntese, das quais a clorofila *a* faz parte de complexos antena e, principalmente, dos centros de reação, já a clorofila *b*, assim como o carotenoide, são considerados pigmentos acessórios responsáveis pela absorção de luz, sendo que este último também possui função na fotoproteção (Kerbaudy, 2008; Taiz & Zeiger, 2013).

A radiação absorvida pelos pigmentos fotossintetizantes é encaminhada para os sítios de reação, os quais são bem definidos e localizados sobre as membranas dos tilacóides (Streit, et al., 2005). No processo fotossintético, expresso pela equação: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO}_2\text{H} + \text{O}_2$, a energia solar é utilizada pela planta para oxidar a água e reduzir o dióxido de carbono e, como consequência, ocorre à liberação de oxigênio, e formação de compostos carbonados, principalmente açúcares (Taiz & Zeiger, 2013).

Os carboidratos, resultantes da fotossíntese, são utilizados como fonte de energia para formação de tecidos e redistribuídos para diversas partes da planta, no entanto, o excesso de fotoassimilados pode ser armazenado em órgãos de reserva, principalmente na forma de amido (Zelitch, 1982; Lemaire & Chapman, 1996).

Os açúcares promovem a diferenciação, maturação e expansão no sistema radicular, resultando em um crescimento mais acelerado das raízes na busca de nutrientes limitantes. Essas entre outras adaptações da planta implicam modificações de

características morfológicas e fisiológicas, a fim de manter sua sobrevivência (Pimentel et al., 2016).

O incremento na massa seca pode ser determinado, principalmente através da avaliação morfogênica, a qual é descrita basicamente pelo aparecimento, alongamento e duração de vida das folhas, sendo que alterações na morfogênese podem modificar a estrutura do dossel, por meio de alterações no índice de área foliar e por consequência nas taxas fotossintéticas, refletindo na redução do crescimento e do acúmulo de forragem (Chapman & Lemaire, 1993).

Segundo Sbrissia et al. (2009), as características morfogênicas são influenciadas por fatores abióticos e determinam as características de estrutura do pasto, tamanho de folha, número de folhas vivas por perfilho e razão folha/colmo. De acordo com Artur, Garcez & Monteiro (2014), as características da planta, tanto morfogênicas quanto de produção, são influenciadas também pela disponibilidade de nutrientes e de água do solo, que, por sua vez, variam com a fase de crescimento da planta.

Alguns autores descreveram que cerca de 50 a 70% do nitrogênio total das folhas estão associados ao conteúdo dos cloroplastos, e que esse nutriente é constituinte de clorofilas e enzimas que participam dos processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas, de forma a propiciar incremento de massa seca por meio da fixação de carbono (Chapman & Barreto (1997), Nabinger, (2001); Hermans et al., (2006)).

1.4. Adubação nitrogenada

Um dos fatores que contribuem para a persistência das pastagens, além de evitar a degradação do solo é a manutenção dos nutrientes do solo, através da adubação. Dessa maneira, fornecer quantidades adequadas de nutrientes, especialmente de nitrogênio que é deficiente em solos brasileiros, é fundamental para garantir a produtividade das forrageiras, principalmente em pastagens formadas exclusivamente por gramíneas (Batista, 2010; Nabinger & Carvalho, 2009).

A falta ou deficiência de minerais pode ocorrer sob diversas intensidades, desde deficiências mais severas, até deficiências mais leves, podendo ocasionar o desenvolvimento lento, diminuição de massa seca e baixa qualidade nutricional (Hoffmann et al., 2014). Os trabalhos realizados por Cabral et al., (2016) e Santos et al.,

(2012) utilizando pastagens, apontam que é possível elevar a qualidade nutricional das forrageiras por meio de adubação, principalmente a nitrogenada, uma vez que, dentre os nutrientes, o nitrogênio (N) é o mais requerido na adubação de gramíneas forrageiras.

Segundo Costa et al., (2016), o crescimento e o desenvolvimento da planta são retardados em solos deficientes em nitrogênio, sendo que o teor de proteína torna-se insuficiente para atender as exigências do animal e ainda a produção de perfilhos é reduzida.

Em trabalho realizado por Santos & Fonseca (2016), no qual eles reuniram dados de pesquisas realizados no Brasil avaliando o efeito do nitrogênio em pastagens, pode se confirmar o aumento na produção de carne, em consequência da elevação da capacidade de suporte dos pastos proporcionado pela adubação nitrogenada. Também Andrade, Ferreira & Farrinatti (2011) observaram aumentos de até mais de 100% na massa seca de forragem de *Brachiaria*, quando adubadas com nitrogênio.

A disponibilidade de biomassa de forragem é diretamente influenciada pelo nitrogênio, devido a esse nutriente ser bastante requerido durante o desenvolvimento vegetal, pois, é essencial constituinte de aminoácidos e proteínas, ácidos nucleicos, hormônios, clorofilas, entre outros compostos (Marschner, 2012).

A deficiência de nitrogênio é considerada uma das principais causas da degradação das pastagens, uma vez que é constituinte de muitas moléculas que atuam diretamente na formação da estrutura vegetal, por meio da síntese de compostos orgânicos e, dessa forma, refletindo na estrutura da planta, tanto em características estruturais: tamanho de folha, densidade de perfilho e número de folhas por perfilho, quanto morfológicas: taxas de aparecimento, alongamento e senescência foliar (Lemaire, 2001; Costa et al., 2013).

Segundo Barbero et al. (2009), a adubação nitrogenada atua eficientemente, tanto no desenvolvimento, quanto na produção das forrageiras, aumentando significativamente a altura da planta e, conseqüentemente, a massa seca, além de influenciar o desenvolvimento de raiz (Silveira et al., 2010) e o teor proteína (Barbero et al., 2015), proporcionando dietas mais nutritivas, além do aumento da capacidade de suporte das pastagens e ganho de peso vivo por hectare (Moreira et al., 2011).

Ao avaliarem a qualidade nutricional de pasto de *Brachiaria brizantha*, Santini et al., (2016), observaram que a adubação nitrogenada proporciona melhora dos teores de proteína e digestibilidade. Os mesmos resultados foram encontrados por Viana et al., (2011) quando observaram aumento nos teores proteicos de pastos de *Brachiaria*.

Costa et al., (2016), trabalhando com *Panicum maximum* cv. Massai, observaram que o nitrogênio aumentou a produção de massa seca de forragem e ainda proporcionou melhoras nas taxas de aparecimento e de expansão foliar, tamanho médio de folhas, número de perfilhos e de folhas/perfilho.

Werner, (1986) relatou que as respostas à adubação nitrogenada variam em função da espécie, do clima, das doses do nutriente e do manejo das plantas. Pesquisas têm indicado que algumas espécies do gênero *Brachiaria* são exigentes em nutrientes e, portanto, apresentam alta resposta à adubação.

O nitrogênio é um nutriente que possui uma complexa e diferenciada dinâmica no solo, comparando-o a outros nutrientes, devido a sua grande mobilidade, sofre inúmeras transformações, mediadas por microrganismos, transformando-se em formas gasosas e, com isso, há muitas perdas por volatilização, reduzindo sua eficiência, principalmente devido a maior parte de sua aplicação ser por cobertura (Aguiar & Silva, 2005).

A recomendação da adubação nitrogenada para garantir sua eficiência, deve ser realizada seguindo alguns parâmetros. Deve-se considerar a análise de solo, o nível tecnológico ou a intensidade do sistema de produção, aliados às características da forrageira, produtividade, valor forrageiro e requerimento nutricional, uma vez que a adubação tem por objetivo atender a demanda nutricional para o estabelecimento e manutenção das forrageiras (Alvarez & Ribeiro, 1999).

Outro parâmetro a ser considerado antes de realizar adubação, segundo Costa, Oliveira & Faquin (2006) é quanto ao grau de adaptabilidade da forrageira. Os mesmos autores afirmam que a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é considerada uma forrageira de adaptabilidade intermediária, estando entre as *Brachiaris ruziziensis*, *decumbens* e *humidicola*, as menos exigentes, e a cultivar MG-5 a mais exigente em nitrogênio, sendo que o grau de adaptabilidade dessas espécies é devido a técnicas de melhoramento genético do gênero *Brachiaria*.

A adubação nitrogenada deve ser realizada de forma adequada e em condições ambientais (temperatura, umidade, radiação) que favoreçam o crescimento das plantas, proporcionando aumento na produção de massa seca e proteína, a partir da produção de carboidratos. Portanto, o conhecimento das respostas fisiológicas das forrageiras, aliado à correta aplicação de nitrogênio, é essencial para garantia da produtividade, tanto da forrageira quanto do animal.

1.5. Referências bibliográficas

- AGUIAR, A. de P. A.; SILVA, A. M. Calagem e adubação da pastagem. In: **Simpósio de Forragicultura e Pastagens**. p. 177-246. 2005.
- ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de minas gerais (CFSMG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. **5ª aproximação**, Viçosa, 1999.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. de A.; VERNEQUE, R. da S.; SALVATI, J.A. Aplicação de nitrogênio em acessos de *Brachiaria*. 1. Efeito sobre a produção de matéria seca. **Pasturas Tropicais**, v. 12, n. 2, p. 2-6, 1990.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. de A.; XAVIER, D. F. **As principais espécies de *Brachiaria* utilizadas no País**. Embrapa Gado de Leite, 2002.
- ANDRADE, C. M. S.; FERREIRA, A. S.; FARRINATTI, L. H. E. Tecnologias para intensificação da produção animal em pastagens: fertilizantes x leguminosas. In: Simpósio sobre o manejo de pastagem. Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ. p.85-138. 2011.
- ARAÚJO, S. A. do C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. x-x, 2009.
- ARNON, D. I. The discovery of photosynthetic phosphorylation. **Trends in Biochemical Sciences**, v. 9, n. 6, p. 258-262, 1984.
- ARTUR, A. G.; GARCEZ, T. B.; MONTEIRO, F. A. Water use efficiency of marandu palisadegrass as affected by nitrogen and sulphur rates. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 10-17, 2014.
- BARBERO, L. M., CECATO, U., LUGÃO, S. M. B., GOMES, J. A. N., LIMÃO, V. A. & BASSO, K. C. Forage production and morphological components of *coastcross* pasture mixed with peanut forage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 788-795, 2009.
- BARBERO, L. M., BASSO, K. C., IGARASI, M. S., PAIVA, A. J., & BASSO, F. C. Respostas morfogênicas e estruturais de plantas tropicais submetidas à desfolhação. **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, n. 4, p. 321-330, 2015.
- BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 151-161, 2010.
- BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O.C. de; REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 103, n. 2, p. 389-403, 2004.

CABRAL, C. E. A.; CABRAL, L. da S.; BONFIM-SILVA, E. M.; CARVALHO, K. dos S.; KROTH, B. E.; CABRAL, C. H. A. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a fertilizantes nitrogenados associados ao fosfato natural reativo. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 1, p. 66, 2016.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA L. E. M. de; MESQUITA A. C. **Análise de Crescimento de Plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2008.

CAMARÃO, A. P.; SOUZA FILHO, A. P. da S. **Limitações e potencialidades do capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu (A. Rich) Stapf.) para a Amazônia. Embrapa Amazônia Oriental. Documentos**, v. 211, 2005.

CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: **International Grassland Congress**. p. 95-104. 1993.

COSTA, K. A. de P.; DE OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V. Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado. **Embrapa Arroz e Feijão**. Documentos, 2006.

COSTA, K. A. D. P., FAQUIN, V., RODRIGUES, C., & SAMPAIO, F. D. M. T. Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. **Ciência e agrotecnologia**, 2007.

COSTA, N. de L., PAULINO, V. T., MAGALHÃES, J. A., RODRIGUES, B. H. N., & SANTOS, F. J. de S. Eficiência do nitrogênio, produção de forragem e morfogênese do capim-massai sob adubação. **Nucleus**, v. 13, n. 2, p. 173-182, 2016.

COSTA, N. D. L., MORAES, A. D., MONTEIRO, A. L. G., MOTTA, A. C. V., OLIVEIRA, R. A. D., & RODRIGUES, A. N. A Forage productivity and morphogenesis of *Axonopus aureus* under different nitrogen fertilization rates. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 8, p. 541-548, 2013.

HERMANS, C., HAMMOND, J. P., WHITE, P. J., & VERBRUGGEN, N. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation?. **Trends in plant science**, v. 11, n. 12, p. 610-617, 2006.

HODGSON, J.; SILVA, S. C da. Options in tropical pasture management. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 180-202, 2002.

HOFFMANN, A.; MORAES, E. H. B. K. de; MOUSQUER, C. J.; SIMIONI, T. A.; GOMER, F. J.; FERREIRA, V. B. & SILVA, H. M. da. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período da seca. **Nativa**, v. 2, n. 2, p. 119-130, 2014.

IBGE. Censo agropecuário 1920/2006. Até 1996, dados extraídos de: Estatística do Século XX. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 maio 2017.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2008.

LARCHER, Walter. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: **International Grassland Congress**. São Paulo: SBZ, p. 29-37, 2001.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, p.3-36. 1996.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrado: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO - A PRODUÇÃO ANIMAL E O FOCO NO AGRONEGÓCIO, 2005, Goiânia. **Anais da 42ª Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, p. 56-84, 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ª edição. London: Academic, 651 p. 2012.

MEIRELLES, PR de L.; MOCHIUTTI, S. Formação de pastagens com capim marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) nos cerrados do Amapá. **Embrapa Amapá. Recomendações técnicas**, 1999.

MONTEIRO, F. A. Concentração e distribuição de nutrientes em gramíneas e leguminosas forrageiras. **Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**, v. 2, p. 71-107, 2004.

MOREIRA, L. M., SANTOS, M. E., FONSECA, D. M., MARTUSCELLO, J. A., MORAIS, R. V., & MISTURA, C. Produção animal em pastagem de capim-braquiária adubada com nitrogênio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.4, p914-921, 2011.

NABINGER, C. Manejo da desfolha. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, p. 231-251, 2001.

NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. de F. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. **Agrociencia**, v. 13, n. 3, p. 18-27, 2009.

NUNES, S. G., BOOCK, A., PENTEADO, M. D. O.; & GOMES, D. T. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Documentos Embrapa**, v. 21, 1984.

PIMENTEL, R. M.; BAYÃO, G. F. V.; LELIS, D. L.; CARDOSO, A. J. da S.; SALDARRIAGA, F. V.; MELO, C. C. V.; SOUZA, F. B. M. de; PIMENTEL A. C. de S. FONSECA, D. M. da & SANTOS, M. E. R. Ecofisiologia de plantas forrageiras. **PUBVET**, v. 10, n. x, p. 636-720, 2016.

SANTINI, J. M. K.; PERIN, A.; COAGUILA, D. N.; VALDERRAMA, M.; GALINDO, F. S.; SANTOS, C. G. dos; SILVA V. M. & BUZETTI, S. Adubação nitrogenada na implantação de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés no cerrado: Características nutricionais-Parte 2. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 10, n. 2, p. 140-153, 2016.

SANTOS & FONSECA. **Adubação de pastagens em sistemas de produção animal**. Viçosa: Ed. UFV, 311 p. 2016.

SANTOS, M. R.; FONSECA, D. M. da; GOMES, V. M.; SILVA, S. P. da; SILVA, G. P. & SANT'ANNA, M. R. Correlações entre características morfogênicas e estruturais em pastos de capim-braquiária. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 49-56, 2012.

SILVEIRA, M. C. T. D.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. D.; SILVA, S. C. D.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; SBRISSIA, A. F.; RODRIGUES, C. S.; SOUSA, B. M. de L.; PENA, K. da S. & VILELA, H. H. Morphogenetic and structural comparative characterization of tropical forage grass cultivars under free growth. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p. 136-142, 2010.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. do; HECKTHEUER, L. H. H. As Clorofilas. **Ciência Rural**. v.35, n.3, p.748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2013.

VALLE, C. B. **Correlação de germoplasma de espécies de *Brachiaria* no CIAT: estudos básicos visando ao melhoramento genético**. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 1990.

VALLE, C. B.; MACEDO M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; JANK, L. & RESENDE, L. M. S. Gênero *Brachiária*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: UFV, p.30-77. 2010.

VAN SOEST, Peter J. **Nutritional Ecology of the Ruminant; Ruminant Metabolism, Nutritional Strategies, the Cellulolytic Fermentation and the Chemistry of Forages and Plant Fibers**. O & B Books, 1982.

VIANA, M. C. M.; FREIRE, F. M.; FERREIRA, J. J.; MACÊDO, G. A. R.; CANTARUTTI, R. B.; MASCARENHAS, M. H. T. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-braquiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1497-1503, 2011.

WERNER, J. C. Adubação de pastagens. **Nova Odessa: Instituto de Zootecnia**, 1986.

ZELITCH, Israel. The close relationship between net photosynthesis and crop yield. **BioScience**, v. 32, n. 10, p. 796-802, 1982.

II OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a rebrota inicial e características fisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, cultivada sob doses de nitrogênio.

2.2. Objetivos específicos

Verificar o efeito de doses de nitrogênio sobre o crescimento, características fisiológicas e eficiência no uso da água da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em dois períodos de crescimento após corte;

Avaliar o crescimento, características fisiológicas e eficiência no uso da água em diferentes períodos de rebrota da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, adubada ou não com nitrogênio.

III CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E FISIOLÓGICAS DO CAPIM MARANDU SUBMETIDO A DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO – O nitrogênio é considerado o nutriente de maior importância quando se deseja elevar a produtividade das pastagens, garantindo sua persistência, uma vez que é constituinte de várias moléculas como clorofilas, proteínas, entre outros, que atuam diretamente na síntese de compostos orgânicos. Objetivou-se verificar o efeito de doses de nitrogênio sobre o crescimento, características fisiológicas e eficiência no uso da água da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em dois períodos de crescimento após corte. A pesquisa foi realizada em casa de vegetação, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, no período de fevereiro a abril de 2016, em esquema fatorial 4x2 (4 doses de nitrogênio e 2 períodos de crescimento), com cinco repetições. Os vasos foram pesados diariamente para a reposição da água. Foi realizado o transplante de plântulas e, após 35 dias, fez-se o corte de uniformização, seguido da adubação nitrogenada, dando início às avaliações das características produtivas e fisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em cada período de crescimento. A adubação nitrogenada promoveu efeito linear crescente para massa seca de folha em ambos os períodos avaliados (14 e 28 dias após corte de uniformização (DAC)), da parte aérea aos 14 dias e da massa seca total, aos 28 DAC. O efeito da adubação nitrogenada foi quadrático sobre a razão folha/colmo, nos dois períodos após o corte de uniformização. Houve efeito quadrático para número de folhas vivas por perfilho, e linear decrescente para filocrono aos 14 DAC. A adubação nitrogenada afetou a taxa de aparecimento foliar, sendo a relação quadrática. A largura e comprimento final de folha, comprimento final de colmo e comprimento total da planta apresentaram efeito linear crescente com adubação nitrogenada. A adubação nitrogenada proporcionou aumento linear na área foliar, e no índice de área foliar, independente do período e na razão peso foliar nos dois períodos avaliados. Aos 14 e aos 28 DAC, as taxas de crescimento absoluto, relativo e de crescimento da cultura apresentaram efeito quadrático. Independente do período após o corte de uniformização, o nitrogênio influenciou os teores de clorofila *a* e de clorofila total, de forma quadrática e de clorofila *b* de forma linear crescente. Os açúcares solúveis totais e açúcares redutores de colmo apresentaram efeito quadrático em função do nitrogênio. O teor de amido na raiz foi diretamente proporcional ao aumento das doses de nitrogênio. Os teores de açúcares solúveis totais e amido no colmo e na raiz foram maiores aos 28 DAC. A quantidade de água necessária para produzir um kg de massa seca e a produção de massa seca por litro de água apresentou efeito quadrático. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu responde a adubação nitrogenada no período de rebrota, aumentando a produção de massa seca e os teores de clorofilas. Esses pigmentos são os responsáveis pelo crescimento nos primeiros dias após corte, enquanto que, ao final do período, esse crescimento se deve, principalmente, à área foliar (número de folhas e tamanho da folha). A adubação com nitrogênio promove aumento nas taxas de crescimento e, conseqüentemente, nos teores de amido na raiz, evidenciando sua influência nas taxas fotossintéticas. Além disso, melhora a eficiência no uso da água. Assim, o nitrogênio influencia em uma rápida recuperação pós-corte (pós-pastejo), permitindo o restabelecimento da planta e seu investimento em reservas, as quais auxiliarão em sua recuperação após um novo corte (pastejo).

Palavras-chave: clorofila, nitrogênio, produção.

III CHAPTER I

PRODUCTION AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CAPIM MARANDU SUBMITTED TO NITROGEN DOSES

ABSTRACT – Nitrogen is considered the most important nutrient when it is desired to increase pasture productivity, guaranteeing its persistence, since it is constituent of several molecules such as chlorophylls, proteins, among others, that act directly in the synthesis of organic compounds. The objective of this study was to verify the effect of nitrogen doses on growth, physiological characteristics and water use efficiency of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu in two periods of growth after cutting. The research was carried out in a greenhouse at the State University of the Southwest of Bahia, Itapetinga, BA, from February to April 2016, in a 4x2 factorial scheme (4 nitrogen doses and 2 growth periods), with five replications. The vessels were weighed daily to replenish the water. The seedlings were transplanted and, after 35 days, the uniformity was cut, followed by nitrogen fertilization, starting the evaluations of the productive and physiological characteristics of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu in each period of growth. Nitrogen fertilization promoted an increasing linear effect for dry leaf mass in both evaluated periods (14 and 28 days after cut of uniformity (ACD)), aerial part at 14 days and total dry mass at 28 DAC. The effect of the nitrogen fertilization was quadratic on the leaf / stem ratio, in the two periods after the uniformization cut. There was a quadratic effect for number of live leaves per tiller, and linear decreasing for phyllochron at 14 DAC. Nitrogen fertilization affected the foliar appearance rate, being the quadratic relation. The final leaf width, leaf length, stem final length, and total plant length showed an increasing linear effect with nitrogen fertilization. Nitrogen fertilization provided a linear increase in the leaf area, and in the leaf area index, independent of the period and leaf weight ratio in the two evaluated periods. At 14 and 28 DAC, absolute, relative growth and growth rates of the culture presented a quadratic effect. Independent of the period after the cut of uniformity, nitrogen influenced the chlorophyll a and total chlorophyll content, in a quadratic form and chlorophyll b in an increasing linear form. Total soluble sugars and stem reducing sugars showed a quadratic effect as a function of nitrogen. The starch content in the root was directly proportional to the increase of the nitrogen doses. The contents of total soluble sugars and starch in the stem and root were higher than 28 DAC. The quantity of water required to produce one kg of dry mass and the production of dry mass per liter of water had a quadratic effect. The *Brachiaria brizantha* cv. Marandu responds to nitrogen fertilization in the regrowth period, increasing dry mass production and chlorophyll content. These pigments are responsible for growth in the first days after cutting, while at the end of the period, this growth is mainly due to leaf area (leaf number and leaf size). Fertilization with nitrogen promotes an increase in the growth rates and, consequently, in the starch contents in the root, evidencing its influence on the photosynthetic rates. In addition, it improves water use efficiency. Thus, nitrogen influences a rapid post-harvest recovery (post-grazing), allowing the restoration of the plant and its investment in reserves, which will aid in its recovery after a new cut (grazing).

Keywords: chlorophyll, nitrogen, production.

3.1. Introdução

O nitrogênio é considerado essencial quando se deseja elevar a produtividade das pastagens, favorecendo sua persistência, uma vez que, segundo Aleman, Rampazo & Marques (2016), quando se intensifica o fornecimento desse nutriente, ocorre um aumento tanto no crescimento inicial quanto no desenvolvimento das gramíneas forrageiras, corroborando com a afirmativa de Fagundes et al. (2006) de que a adubação nitrogenada acelera o crescimento e acúmulo de biomassa de pastagem.

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu apresenta-se como uma gramínea forrageira que possui uma alta produção de massa seca, bem distribuída no ano. É uma forrageira cujo sistema fotossintético é do tipo C4, e o hábito de crescimento cespitoso favorecendo a cobertura do solo. Com isso, torna-se bem competitiva com invasoras, além de ser resistente à cigarrinha das pastagens (Valle et al., 2010; Nunes et al., 1984), é considerada uma forrageira de adaptabilidade intermediária.

A importância do nitrogênio no sistema de produção de pastagens está relacionada ao fato desse nutriente ser constituinte de várias moléculas como clorofilas, que são os principais pigmentos responsáveis pela absorção e conversão da radiação em energia química, e proteínas como as enzimas, que atuam diretamente no metabolismo celular.

A ação dessas enzimas pode resultar em compostos orgânicos responsáveis pela formação da estrutura vegetal, influenciando na estrutura da planta (tamanho de folha, tamanho de colmo, razão folha/colmo), nas características morfogênicas (taxa de aparecimento foliar, taxa de alongamento foliar e senescência foliar), dentre outros (Taiz & Zeiger, 2013; Gastal & Lemaire, 2015). Com isso, a deficiência de nitrogênio e/ou o mau manejo das pastagens são considerados como os principais causadores de degradação dos pastos.

Contudo, é fundamental que se faça uma manutenção das áreas de pastagens, a fim de garantir sua persistência, por meio da reposição de nutrientes do solo, bem como o fornecimento adequado de água, principalmente quando se intensifica os sistemas de produção, uma vez que, tanto a disponibilidade de nutrientes quanto de água, influenciam as características da planta (Artur, Garcez & Monteiro, 2014).

Devido às diversas características e práticas de manejo que influenciam na produtividade das pastagens, o conhecimento da morfologia, bem como da fisiologia da planta, é de fundamental importância para que se tenha um eficiente sistema de produção. Com isso, objetivou-se verificar o efeito de doses de nitrogênio sobre o crescimento, características fisiológicas e eficiência no uso da água da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em dois períodos de crescimento após corte

3.2. Material e métodos

3.2.1. Instalação do experimento

A pesquisa com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi realizada em casa de vegetação, localizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Juvino Oliveira, Itapetinga, BA (15°38'46'' de latitude sul, 40°15'24'', de longitude oeste e com altitude média de 280 m).

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4x2, sendo quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg de N.ha⁻¹) e dois períodos de crescimento (14 e 28 dias após corte de uniformização (DAC)), com cinco repetições, totalizando 40 unidades experimentais (vasos).

O solo utilizado foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, no *Campus* da UESB de Itapetinga. Após destorroado e passado em peneira com malha de quatro milímetros, foi realizada a coleta do material para análise de solo e o enchimento dos vasos, capacidade para 10 L, com 14 kg de solo seco.

De posse da análise do solo (Tabelas 1 e 2) realizada pelo Laboratório de Solos, Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, UESB, foram realizadas as correções do solo necessárias conforme as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais 5ª Aproximação (Alvarez & Ribeiro, 1999).

Não houve necessidade de calagem, uma vez que o solo apresentou saturação por bases de 72% nem de adubação potássica, de acordo com a classe de disponibilidade de potássio no solo (Tabela 2) e o alto nível tecnológico adotado. Houve

necessidade de adubação fosfatada, considerando o teor de argila do solo (Tabela 1) e o alto nível tecnológico adotado. Com isso, foi realizada adubação de 50 kg P₂O₅.ha⁻¹.

Tabela 1. Análise física do solo da área experimental

Composição Granulométrica (%)			Classe Textural
Areia	Silte	Argila	
86	4	10	Franco Arenosa

Fonte: Laboratório de solos da UESB.

Tabela 2. Análise química do solo da área experimental

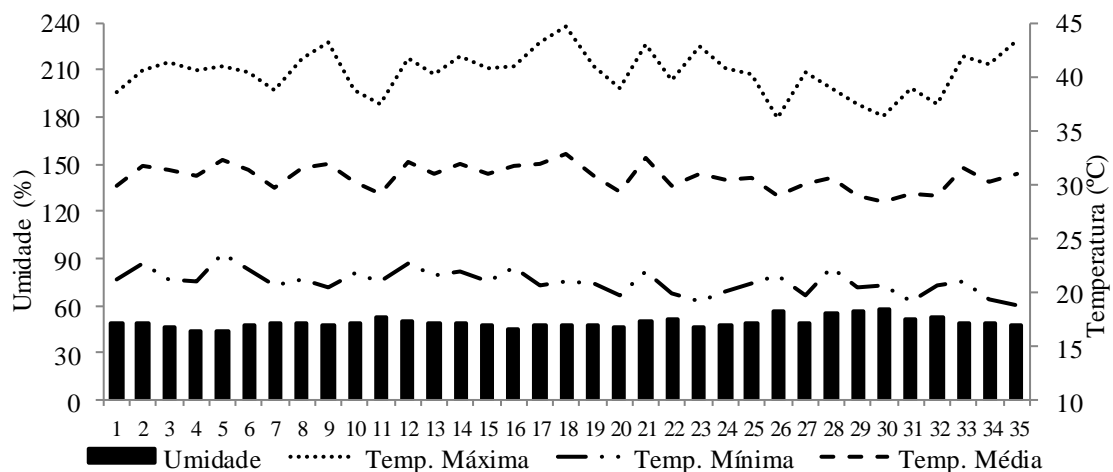
pH	mg/dm ³	cmol _c /dm ³ de solo								%	g/dm ³		
(H ₂ O)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Na ⁺	S.B ¹	t ²	T ³	V ⁴	M ⁵	M.O ⁶
5,9	25	0,8	1,8	2,0	0,1	1,7	-	4,7	4,8	6,5	72	2	11

¹Soma de bases. ²CTC efetiva. ³CTC pH 7. ⁴Saturação de bases. ⁵Saturação por Al³⁺. ⁶Matéria orgânica
Fonte: Laboratório de solos da UESB.

Para determinação da capacidade de campo, todos os vasos com solo seco foram pesados, encharcados com água e, após escoamento total da água, pesados novamente. Esse peso correspondente ao peso do solo próximo à capacidade de campo, e foi utilizado para a reposição da água perdida por evapotranspiração, sendo os vasos pesados diariamente.

As temperaturas e umidades mínima, máxima e média de dentro da casa de vegetação (Figura 1) foram registradas durante todo período experimental por meio de um termo-higrômetro digital.

Figura 1. Umidade relativa do ar média (%) e temperatura (°C) máxima, mínima e média durante o período experimental (23/03/2016 a 27/04/2016)



As plantas foram obtidas por meio de sementes e, após sete dias de emergência, cerca de seis plântulas foram transplantadas para cada vaso. Após 15 dias do transplântio, realizou-se um desbaste, mantendo-se quatro plantas por vaso, tendo como requisitos na escolha, o vigor e a homogeneidade das plantas.

Vinte dias após o desbaste, foi realizado o corte de uniformização, seguido da adubação nitrogenada (0, 75, 150 e 225 Kg de N.ha⁻¹). Em seguida, deu-se início às coletas, respeitando cada período de crescimento após o corte de uniformização (14 e 28 dias).

3.2.2. Avaliações

3.2.2.1. Produção de massa seca

Os vasos foram desmontados ao término de cada período de crescimento, com o auxílio de água corrente para a retirada das plantas inteiras, as quais foram dissecadas em folha, colmo (colmo e pseudocolmo) e raiz.

O material dissecado (folha, colmo e raiz) foi pesado para a determinação de massa fresca (MF) e, em seguida, seco em estufa a 65°C por 72 horas, e pesados novamente para obtenção da massa seca (MS).

Para raízes, além da massa fresca e seca, foi determinado o volume, utilizando-se uma proveta com quantidade de água conhecida, onde a raiz fresca foi introduzida e, por meio da diferença de volume, foi obtido o volume de raiz.

3.2.2.2. Características morfogênicas e estruturais

Três perfilhos por vaso foram marcados com fitas coloridas, nos quais foram avaliados, a cada três dias (durante todo período experimental): aparecimento do ápice foliar; comprimento do colmo; número de folhas; comprimento e largura da folha; e número de folhas senescentes. A partir desses dados, foram calculadas as características morfogênicas e estruturais: número de folhas vivas por perfilho (NFV, folha.perfilho⁻¹), filocrono (dias.folha⁻¹.perfilho⁻¹), taxa de aparecimento foliar (TApF, folhas.dia⁻¹), taxa de alongamento de folha (TAIF, cm.dia⁻¹), largura final de folha (LFF, cm),

comprimento final de folha (CFF, cm), taxa de alongamento de colmo (TAIC, $\text{cm}\cdot\text{dia}^{-1}$), comprimento final de colmo (CFC, cm), comprimento total da planta (CTP, cm).

3.2.2.3. Área foliar e análises de crescimento

Para quantificar a área foliar, as folhas das quatro plantas, por vaso, foram escaneadas. As imagens digitalizadas foram utilizadas para a determinação das áreas foliares pelo programa computacional ImageJ. Esse programa determina a área da imagem ocupada pelas folhas pelo contraste com a área não ocupada.

Os cálculos de área foliar específica (AFE, $\text{dm}^2\cdot\text{g}^{-1}$), índice de área foliar (IAF), razão área foliar (RAF, $\text{dm}^2\cdot\text{g}^{-1}$), razão de peso foliar (RPF), taxa de assimilação líquida (TAL, $\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$), taxa de crescimento absoluto (TCA, $\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}$), taxa de crescimento relativo (TCR, $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) e taxa de crescimento da cultura (TCC, $\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$) foram realizados conforme equações definidas por Cairo, Oliveira & Mesquita (2008).

3.2.2.4. Teores de pigmentos e de carboidratos

3.2.2.4.1. Clorofilas e carotenoides

Para a extração das clorofilas e carotenoides, foi coletada a 3ª folha completamente expandida, às 10 horas da manhã, ao final de cada período de crescimento, no dia anterior ao desmanche dos vasos. De acordo com Hiscox & Israelstam (1979), a folha foi cortada em fragmentos pequenos, imediatamente pesados e colocados em frascos de vidro, envoltos com papel alumínio, contendo 5 mL de Dimetilsulfóxido (DMSO).

Após 72 horas, foram realizadas as leituras no espectrofotômetro em comprimentos de onda de 665, 649 e 480 nm e os pigmentos quantificados, utilizando-se as equações de Wellburn (1994), sendo os valores ajustados para $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de massa fresca: clorofila $a = 12,19\cdot A_{665} - 3,45\cdot A_{649}$, clorofila $b = 21,99\cdot A_{649} - 5,32\cdot A_{665}$ e carotenoides = $[1000\cdot A_{480} - (2,14\cdot \text{Clorofila } a) - 7(0,16\cdot \text{Clorofila } b)] / 220$, onde A =

absorbância. Com base nesses dados, foram calculadas também razão clorofila *a/b* e clorofila total (clorofila *a* + clorofila *b*).

3.2.2.4.2. Açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido

As amostras secas de folha, caule e raiz foram moídas em moinho de bola, para as análises dos carboidratos. Os açúcares solúveis totais (AST) e redutores (AR) foram extraídos por meio da homogeneização de 300 mg de massa seca de folhas, de colmo e de raiz, em 4 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0) acrescido de ácido ascórbico 20 mM, seguido de centrifugação a 4000 rpm por 20 minutos e coleta do sobrenadante. O processo foi realizado mais duas vezes e os sobrenadantes foram combinados, totalizando 12 mL de extrato.

Para o amido, foi utilizado o pellet, de colmo e raiz, resultante da extração dos açúcares solúveis, o qual foi ressuspendido em 5 mL do tampão acetato de potássio 200 mM (pH 4,8) e colocado em banho-maria a 100°C por 5 minutos. Em seguida, foi resfriado até atingir cerca de 50°C, momento em que foi adicionada a solução enzimática, contendo 11 unidades da enzima amiloglucosidase. A mistura permaneceu em banho-maria a 50°C por duas horas, sob agitação. Após a incubação, realizou-se uma centrifugação a 4000 rpm por 20 minutos, o sobrenadante foi coletado e o volume completado para 5 mL com o mesmo tampão.

A quantificação dos AST e amido foi realizada pelo método da Antrona (Dische, 1962) e dos AR pelo método do ácido dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959).

3.2.2.5. Eficiência de uso da água

Os vasos foram pesados diariamente para manutenção da hidratação do solo próximo à capacidade de campo, sendo registrada a quantidade de água repostada e, ao final de cada período, foi calculada a quantidade de água utilizada por período.

De posse da massa seca produzida e da quantidade de água repostada no período, foram calculadas a quantidade de água necessária para produzir um quilograma de massa seca ($L.kg^{-1}$) e a massa seca produzida com um quilograma de água ($kg.L^{-1}$).

3.2.3. Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, considerando como fontes de variação as doses de nitrogênio (N), os períodos em dias após corte de uniformização (DAC) e a interação de N x DAC. A interação foi desdobrada, ou não, de acordo com a significância, e os efeitos da adubação nitrogenada foram avaliados por análise de regressão simples, utilizando-se uma decomposição ortogonal do efeito de nitrogênio, cujos coeficientes foram avaliados pelo teste F, e a comparação entre DAC foi realizada pelo teste F, adotando-se $\alpha = 0,05$.

3.3. Resultados e discussão

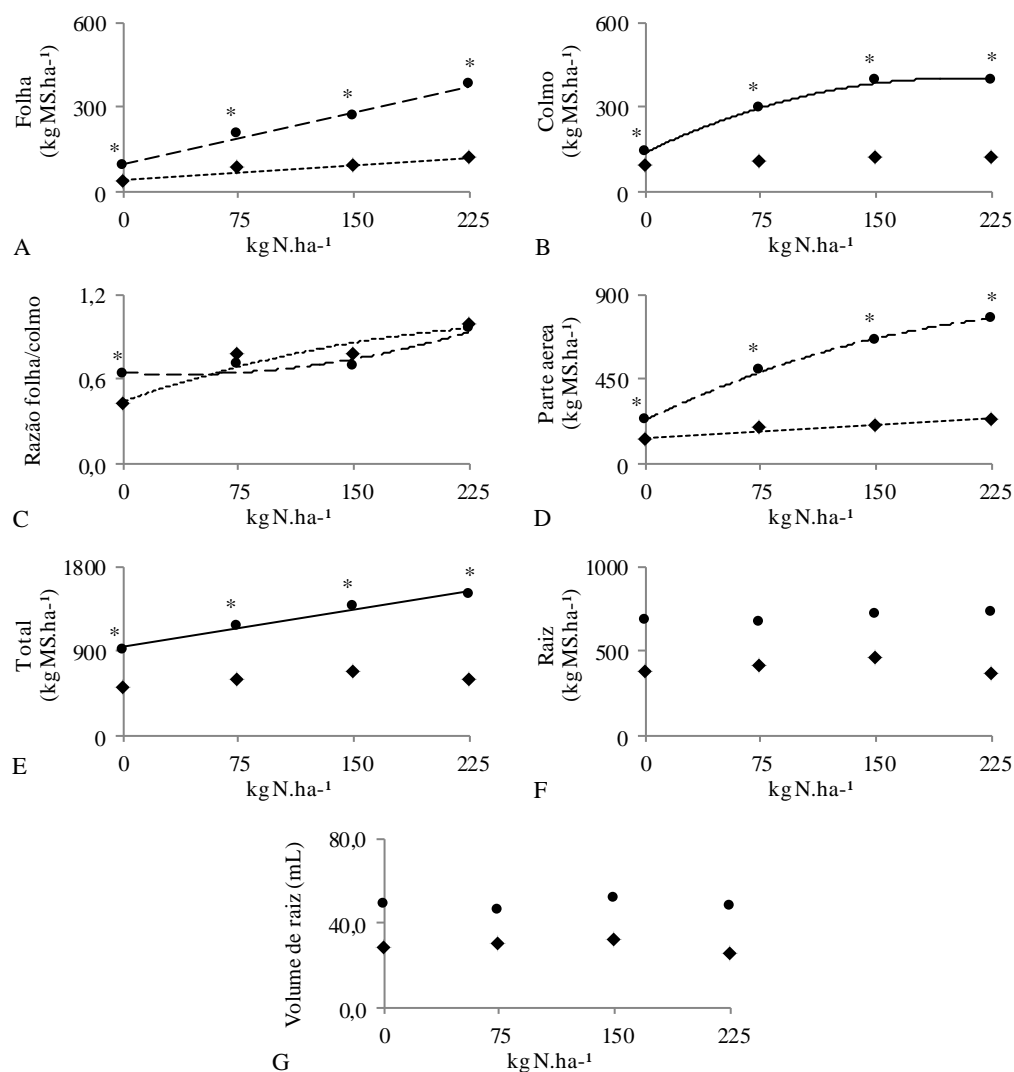
A produção de massa seca de folha, de colmo, da parte aérea e massa seca total, assim como a razão folha/colmo, apresentou interação significativa ($P < 0,05$) entre a adubação nitrogenada e período após corte de uniformização (Figura 2).

A adubação nitrogenada promoveu efeito linear crescente ($P < 0,05$) para massa seca de folha em ambos os períodos avaliados (Figura 2A), para parte aérea aos 14 dias (Figura 2D) e para massa seca total aos 28 dias (Figura 2E), após corte de uniformização.

O efeito da adubação nitrogenada foi quadrático ($P < 0,05$), sobre a produção de massa seca de colmo e produção de massa da parte aérea, aos 28 dias (Figuras 2B e D) e razão folha/colmo (Figura 2C), nos dois períodos após o corte de uniformização. Aos 28 dias, tanto a massa seca da parte aérea, quanto à razão folha/colmo foram influenciadas pela massa seca de colmo.

O aumento da massa seca total, aos 28 dias após corte de uniformização (2,7 kg por kg de N aplicado), pode ser atribuído ao aumento da massa seca da parte aérea, já que foi observado aumento da massa seca de folha e de colmo, enquanto que a massa seca de raiz não foi influenciada pelo nitrogênio, comprovando que o nitrogênio pode acelerar, principalmente, a produção de massa seca da parte aérea, uma vez que é constituinte de compostos que atuam na atividade fotossintética da planta.

Figura 2. Produção de massa seca (MS) de folha (A), massa seca de colmo (B), razão folha/colmo (C), massa seca da parte aérea (D), massa seca total (E), massa seca de raiz (F) e volume de raiz (G) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (♦) e 28 (●) dias após corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: MS folha (A): $Y_{14 \text{ dias}} = 42,14 + 0,3324x$ ($R^2 = 93,2$); $Y_{28 \text{ dias}} = 95,187 + 1,2479x$ ($R^2 = 98,9$); MS colmo (B): $Y_{14 \text{ dias}} = 206,35$; $Y_{28 \text{ dias}} = 139,31 + 2,6101x - 0,0065x^2$ ($R^2 = 99,8$); razão folha/colmo (C): $Y_{14 \text{ dias}} = 0,4444 + 0,0038x + 0,000006x^2$ ($R^2 = 89,9$); $Y_{28 \text{ dias}} = 0,6467 + 0,0006x - 0,000009x^2$ ($R^2 = 88,7$); MS parte aérea (D): $Y_{14 \text{ dias}} = 0,4539x + 135,29$ ($R^2 = 93,4$); $Y_{28 \text{ dias}} = 0,0068x - 2 + 3,9269x + 232,78$ ($R^2 = 99,8$); MS total (E): $Y_{14 \text{ dias}} = 589,25$; $Y_{28 \text{ dias}} = 2,6574x + 941,07$ ($R^2 = 97,2$); MS raiz (F): $Y = 550,73$; Volume de raiz (G): $Y = 39$.

A adubação nitrogenada não influenciou ($P>0,05$) na produção de massa seca de colmo (Figura 2B) e total (Figura 2E) aos 14 DAC. O mesmo ocorreu para produção de massa seca de raiz (Figura 2F) e volume de raiz (Figura 2G) nos dois períodos após o corte de uniformização.

Esses resultados confirmam que a planta utiliza o nitrogênio nos primeiros dias após corte de uniformização, prioritariamente para produção de folhas, maximizando a

fotosíntese. Além disso, como o sistema radicular já estava bem desenvolvido não haveria necessidade de direcionar a produção para raiz, o que refletiu no aumento de massa seca da parte aérea e total, garantindo a razão parte aérea/raiz próxima a 1.

A produção de massa seca de folha, de colmo, da parte aérea e massa seca total (Figura 2) e massa seca e volume de raiz (Tabela 3) foi maior ($P < 0,05$) aos 28 dias após corte de uniformização independente da dose ou da presença do nitrogênio.

Tabela 3. Efeito de dias após corte de uniformização (DAC) na massa seca (MS) e volume de raiz de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variável	DAC (dias)		MÉDIA	CV (%)
	14	28		
MS (kg MS.ha ⁻¹)	402,90 b	698,56 a	566,83	9,43
Volume raiz (mL)	29 b	49 a	39	13,76

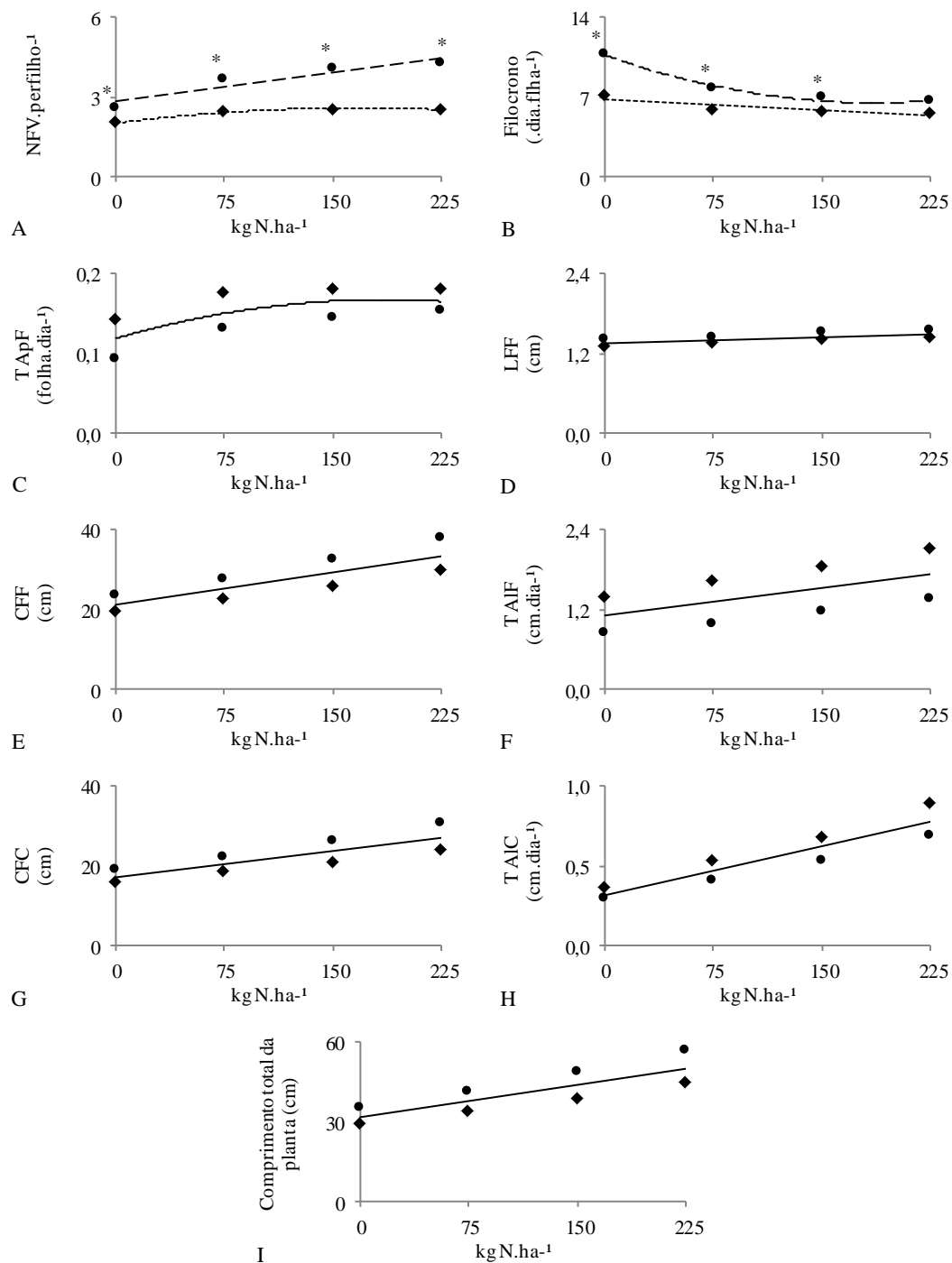
Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação. DAC = dias após corte de uniformização.

A produção de massa seca de colmo pode ser consequência da alta produção de folhas, como forma de crescimento, possibilitando a produção de novas folhas para melhor aproveitamento da radiação, uma vez que houve aumento de 152 a 228% na massa seca de folhas para 0 a 225 kg N.ha⁻¹, respectivamente.

O aumento da massa seca e volume de raiz aos 28 dias podem ser atribuídos às condições favoráveis, proporcionadas pela casa de vegetação e irrigação, o que provavelmente, associado à adubação nitrogenada, elevou a taxa fotossintética e possibilitou o desenvolvimento acelerado da parte aérea e, com isso, a planta pode utilizar dos seus fotoassimilados para o desenvolvimento de raiz.

A interação entre nitrogênio e período foi significativa ($P < 0,05$) para número de folhas vivas por perfilho e filocrono (Figuras 3A e B). Houve efeito quadrático para número de folhas vivas por perfilho, apresentando maiores valores com a dose de 172,5 kg N.ha⁻¹ e linear decrescente para filocrono aos 14 DAC. Aos 28 dias após corte de uniformização, o efeito foi linear crescente para número de folhas vivas e quadrático para filocrono cujos menores valores foram observados com 226 kg N.ha⁻¹ (Figura 3A e B).

Figura 3. Número de folhas vivas por perfilho (A), Filocrono (B), taxa de aparecimento foliar (C), largura final de folha (D), comprimento final de folha (E), taxa de alongamento foliar (F), comprimento final de colmo (G) taxa de alongamento de colmo (H) e comprimento total da planta (I) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (◆) e 28 (●) dias após o corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: NFV.perfilho⁻¹ (A): $Y_{14 \text{ dias}} = -0,00002x^2 + 0,0069x + 2,0167$ ($R^2 = 97,21$), $Y_{28 \text{ dias}} = 0,0072x + 2,84$ ($R^2 = 88,01$); Filocrono (B): $Y_{14 \text{ dias}} = -0,0061x + 6,7243$ ($R^2 = 71,08$), $Y_{28 \text{ dias}} = 0,0001x^2 - 0,0452x + 10,692$ ($R^2 = 97,89$); TApF (C): $Y = -0,000001x^2 + 0,0005x + 0,1189$ ($R^2 = 98,63$); LFF (D): $Y = 0,0007x + 1,3526$ ($R^2 = 97,56$); CFF (E): $Y = 0,0547x + 21,168$ ($R^2 = 99,74$); TAlF (F): $Y = 0,0028x + 1,1004$ ($R^2 = 99,75$); CFC (G): $Y = 0,0443x + 17,146$ ($R^2 = 99,74$); TAlC (H): $Y = 0,0021x + 0,3156$ ($R^2 = 99,54$); Comprimento total da planta (I): $Y = 0,082x + 31,752$ ($R^2 = 99,74$)

O número de folhas vivas é determinado geneticamente, contudo plantas que recebem adubação nitrogenada podem atingir mais precocemente o número máximo de folhas vivas, o que permite uma maior frequência de colheita (Alexandrino, Vaz & Santos, 2010), além de assegurar sua persistência, uma vez que, ao atingir seu máximo potencial produtivo, passam a se renovar continuamente (Lemaire et al., 2011).

Para a taxa de aparecimento foliar, largura final de folha, comprimento final de folha, taxa de alongamento foliar, comprimento final de colmo, taxa de alongamento de colmo e comprimento total da planta, a interação entre adubação nitrogenada e período após corte de uniformização não foi significativo ($P > 0,05$), entretanto houve efeito do nitrogênio para todas essas características (Figura 3).

A adubação nitrogenada influenciou, de forma quadrática ($P < 0,05$), a taxa de aparecimento foliar (Figura 3C), e o máximo valor estimado foi com 250 kg N.ha^{-1} . O nitrogênio influencia na ativação das gemas axilares, acelerando o crescimento (Nabinger & Carvalho, 2009) e, conseqüentemente, promove uma redução no tempo de expansão da folha, bem como no tempo de aparecimento entre duas folhas.

A largura final de folha (Figura 3D), o comprimento final de folha (Figura 3E), comprimento final de colmo (Figura 3G) e comprimento total da planta (Figura 3I) apresentaram efeito diretamente proporcional à adubação nitrogenada ($P < 0,05$). Esses resultados são reflexos do aumento linear ($P < 0,05$) da taxa de alongamento foliar (Figura 3F) e da taxa de alongamento de colmo (Figuras 3H), o que evidencia que o nitrogênio atua diretamente no processo de divisão celular e, conseqüentemente, na produção de novas células.

As taxas de aparecimento foliar, de alongamento foliar e de alongamento de colmo foram maiores aos 14 DAC, já a largura final de folha, o comprimento final de folha, comprimento final de colmo e comprimento total da planta foram maiores aos 28 DAC, independentemente da dose de nitrogênio aplicada (Tabela 4).

Observa-se que, apesar do filocrono aos 28 DAC ser maior que aos 14 DAC em quase todas as doses de nitrogênio (Figura 3B), nesse período as plantas apresentam maior número de folhas (Figura 3A), além de elas serem mais largas e compridas (Tabela 4), justificando a menor taxa de aparecimento foliar nesse período. Isso comprova o investimento alto na produção de folhas, as quais também estão influenciando no comprimento total da planta.

Tabela 4. Efeito de dias após corte de uniformização (DAC) na taxa de aparecimento foliar, largura final de folha, comprimento final de folha, taxa de alongamento foliar, comprimento final de colmo, taxa de alongamento de colmo e comprimento total de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variável	DAC (dias)		MÉDIA	CV (%)
	14	28		
TApF(folha/dia)	0,17 a	0,13 b	0,15	13,10
LFF (cm)	1,38 b	1,47 a	1,43	5,51
CFF (cm)	24,34 b	30,30 a	27,32	6,86
TAIF (cm/dia)	1,74 a	1,08 b	1,41	6,99
CFC (cm)	19,71 b	24,54 a	22,13	6,86
TAIC (cm/dia)	0,61 a	0,48 b	0,55	13,88
CTP (cm)	36,50 b	45,45 a	40,98	10,55

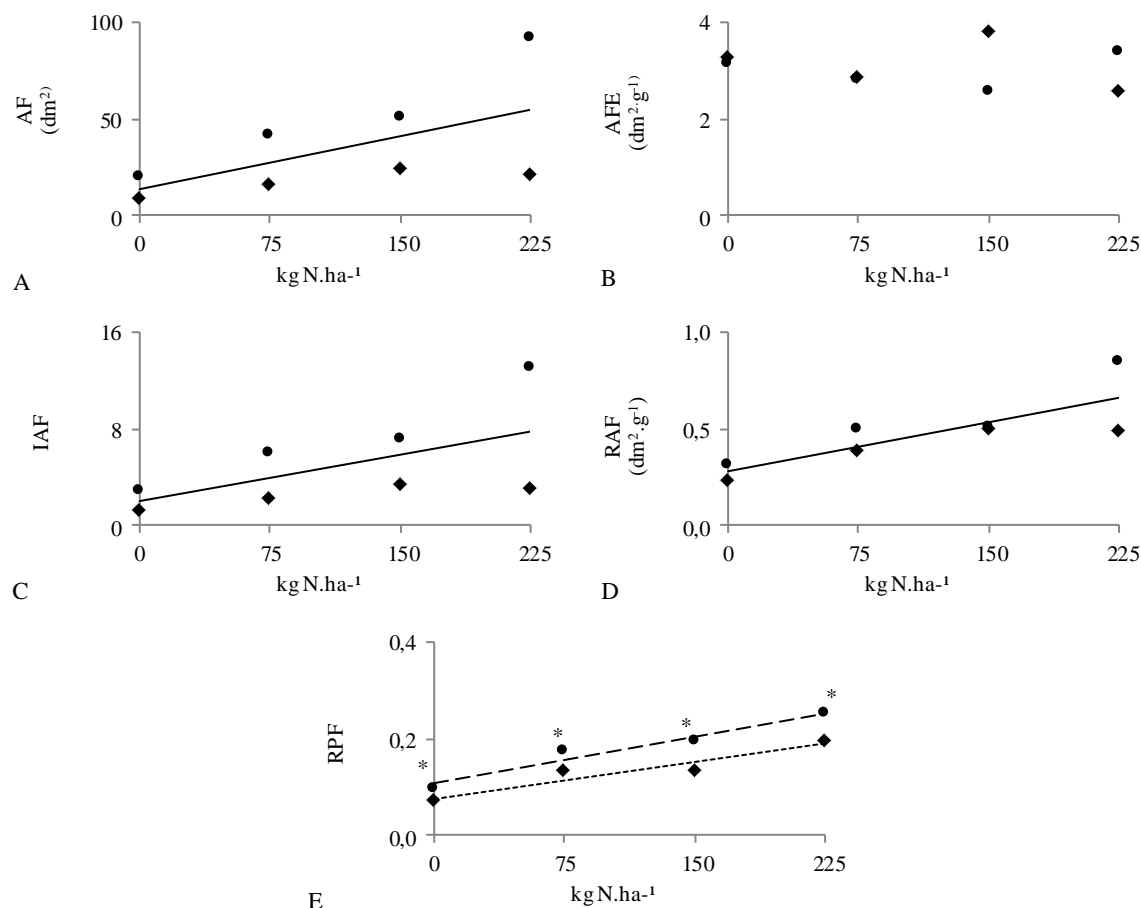
Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação. DAC = dias após corte de uniformização. CTP = Comprimento total da planta.

Segundo Santos et al. (2012), a formação e desenvolvimento de folhas são fundamentais para o crescimento vegetal, uma vez que as folhas são os órgãos com capacidade fotossintética, sendo, assim, ponto de partida para formação de novos tecidos, justificando as maiores taxas de aparecimento e alongamento foliar, bem como, alongamento de colmo, aos 14 dias após o corte de uniformização.

A interação entre período após corte de uniformização e adubação nitrogenada foi significativa ($P < 0,05$) para razão peso foliar (RPF) (Figura 4). A adubação nitrogenada proporcionou aumento linear ($P < 0,05$) na área foliar (Figura 4A), o que refletiu no aumento proporcional ($P < 0,05$) do índice de área foliar (Figura 4C) e na razão área foliar (Figura 4D), independentemente do período após corte de uniformização e na razão peso foliar (Figura 4E) nos dois períodos avaliados.

Ao se observar que a razão de área foliar (área foliar/peso planta) e a razão de peso foliar (peso foliar/peso da planta) aumentaram em função da presença de nitrogênio, pode-se inferir que a adubação nitrogenada promoveu um maior acúmulo da fração de folha em relação à planta inteira. Além disso, como a razão de peso foliar foi maior aos 28 DAC (Figura 4E), esse investimento maior em folhas permanece até esse período, de forma que a planta garanta sua eficiência fotossintética, e, além de favorecer seu crescimento, permite maior fornecimento da fração de folhas para a alimentação animal.

Figura 4. Área foliar (A), área foliar específica (B), índice de área foliar (C), razão área foliar (D) e razão peso foliar (E) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (♦) e 28 (●) dias após o corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: AF (A): $Y = 0,1804x + 13,956$ ($R^2 = 97,82$); AFE (B): $Y = 3,04$; IAF (C): $Y = 0,02553x + 1,9753$ ($R^2 = 81,06$); RAF (D): $Y = 0,0017x + 0,2821$ ($R^2 = 97,60$); RPF (E): $Y_{14 \text{ dias}} = 0,0005x + 0,0766$ ($R^2 = 95,55$), $Y_{28 \text{ dias}} = 0,0006x + 0,107$ ($R^2 = 89,64$).

Nabinger & Carvalho, (2009) afirmaram que o ritmo de crescimento de uma pastagem é estabelecido pelo balanço dos processos que determinam a oferta e demanda de fotoassimilados (fotossíntese, respiração, acúmulo de reservas, síntese e senescência de tecidos), e é reflexo das características morfogênicas e estruturais, sendo bem representados pelo índice de área foliar.

A área foliar específica não foi influenciada ($P>0,05$) pela adubação nitrogenada (Figura 4B), nem pelos períodos após corte de uniformização, bem como a razão de área foliar (Tabela 5), a área foliar e o índice de área foliar apresentaram maiores valores ($P<0,05$) aos 28 DAC, independentemente da dose de nitrogênio utilizada.

Observa-se que o nitrogênio promoveu aumento da área foliar proporcional ao aumento do peso da folha, resultando numa mesma área foliar específica, dado reforçado pela razão de área foliar, confirmando que a *Brachiaria brizantha* cv.

Marandu investiu primeiramente no desenvolvimento da parte aérea, aumentando a área para captação de radiação, não sendo necessário, nas condições do experimento, aumentar a espessura da folha.

Tabela 5. Efeito de dias após corte de uniformização (DAC) na área foliar, área foliar específica, índice de área foliar e razão área foliar de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variável	DAC (dias)		MÉDIA	CV (%)
	14	28		
AF (dm ²)	17,31 b	51,18 a	34,25	8,10
AFE (dm ² .g ⁻¹)	3,12 a	2,97 a	3,04	41,13
IAF	2,45 b	7,24 a	4,85	7,65
RAF (dm ² .g ⁻¹)	0,40 a	0,54 a	0,47	55,81

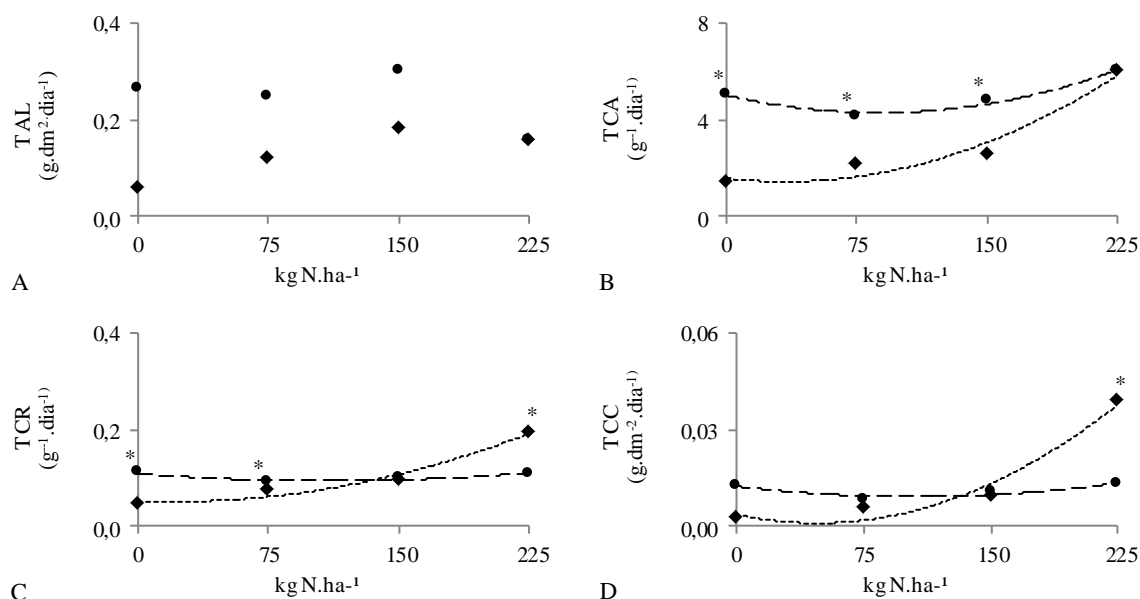
Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação. DAC = dias após corte de uniformização.

Para a taxa de assimilação líquida, a interação não foi significativa ($P > 0,05$) e houve influência ($P > 0,05$) pela adubação nitrogenada (Figura 5A). Isso se deu, uma vez que a taxa de assimilação líquida é calculada a partir da razão entre o peso da planta e a área foliar, e essas variáveis foram aumentadas proporcionalmente, resultando, assim, em uma mesma taxa de assimilação líquida. Aos 28 DAC, a TAL foi maior ($P < 0,05$) demonstrando maior produção de massa seca por área de folha, conseqüentemente maior eficiência fotossintética nesse período (Tabela 6).

A interação entre período após corte de uniformização e adubação nitrogenada foi significativa ($P < 0,05$) para taxa de crescimento absoluto (Figuras 5B), taxa de crescimento relativo (Figuras 5C) e taxa de crescimento da cultura (Figuras 5D). Tanto aos 14 quanto aos 28 dias após corte de uniformização, essas taxas apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), encontrando-se os menores valores com 41,0, 16,7 e 50,0 kg N.ha⁻¹, respectivamente, aos 14 dias e 91,7, 150,0 e 100,0 kg N.ha⁻¹, respectivamente, aos 28 dias.

A taxa de crescimento absoluto prediz a velocidade de crescimento da planta, ou seja, ela define quantos gramas de massa seca a planta produz por dia (g.dia⁻¹). Assim, aos 14 DAC, houve um aumento mais acentuado dessa taxa em função da adubação nitrogenada, de forma que aumentou de 1,4 g.dia⁻¹ com 41 kg N.ha⁻¹ para 4,8 g.dia⁻¹ com 225 kg N.ha⁻¹. Na dose de 225 kg N.ha⁻¹, o período após corte de uniformização não influenciou ($P > 0,05$) essa taxa (Figura 5B).

Figura 5. Taxa de assimilação líquida (A), taxa de crescimento absoluto (B), taxa de crescimento relativo (C) e taxa de crescimento da cultura (D) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (♦) e 28 (●) dias após o corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: TAL (A): $Y = 0,19$; TCA (B): $Y_{14 \text{ dias}} = 0,0001x^2 - 0,0082 + 1,583$ ($R^2 = 95,24$), $Y_{28 \text{ dias}} = 0,00009x^2 - 0,0165 + 5,0198$ ($R^2 = 97,42$); TCR (C): $Y_{14 \text{ dias}} = 0,000003x^2 - 0,0001 + 0,0527$ ($R^2 = 97,20$), $Y_{28 \text{ dias}} = 0,000001x^2 - 0,0003 + 0,194$ ($R^2 = 79,63$); TCC (D): $Y_{14 \text{ dias}} = 0,000001x^2 - 0,0001 + 0,0037$ ($R^2 = 96,60$), $Y_{28 \text{ dias}} = 0,0000003x^2 - 0,00006 + 0,0125$ ($R^2 = 83,22$).

Aos 28 dias após corte de uniformização, a diferença foi menos expressiva, uma vez que a TCA aumenta a partir de 91,7 kg N.ha⁻¹ de 4,26 g.dia⁻¹ até 5,9 g.dia⁻¹ com 225 kg N.ha⁻¹. Esses resultados demonstram que, no início da rebrota das plantas, a presença do nitrogênio acelera o crescimento, e que, aos 28 DAC, como a área foliar é bem maior que aos 14 DAC (Tabela 5), a planta mantém a TCA mais elevada até a dose de 150 kg N.ha⁻¹.

A taxa de crescimento relativo não diferiu ($P>0,05$) entre os períodos avaliados, utilizando a dose de 150 kg N.ha⁻¹ (Figuras 5C). Para taxa de crescimento da cultura, a dosagem de adubação de 225 kg N.ha⁻¹ foi a única que apresentou diferença ($P<0,05$) entre os períodos após corte de uniformização (Figura 5D).

Em relação à taxa de crescimento relativo, que leva em consideração o crescimento diário a partir do tamanho da planta já existente (g.g⁻¹.dia⁻¹), assim como à taxa de crescimento da cultura, que relaciona a produção com a área de solo ocupada, verificou-se maior influência de altas doses de nitrogênio (acima de 150 kg N.ha⁻¹), aos 14 DAC. Esses dados corroboram com os de TCA, uma vez que o nitrogênio favorece o crescimento, mesmo quando as plantas apresentam menores massa e área foliar. Isso

significa que há maiores taxas fotossintéticas em função da presença do nitrogênio nesse período inicial de rebrota.

Tabela 6. Efeito de dias após corte de uniformização (DAC) na taxa de assimilação líquida de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variável	DAC (dias)		MÉDIA	CV (%)
	14	28		
TAL g.dm ² .dia ⁻¹	0,13 b	0,24 a	0,19	45,17

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação. DAC = dias após corte de uniformização.

A influência do nitrogênio no crescimento da *Brachiaria brizantha*, demonstra sua participação como constituinte de muitas moléculas que participam da síntese de novos tecidos, como as clorofilas e enzimas em geral, e, dessa forma, contribuindo e estimulando o crescimento e desenvolvimento da planta.

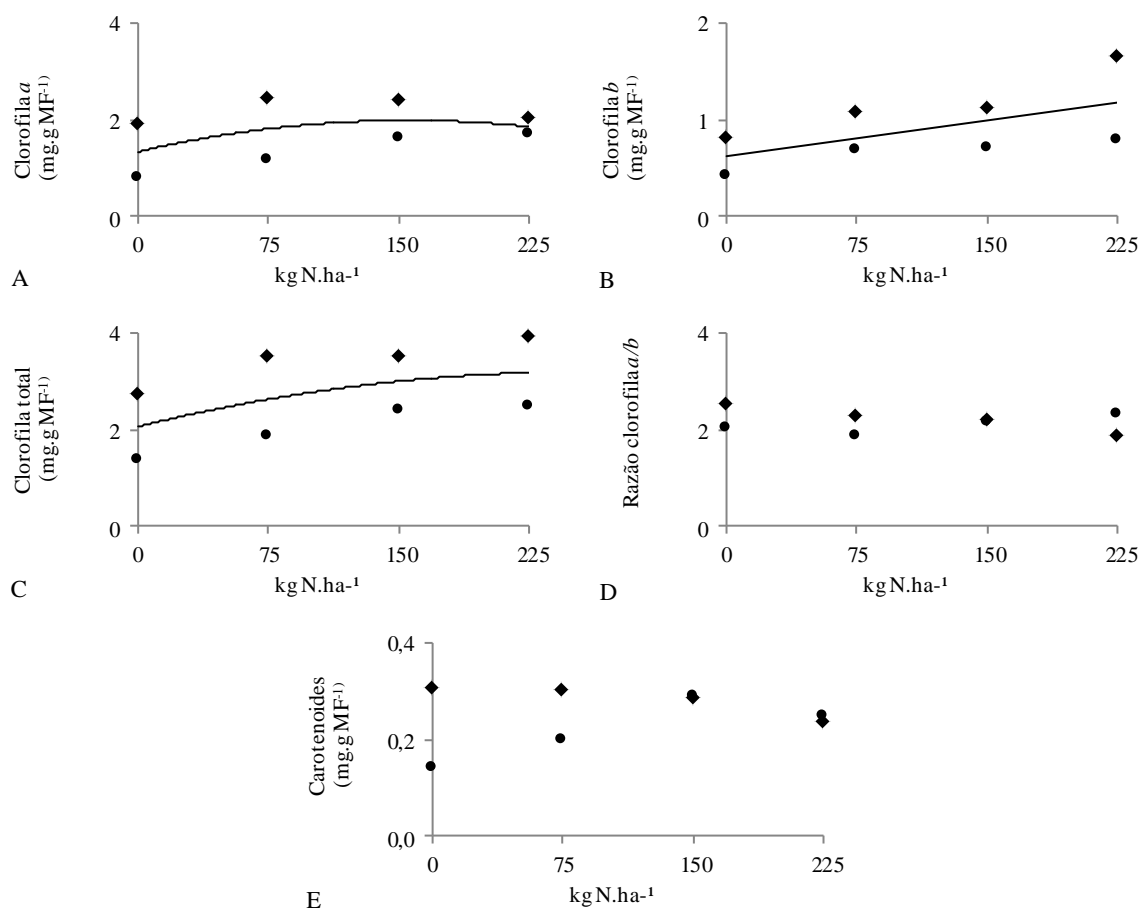
A interação não foi significativa ($P > 0,05$) entre adubação nitrogenada e o período após corte de uniformização, para os teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, razão clorofila *a*/clorofila *b* e carotenoides (Figura 6).

Independente do período após o corte de uniformização, a adubação nitrogenada influenciou os teores de clorofila *a* (Figura 6A) e de clorofila total (Figura 6C), sendo ajustados ao modelo quadrático ($P < 0,05$) com valores máximos de 2,5 e 4,0 mg.gMS⁻¹ em 138 e 220 kg N.ha⁻¹, respectivamente.

A adubação nitrogenada proporcionou aumento linear positivo ($P < 0,05$) nos teores de clorofila *b* (Figura 6B) e não influenciou ($P > 0,05$) a razão clorofila *a*/clorofila *b* (Figura 6D) e os teores de carotenoides (Figura 6E). De acordo com Martuscello et al., (2016), maiores doses de nitrogênio estimulam a síntese de pigmentos fotossintéticos, uma vez que esse mineral é constituinte de moléculas de clorofila.

Os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total foram maiores ($P < 0,05$) aos 14 dias, enquanto que a razão clorofila *a*/clorofila *b* e os teores de carotenoides não diferiram entre os períodos (Tabela 7). Os maiores teores de clorofilas aos 14 DAC reafirmam as respostas de taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo e taxa de crescimento da cultura, cujos resultados indicam maiores taxas fotossintéticas nesse período.

Figura 6. Teores de clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), clorofila total (C), razão clorofila *a*/clorofila *b* (D) e teores de carotenoides (E) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (♦) e 28 (●) dias após o corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: Clorofila *a* (A): $Y = -0,00003x^2 + 0,0083x + 1,3424$ ($R^2 = 99,89$); Clorofila *b* (B): $Y = 0,003x + 0,6071$ ($R^2 = 90,02$); Clorofila total (C): $Y = -0,00002x^2 + 0,0088x + 2,0674$ ($R^2 = 99,00$); Razão clorofila *a*/clorofila *b* (D): $Y = 2,16$; Carotenoides (E): $Y = 0,25$.

Tabela 7. Efeito de dias após corte de uniformização (DAC) nos teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, razão clorofila *a*/clorofila *b* e teores de carotenoides de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variáveis	DAC (dias)		MÉDIA	CV(%)
	14	28		
Clorofila <i>a</i>	2,19 a	1,32 b	1,75	30,32
Clorofila <i>b</i>	1,23 a	0,65 b	0,94	42,62
Clorofila total	3,42 a	2,02 b	2,72	18,36
Razão clorofila <i>a/b</i>	2,23 a	2,09 a	2,16	53,66
Carotenoides	0,28 a	0,22 a	0,25	48,56

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação. DAC = dias após corte de uniformização.

Segundo Streit et al. (2005), as clorofilas *a* e *b* são geralmente encontradas em uma razão 3:1 em plantas C4. No presente trabalho a razão clorofila *a/b* encontrada foi inferior, apresentando valor médio de 2,16. Esse resultado pode ter ocorrido, uma vez que, aos 14 dias, a demanda por fotoassimilados era maior que aos 28 DAC, devido, principalmente, a menor quantidade de folhas com alta taxa de fotossintética, sendo necessária uma maior quantidade de clorofila *b* para absorção da radiação, o que refletiu numa maior razão clorofila *a*/clorofila *b* aos 14 dias.

Mesmo havendo aumento no teor de clorofilas, o teor de clorofila *b* foi menor que a clorofila *a*. Silva et al., (2001) afirmaram que o teor de clorofila por cloroplasto é menor em plantas com fisiologia C4, principalmente a clorofila *b*, pois, assim, não há necessidade de gasto energético para produção de pigmentos coletores de radiação, já que se desenvolvem bem em ambientes saturados de luz.

A interação entre adubação nitrogenada e período após o corte de uniformização não foi significativa ($P > 0,05$) para os teores de açúcares solúveis totais e açúcares redutores nas folhas, colmos e raízes, nem para amido em colmo e raiz (Figura 7).

Os teores de açúcares solúveis totais (Figura 7A), bem como de açúcares redutores nas folhas (Figura 7B), não foram influenciados pela adubação nitrogenada, uma vez que as folhas são órgãos fonte de fotoassimilados, sendo esses redistribuídos para os órgãos dreno, formação de novos tecidos e até mesmo armazenamento.

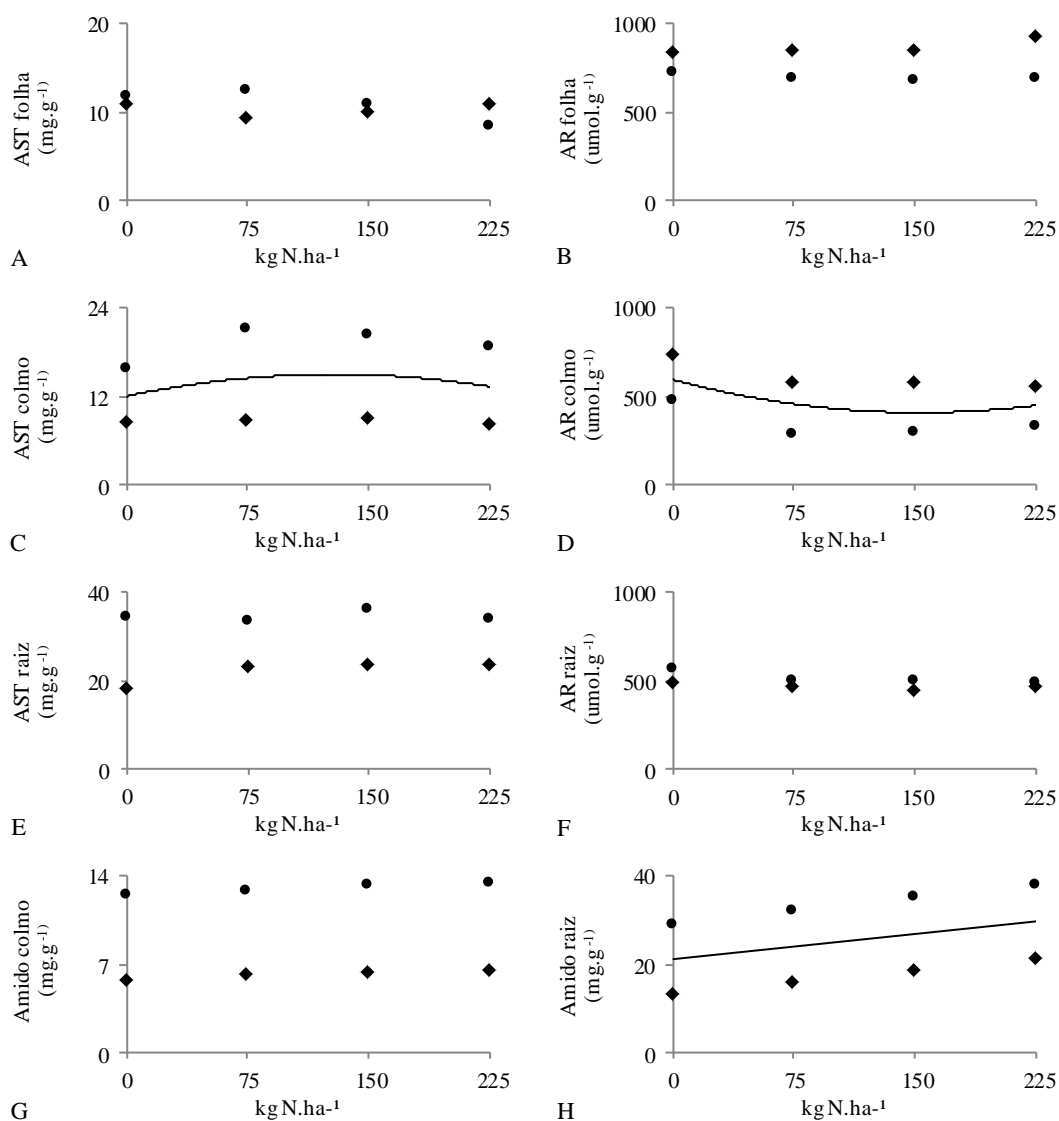
Os açúcares solúveis totais (Figura 7C) e açúcares redutores de colmo (Figura 7D) apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$) em função da adubação nitrogenada. Os maiores teores de açúcares solúveis totais de colmo foram observados com 115,75 kg N.ha⁻¹ (Figura 7C), e os menores teores de açúcares redutores de colmo com a aplicação de 153,47 kg N.ha⁻¹ (Figura 7D). Em contrapartida, o nitrogênio não influenciou nos teores de amido em colmos (Figura 7G).

Nas raízes, somente o amido foi influenciado pela adubação nitrogenada (Figuras 7H). Neste caso, o teor de amido foi diretamente proporcional ($P < 0,05$) ao aumento das doses de adubação nitrogenada, aumentando 0,0387 mg.g⁻¹ de massa seca para cada kg de nitrogênio. Esse resultado confirma que os açúcares produzidos durante a fotossíntese foram, em grande parte, realocados para as raízes e armazenados em forma de amido.

Além disso, o aumento linear, nos teores de amido, indica que o nitrogênio interfere diretamente na atividade fotossintética, de forma que, em condições favoráveis, ocorre sobra de fotossintatos, permitindo o armazenamento do mesmo,

independente do período de crescimento. Com isso, pode-se, mais uma vez, confirmar a importância do nitrogênio nos primeiros dias após o corte ou pastejo, pois a manutenção de altas taxas metabólicas permite uma melhor recuperação após algum estresse.

Figura 7. Açúcares solúveis totais (AST) em folha (A), açúcares redutores (AR) em folha (B), AST colmo (C), AR colmo (D), AST raiz (E), AR raiz (F), amido (AM) em colmo (G) e AM raiz (H) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (♦) e 28 (●) dias após o corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: AST folha (A): $Y_{14 \text{ dias}} = 10,10$; $Y_{28 \text{ dias}} = 10,83$; AR folha (B): $Y = 777,91$; AST colmo (C): $Y = -0,0002x^2 + 0,0463x + 12,049$ ($R^2 = 94,82$); AR colmo (D): $Y = 0,0079x^2 - 2,4249x + 593,73$ ($R^2 = 93,02$); AST raiz (E): $Y = 28,16$; AR raiz (F): $Y = 486,17$; Amido colmo (G): $Y = 9,57$; Amido raiz (H): $Y = 0,0387x + 21,022$ ($R^2 = 99,90$).

Os teores de açúcares solúveis totais, amido no colmo e na raiz, bem como os açúcares redutores na raiz foram maiores os 28 dias após o corte de uniformização ($P < 0,05$), já os açúcares redutores na folha e no colmo foram reduzidos ($P < 0,05$) no segundo período avaliado (Tabela 8).

As variações nos teores de carboidratos solúveis nos diversos órgãos apontam para as condições favoráveis para alta atividade fotossintética e podem estar sendo utilizados para o crescimento e manutenção dos órgãos e/ou para armazenamento. Nas folhas, que são órgãos fonte, os altos teores de açúcares redutores podem ser provenientes diretamente da fotossíntese e, por isso, o maior teor desses açúcares aos 14 dias, corrobora com os mais altos teores de clorofila e, conseqüentemente, altas taxas fotossintéticas.

Tabela 8. Efeito de dias após corte de uniformização (DAC) nos teores de açúcares solúveis totais na folha, no colmo e na raiz, açúcar redutor na folha, no colmo e na raiz, amido no colmo e na raiz de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variável	DAC (dias)		MÉDIA	CV (%)
	14	28		
AST Folha (mg.g ⁻¹)	10,21 ^a	10,83a	10,51	21,63
AST Colmo (mg.g ⁻¹)	8,52 b	18,88 a	13,70	16,50
AST Raiz (mg.g ⁻¹)	21,92 b	34,40 a	28,16	10,71
AR Folha (umol.g ⁻²)	863,32 a	692,49 b	777,91	7,05
AR Colmo (umol.g ⁻²)	609,60 a	344,32 b	476,96	14,02
AR Raiz (umol.g ⁻²)	460,47 b	511,87 a	486,17	10,64
AM Colmo (mg.g ⁻¹)	6,14 b	12,99 a	9,57	8,63
AM Raiz (mg.g ⁻¹)	17,23 b	33,53 a	25,38	7,37

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação. DAC = dias após corte de uniformização.

Nos caules, que transportam e armazenam, aos 14 DAC, ainda podem estar utilizando grande parte desses metabólitos para seu crescimento, por isso, os maiores teores de açúcares redutores, enquanto que, aos 28 DAC, apresentam maiores teores de açúcares solúveis totais, pois com a planta já mais desenvolvida, o transporte passa a ser uma prioridade. Isso pode ser comprovado nas raízes que, aos 28 DAC, apresentam maiores teores de carboidratos solúveis, os quais estão sendo destinado ao armazenamento, culminando nos maiores teores de amido. Além disso, esses dados mostram que as raízes da *Brachiaria brizantha* são os principais órgãos de armazenamento e, por isso, tem importante papel na recuperação pós-pastejo e na tolerância a estresses ambientais.

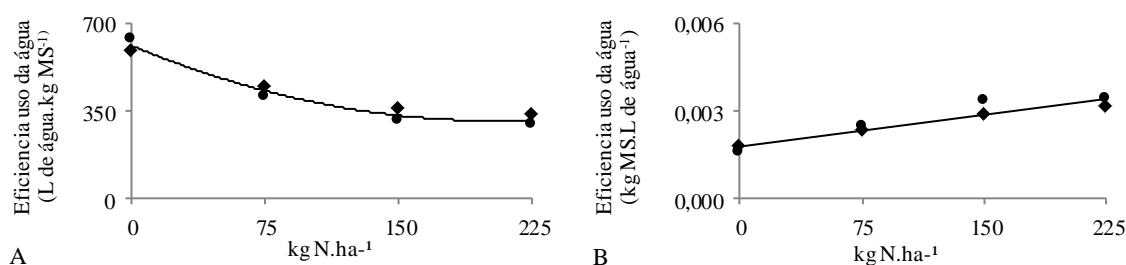
O aumento no teor de amido, aos 28 DAC, ocorreu possivelmente devido à gramínea estar bem desenvolvida, com altas taxas fotossintéticas e, conseqüentemente, fotoassimilados suficientes para serem armazenados na forma de amido, forma como os vegetais armazenam energia.

A quantidade de água necessária para produzir um kg de massa seca e a produção de massa seca por litro de água não apresentaram ($P>0,05$) interação significativa (Figura 8) entre período após corte de uniformização e adubação nitrogenada. A quantidade de água necessária para produzir 1 kg de massa seca apresentou efeito quadrático, sendo o menor consumo de água (Figura 8A) observado ao utilizar uma dose de 216 kg N.ha⁻¹; já a massa seca produzida com 1 L de água apresentou efeito linear crescente.

A quantidade de água disponível no solo pode determinar o quanto de água a planta irá absorver pelas suas raízes, além da aeração e temperatura do solo e da taxa de transpiração da planta (Artur, Garcez & Monteiro, 2014), nesse experimento a água foi fornecida mantendo-se o solo próximo à capacidade de campo, não havendo limitação hídrica para absorção de nutrientes.

Houve redução na quantidade de água utilizada pela planta para produzir 1 kg de massa seca; além disso, a quantidade massa seca produzida por L de água aumentou em função da adubação nitrogenada, comprovando que o nitrogênio melhora a eficiência no uso da água. Segundo Dordas e Sioulas (2008), o nitrogênio influencia a quantidade de água a ser utilizada pela planta e o crescimento da cultura e, conseqüentemente, pode influenciar na eficiência de uso da água, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho.

Figura 8. Eficiência de uso da água, água necessária para produzir 1 kg MS (A) e kg MS produzida com 1L água (B) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada sob diferentes doses de nitrogênio por 14 (♦) e 28 (●) dias após o corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: Litro de água.kg MS⁻¹ (A): $Y = 0,0058x^2 - 2,5163x + 585,51$ ($R^2 = 99,99$); kg MS⁻¹.litro de água (B): $Y = 0,000007x + 0,0018$ ($R^2 = 95,34$)

Não houve diferença ($P>0,05$) entre os dias após corte de uniformização para a quantidade de água necessária para produzir 1 kg de massa seca e para a produção de massa seca por litro de água (Tabela 9). Isso se deu, possivelmente, ao aumento proporcional entre a produção de massa seca de forragem e o consumo de água.

Tabela 9. Efeito de dias após corte de uniformização (DAC) na eficiência de uso da água de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variável	DAC (dias)		MÉDIA	CV (%)
	14	28		
Litro de água.kgMS ⁻¹	434,14 a	399,78 a	416,96	21,53
kg MS.L de água	0,0025 a	0,0027 a	0,0026	21,55

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação. DAC = dias após corte de uniformização.

3.4. Conclusões

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu responde a adubação nitrogenada no período de rebrota, aumentando a produção de massa seca e os teores de clorofilas. Esses pigmentos são os responsáveis pelo crescimento nos primeiros dias após corte, enquanto que, ao final do período, esse crescimento se deve, principalmente, à área foliar (número de folhas e tamanho da folha).

A adubação com nitrogênio promove aumento nas taxas de crescimento, e, conseqüentemente, nos teores de amido na raiz, evidenciando sua influência nas taxas fotossintéticas. Além disso, melhora a eficiência no uso da água.

Assim, o nitrogênio influencia em uma rápida recuperação pós-corte (pós-pastejo), permitindo o restabelecimento da planta e seu investimento em reservas, as quais auxiliarão em sua recuperação após um novo corte (pastejo).

3.5. Referências bibliográficas

- ALEMAN, C. C.; RAMPAZO, E. M. & MARQUES, T. A.. Taxa de crescimento relativo da *Brachiaria brizantha* cv. Xaráes e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob fertirrigação nitrogenada. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 23-28, 2016.
- ALEXANDRINO, E.; VAZ, R. G. M. V. & SANTOS, A. C. dos. Características da *brachiaria brizantha* cv. marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 6, 2010.
- ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de minas gerais (CFSMG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. **5ª aproximação**, Viçosa, 1999.
- ARTUR, A. G.; GARCEZ, T. B.; MONTEIRO, F. A.. Water use efficiency of marandu palisadegrass as affected by nitrogen and sulphur rates. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 10-17, 2014.
- CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA L. E. M. de; MESQUITA A. C.. **Análise de Crescimento de Plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2008.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ A. BERCHIELLI, T.; SALIBA, E... & AZEVEDO, J.. Métodos para análise de alimentos – INCT – **Ciência Animal**. Instituto Nacional de Ciência Tecnologia de Ciência Animal. Cap. 15, 2012.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. Carbohydrate chemistry. New York: **Academic Press**, p.477-520. 1962.
- DORDAS, C. A.; SIOULAS, C.. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 27, n. 1, p. 75-85, 2008.
- FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. D.; MISTURA, C.; MORAIS, R. D.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JÚNIOR D. do; CASAGRANDE D. R. & COSTA, L. T. da. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.
- GASTAL, F. & LEMAIRE, G.. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. **Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 1146-1171, 2015.
- HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v.57, n.12, p.1332-1334, 1979.

LEMAIRE, Patrick. Evolutionary crossroads in developmental biology: the tunicates. **Development**, v. 138, n. 11, p. 2143-2152, 2011.

MARTUSCELLO, J.A.; MAJEROWICZ, N.; CUNHA, D.N.F.V. da; AMORIM, P.L. de & BRAZ, T.G.S. Características produtivas e fisiológicas de capim-elefante submetido à adubação nitrogenada. **Arquivo de Zootecnia**. v.65, n.252, p.565-570, 2016.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, n.3, p.426-428, 1959.

NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. de F. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. **Agrociencia**, v. 13, n. 3, p. 18-27, 2009.

NUNES, S. G., BOOCK, A., PENTEADO, M. D. O., & GOMES, D. T. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Documentos Embrapa**, v. 21, 1984.

SANTOS, M. R., FONSECA, D. M. da, GOMES, V. M., SILVA, S. P. da, SILVA, G. P., & SANT'ANNA, M. R.. Correlações entre características morfogênicas e estruturais em pastos de capim-braquiária. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 49-56, 2012.

SILVA, M. M., MALDONADO, H., BRESSAN-SMITH, R. E., COELHO, J. F., & D AVILA, E.. Diferenças varietais nas características fotossintéticas de *Pennisetum purpureum* Schum. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1975-1983, 2001.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. do; HECKTHEUER, L. H. H.. As Clorofilas. **Ciência Rural**. v.35, n.3, p.748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2013.

VALLE, C. B; MACEDO M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; JANK. L. & RESENDE. L. M. S.. Gênero *Brachiária*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: UFV, p.30-77. 2010.

WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v.144, n.3, p.307-313, 1994.

IV CAPÍTULO II

INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO SOBRE A REBROTA E CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO CAPIM MARANDU

RESUMO – O cultivar Marandu tem apresentado alta produção de massa seca de forragem. Durante a fotossíntese ocorre a formação de açúcares responsáveis pelo acúmulo de massa seca. O nitrogênio é um nutriente essencial para o crescimento das gramíneas. Objetivou-se avaliar o crescimento, características fisiológicas e eficiência no uso da água em diferentes períodos de rebrota da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, adubada ou não com nitrogênio. A pesquisa foi realizada em casa de vegetação, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, no período de fevereiro a abril de 2016, em esquema fatorial 5x2 (5 períodos de crescimento e 2 doses de nitrogênio), com 5 repetições. Os vasos foram pesados diariamente para a reposição da água. Foi realizado o transplante de plântulas e, após 35 dias, fez-se o corte de uniformização, seguido da adubação nitrogenada, dando início às avaliações das características produtivas e fisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em cada período de crescimento. Houve efeito quadrático para produção de massa seca de folha em função do período após corte de uniformização na ausência de adubação, já na presença de nitrogênio o efeito foi linear crescente. O número de folhas vivas e comprimento total da planta apresentaram efeito quadrático, em função do período após corte de uniformização na ausência de nitrogênio, e linear quando adubadas. A relação entre período após corte de uniformização e filocrono foi linear na ausência da adubação nitrogenada e quadrática com nitrogênio. A área foliar foi diretamente proporcional ao período de crescimento após corte de uniformização, bem como o índice de área foliar. A taxa de assimilação líquida cresceu proporcional ao período após corte de uniformização, independentemente da dose de nitrogênio aplicada. Os teores de clorofila a apresentaram efeito quadrático, tanto na ausência quanto na presença da adubação. Os teores de clorofila b e clorofila total foram influenciados de forma quadrática, enquanto que a razão clorofila a/clorofila b foi inversamente proporcional ao período após corte de uniformização, independentemente da adubação nitrogenada. O teor de amido em raiz aumentou em função do período após corte de uniformização. Para massa seca produzida com um litro de água, houve efeito quadrático, tanto na presença quanto na ausência de nitrogênio. O crescimento aumenta com o período após corte, sendo mais rápido nas plantas adubadas. O nitrogênio tem um importante efeito no início da rebrota, uma vez que acelera o crescimento após o corte, principalmente da parte aérea. Isso é evidenciado também no número e tamanho de folha. Os teores de pigmentos reduzem com a idade da planta, entretanto isso é compensado pela área foliar (número e tamanho da folha), que mantém altas taxas de assimilação líquida, independente do nitrogênio. Essas taxas aumentam com o período pós-corte, influenciando diretamente os teores de amido. Os teores de amido apresentam-se, durante todo o período de rebrota, mais altos nas raízes, evidenciando essa estrutura como o principal órgão de reserva na *Brachiaria brizantha*. Além disso, a presença do nitrogênio favorece os maiores teores desse carboidrato. Apesar de, em condições hídricas favoráveis, o crescimento das plantas se mantém constante até os 35 dias após corte, a melhor eficiência no uso da água ocorre aos 20 dias de rebrota. Isso indica que pode haver prejuízos à planta em períodos de crescimento muito longos após corte, ainda que, no campo, é mais difícil controlar as condições hídricas.

Palavras-chave: açúcar, crescimento, reserva.

IV CHAPTER II

INFLUENCE OF NITROGEN ON THE REBROT AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CAPIM MARANDU

ABSTRACT – The cultivar Marandu has presented high production of dry mass of forage. During photosynthesis occurs the formation of sugars responsible for the accumulation of dry mass. Nitrogen is an essential nutrient for grass growth. The objective of this study was to evaluate the growth, physiological characteristics and water use efficiency in different *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, fertilized or not with nitrogen. The research was carried out in a greenhouse at the State University of the Southwest of Bahia, Itapetinga, BA, from February to April 2016, in a 5x2 factorial scheme (5 growth periods and 2 nitrogen doses), with 5 replications. The vessels were weighed daily to replenish the water. The seedlings were transplanted and, after 35 days, the uniformity was cut, followed by nitrogen fertilization, starting the evaluations of the productive and physiological characteristics of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu in each period of growth. There was a quadratic effect for leaf dry mass production as a function of period after cut of uniformity in the absence of fertilization, already in the presence of nitrogen the effect was linearly increasing. The number of live leaves and total length of the plant presented quadratic effect, as a function of the period after cut of uniformity in the absence of nitrogen, and linear when fertilized. The relationship between period after cut of uniformity and phyllochron was linear in the absence of nitrogen and quadratic fertilization with nitrogen. The leaf area was directly proportional to the growth period after cut of uniformity, as well as the leaf area index. The net assimilation rate increased proportionally to the period after cut of uniformity, regardless of the dose of nitrogen applied. The chlorophyll content presented a quadratic effect, both in the absence and in the presence of fertilization. The levels of chlorophyll b and total chlorophyll were influenced in a quadratic manner, while the chlorophyll a / chlorophyll b ratio was inversely proportional to the period after cut of uniformity, regardless of nitrogen fertilization. The root starch content increased as a function of the period after cut of standardization. For dry mass produced with one liter of water, there was quadratic effect, both in the presence and absence of nitrogen. The growth increases with the period after cutting, being faster in the plants fertilized. Nitrogen has an important effect at the beginning of the regrowth, since it accelerates the growth after the cut, mainly of the aerial part. This is also evidenced in leaf number and size. The pigment contents reduce with the age of the plant, however this is compensated by the leaf area (number and size of the leaf), which maintains high rates of net assimilation, independent of nitrogen. These rates increase with the post-cutting period, directly influencing the starch contents. The starch contents appear throughout the regrowth period, higher in the roots, evidencing this structure as the main reserve organ in *Brachiaria brizantha*. In addition, the presence of nitrogen favors the higher carbohydrate contents. Although, under favorable water conditions, plant growth remains constant until 35 days after cutting, the best efficiency in water use occurs at 20 days of regrowth. This indicates that there may be losses to the plant in very long periods of growth after cutting, although in the field it is more difficult to control the water conditions.

Keywords: sugars, growth, reserve.

4.1. Introdução

O aumento das áreas degradadas devido à exploração das pastagens faz com que se torne necessária a adoção de práticas de manejo que garantam a eficiência do sistema de produção, e a escolha de uma forrageira que seja adaptada às condições da região, tem sido uma das estratégias de manejo.

O cultivar Marandu é uma forrageira que possui o sistema fotossintético C4 e hábito de crescimento do tipo cespitoso (Nunes et al., 1984), tem apresentado uma produção de massa seca de forragem, em torno de 20 t.ha⁻¹.ano⁻¹, quando bem manejadas, o que favorece a cobertura do solo, possui rápido estabelecimento e a torna bastante competitiva com invasoras, além de ser resistente à cigarrinha das pastagens (Alvim et al. 1990; Valle et al., 2010).

Durante a fotossíntese, ocorre à conversão da energia solar em energia química, e a produção de açúcares (Taiz & Zeiger, 2013), os quais são responsáveis pelo acúmulo de massa seca, além da diferenciação, maturação e expansão no sistema radicular (Pimentel et al., 2016) .

De acordo com Patês et al., (2007), a contínua emissão de folhas e perfilhos é um processo que determina a produtividade das gramíneas forrageiras, uma vez que reflete na restauração da área foliar após corte ou pastejo, sendo, portanto, fundamental para o crescimento vegetal, pois garante o estabelecimento e a perenidade da forrageira.

O acúmulo de massa seca pode ser determinado, principalmente através da avaliação morfogênica. Sbrissia et al. (2009), afirmaram que as características morfogênicas são influenciadas por fatores abióticos e determinam as características de estrutura do pasto, tamanho de folha, número de folhas vivas por perfilho e razão folha/colmo, além de sofrerem influência da disponibilidade de nutrientes e de água no solo (Artur, Garcez & Monteiro, 2014).

O nitrogênio é um nutriente essencial para o crescimento das gramíneas forrageiras por ser constituinte, principalmente, de moléculas de clorofila, as quais atuam na fotossíntese e essa, por sua vez, é responsável pelo crescimento das plantas. Para tanto, torna-se fundamental o conhecimento de aspectos relativos tanto à morfologia quanto a fisiologia, uma vez que o potencial de uma gramínea forrageira é consequência de um conjunto de características e a inter-relação entre elas. Diante do

exposto, objetivou-se avaliar as características produtivas e fisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubado ou não com nitrogênio durante a rebrota.

4.2. Material e métodos

4.2.1. Instalação do experimento

A pesquisa com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi realizada em casa de vegetação, localizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* Juvino Oliveira, Itapetinga, BA (15°38'46'' de latitude sul, 40°15'24'', de longitude oeste e com altitude média de 280 m).

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 5x2, sendo cinco períodos de crescimento (7, 14, 21, 28 e 35 dias após corte de uniformização (DAC)) e duas doses de nitrogênio (0, e 150 kg de N.ha⁻¹), com cinco repetições, totalizando 50 unidades experimentais (vasos).

O solo utilizado foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, no *Campus* da UESB de Itapetinga. Após destorroado e passado em peneira com malha de quatro milímetros, foi realizada a coleta do material para análise de solo e o enchimento dos vasos com 14 kg de solo seco.

De posse da análise do solo (Tabelas 1 e 2) realizada pelo Laboratório de Solos, Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, UESB, foram realizadas as correções do solo necessárias conforme as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais 5ª Aproximação (Alvarez & Ribeiro, 1999).

Não houve necessidade de calagem, uma vez que o solo apresentou saturação por bases de 72% nem de adubação potássica, de acordo com a classe de disponibilidade de potássio no solo (Tabela 2) e o alto nível tecnológico adotado. Houve necessidade de adubação fosfatada, considerando o teor de argila do solo (Tabela 1) e o alto nível tecnológico adotado, com isso foi realizada adubação de 50 kg P₂O₅.ha⁻¹.

Tabela 1. Análise física do solo da área experimental

Composição Granulométrica (%)			Classe Textural
Areia	Silte	Argila	
86	4	10	Franco Arenosa

Fonte: Laboratório de solos da UESB.

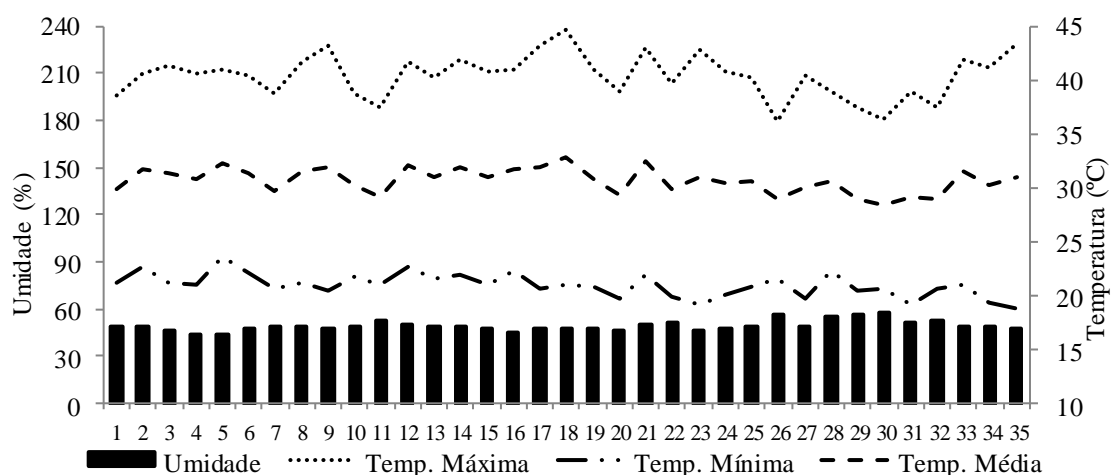
Tabela 2. Análise química do solo da área experimental

pH	mg/dm ³		cmol _c /dm ³ de solo							%	g/dm ³		
(H ₂ O)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Na ⁺	S.B ¹	t ²	T ³	V ⁴	M ⁵	M.O ⁶
5,9	25	0,8	1,8	2,0	0,1	1,7	-	4,7	4,8	6,5	72	2	11

¹Soma de bases. ²CTC efetiva. ³CTC pH 7. ⁴Saturação de bases. ⁵Saturação por Al³⁺. ⁶Matéria orgânica
Fonte: Laboratório de solos da UESB.

Para determinação da capacidade de campo, todos os vasos com solo seco foram pesados, encharcados com água e, após escoamento total da água, pesados novamente. Esse peso correspondente ao peso do solo próximo à capacidade de campo, e foi utilizado para a reposição da água perdida por evapotranspiração, sendo os vasos pesados diariamente.

As temperaturas e umidades mínima, máxima e média de dentro da casa de vegetação (Figura 1) foram registradas durante todo o período experimental, por meio de um termo-higrômetro digital.

Figura 1. Umidade média (%) e temperatura (°C) máxima, mínima e média durante o período experimental (23/03/2016 a 27/04/2016)

As plantas foram obtidas por meio de sementes e, após sete dias de emergência, cerca de seis plântulas foram transplantadas para cada vaso. Após 15 dias do

transplântio, realizou-se um desbaste, mantendo-se quatro plantas por vaso, tendo, como requisitos na escolha, o vigor e a homogeneidade das plantas.

Vinte dias após o desbaste foi realizado o corte de uniformização, seguido da adubação nitrogenada (0 e 150 Kg de N.ha⁻¹). Em seguida, deu-se início às coletas, respeitando cada período de crescimento após o corte de uniformização (7, 14, 21, 28 e 35 dias).

4.2.2. Avaliações

4.2.2.1. Produção de massa seca

Os vasos foram desmontados ao término de cada período de crescimento, com o auxílio de água corrente para a retirada das plantas inteiras, as quais foram dissecadas em folha, colmo (colmo e pseudocolmo) e raiz.

O material dissecado (folha, colmo e raiz) foi pesado para a determinação de massa fresca (MF) e, em seguida, seco em estufa a 65°C, por 72 horas, e pesados novamente para obtenção da massa seca (MS).

Para raízes, além da massa fresca e seca, foi determinado o volume, utilizando-se uma proveta com quantidade de água conhecida, onde a raiz fresca foi introduzida e, por meio da diferença de volume, foi obtido o volume de raiz.

4.2.2.2. Características morfogênicas e estruturais

Três perfilhos por vaso foram marcados com fitas coloridas, nos quais foram avaliados, a cada três dias (durante todo período experimental): aparecimento do ápice foliar; comprimento do colmo; número de folhas; comprimento e largura da folha; e número de folhas senescentes. A partir desses dados, foram calculadas as características morfogênicas e estruturais: número de folhas vivas por perfilho (NFV, folha.perfilho⁻¹), filocrono (dias.folha⁻¹.perfilho⁻¹), taxa de aparecimento foliar (TApF, folhas.dia⁻¹), taxa de alongamento de folha (TAIF, cm.dia⁻¹), largura final de folha (LFF, cm),

comprimento final de folha (CFF, cm), taxa de alongamento de colmo (TAIC, cm.dia⁻¹), comprimento final de colmo (CFC, cm), comprimento total da planta (CTP, cm).

4.2.2.3. Área foliar e análises de crescimento

Para quantificar a área foliar, as folhas das quatro plantas, por vaso, foram escaneadas. As imagens digitalizadas foram utilizadas para a determinação das áreas foliares pelo programa computacional ImageJ. Esse programa determina a área da imagem ocupada pelas folhas pelo contraste com a área não ocupada.

Os cálculos de área foliar específica (AFE, dm².g⁻¹), índice de área foliar (IAF), razão área foliar (RAF, dm².g⁻¹), razão de peso foliar (RPF), taxa de assimilação líquida (TAL, g.dm⁻².dia⁻¹), taxa de crescimento absoluto (TCA, g.dia⁻¹), taxa de crescimento relativo (TCR, g.g⁻¹.dia⁻¹) e taxa de crescimento da cultura (TCC, g.dm⁻².dia⁻¹) foram realizados conforme equações definidas por Cairo, Oliveira & Mesquita (2008).

4.2.2.4. Teores de pigmentos e de carboidratos

4.2.2.4.1. Clorofilas e carotenoides

Para a extração das clorofilas e carotenoides, foi coletada a 3ª folha completamente expandida, às 10 horas da manhã, ao final de cada período de crescimento, no dia anterior ao desmanche dos vasos. De acordo com Hiscox & Israelstam (1979), a folha foi cortada em fragmentos pequenos, imediatamente pesados e colocados em frascos de vidro, envoltos com papel alumínio, contendo 5 mL de Dimetilsulfóxido (DMSO). Após 72 horas, foram realizadas as leituras no espectrofotômetro em comprimentos de onda de 665, 649 e 480 nm e os pigmentos quantificados, utilizando-se as equações de Wellburn (1994), sendo os valores ajustados para mg.g⁻¹ de massa fresca: clorofila *a* = 12,19*A₆₆₅ - 3,45*A₆₄₉, clorofila *b* = 21,99*A₆₄₉ - 5,32*A₆₆₅ e carotenoides = [1000*A₄₈₀ - (2,14*Clorofila *a*) - 7(0,16*Clorofila *b*)] / 220, onde A = absorvância. Com base nesses dados foram calculados também razão clorofila *a/b* e clorofila total (clorofila *a* + clorofila *b*).

4.2.2.4.2. Açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido

As amostras secas de folha, caule e raiz foram moídas em moinho de bola para as análises dos carboidratos. Os açúcares solúveis totais (AST) e redutores (AR) foram extraídos por meio da homogeneização de 300 mg de massa seca de folhas, de colmo e de raiz, em 4 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0), acrescido de ácido ascórbico 20 mM, seguido de centrifugação a 4000 rpm, por 20 minutos, e coleta do sobrenadante. O processo foi realizado mais duas vezes e os sobrenadantes foram combinados, totalizando 12 mL de extrato.

Para o amido foi utilizado o pellet, de colmo e raiz, resultante da extração dos açúcares solúveis, o qual foi ressuspensionado em 5 mL do tampão acetato de potássio 200 mM (pH 4,8) e colocado em banho-maria, a 100°C por 5 minutos. Em seguida, foi resfriado até atingir cerca de 50°C, momento em que foi adicionada a solução enzimática, contendo 11 unidades da enzima amiloglucosidase. A mistura permaneceu em banho-maria, a 50°C por duas horas, sob agitação. Após a incubação, realizou-se uma centrifugação a 4000 rpm, por 20 minutos. O sobrenadante foi coletado e o volume completado para 5 mL com o mesmo tampão.

A quantificação dos AST e amido foi realizada pelo método da Antrona (Dische, 1962) e dos AR pelo método do ácido dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959).

4.2.2.5. Eficiência de uso da água

Os vasos foram pesados todos os dias para manutenção da hidratação do solo próximo à capacidade de campo, sendo registrada a quantidade de água repostada e, ao final de cada período, foi calculada a quantidade de água utilizada por período.

De posse da massa seca produzida e da quantidade de água repostada no período, foram calculadas a quantidade de água necessária para produzir um quilograma de massa seca ($L.kg^{-1}$) e a massa seca produzida com um quilograma de água ($kg.L^{-1}$).

4.2.3. Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, considerando como fontes de variação as doses de nitrogênio (N), os períodos em dias após corte de uniformização (DAC) e a interação de N x DAC. A interação foi desdobrada, ou não, de acordo com a significância, e os efeitos da adubação nitrogenada foram avaliados por análise de regressão simples, utilizando-se uma decomposição ortogonal do efeito de nitrogênio, cujos coeficientes foram avaliados pelo teste F, e a comparação entre DAC foi realizada pelo teste F, adotando-se $\alpha = 0,05$.

4.3. Resultados e discussão

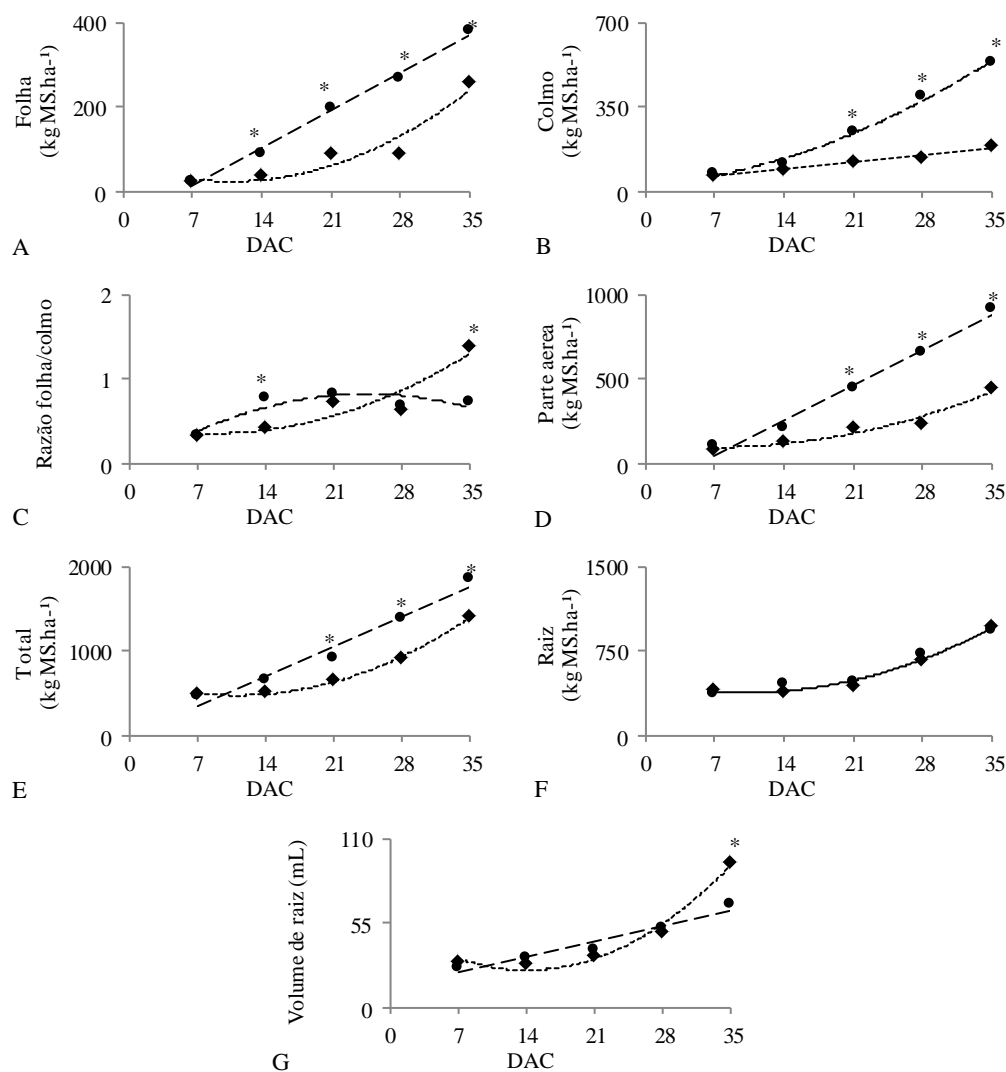
O período após o corte de uniformização e a adubação nitrogenada apresentou interação significativa ($P < 0,05$) para produção de massa seca de folha, massa seca de colmo, razão folha/colmo, massa seca da parte aérea, massa seca total e volume de raiz. Apenas a massa seca de raiz não apresentou interação significativa ($P > 0,05$) (Figura 2).

A relação entre o período após corte de uniformização e produção de massa seca de folha na ausência de adubação foi ajustada ao modelo quadrático ($P < 0,05$), já na presença de 150 kg N.ha^{-1} foi linear crescente ($P < 0,05$) (Figura 2A). A mesma resposta foi verificada para massa seca da parte aérea (Figura 2D), massa seca total (Figura 2E) e volume de raiz (Figuras 2G).

Tais resultados demonstram o importante efeito do nitrogênio no início da rebrota, uma vez que, em sua presença, as plantas rapidamente recuperaram seu crescimento aumentando a massa, principalmente da parte aérea, enquanto que, nas plantas que não receberam a adubação, o aumento da massa é mais lento.

A produção de massa seca de colmo apresentou uma resposta linear positiva ($P < 0,05$) ao período após corte de uniformização na ausência de adubação nitrogenada, enquanto que utilizando 150 kg N.ha^{-1} o efeito foi quadrático ($P < 0,05$), cujo menor valor foi observado aos 5 DAC (Figura 2B).

Figura 2. Massa seca (MS) de folha (A), massa seca de colmo (B), razão folha/colmo (C), massa seca da parte aérea (D), massa seca total (E), massa seca de raiz (F) e volume de raiz (G) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: MS folha (A): $Y_{0N} = 0,3731x^2 - 8,1579x + 67,725$ ($R^2 = 91,52$); $Y_{150N} = 12,86x - 78,061$ ($R^2 = 99,23$); MS colmo (B): $Y_{0N} = 4,249x + 31,23$ ($R^2 = 98,49$); $Y_{150N} = 0,328x^2 + 3,339x + 25,04$ ($R^2 = 99,43$); Razão folha/colmo (C): $Y_{0N} = 0,0014x^2 - 0,0233x + 0,454$ ($R^2 = 86,85$); $Y_{150N} = -0,0015x^2 + 0,072x - 0,0586$ ($R^2 = 78,81$); MS parte aérea (D): $Y_{0N} = 0,4133x^2 - 5,6002 + 112,77$ ($R^2 = 98,36$); $Y_{150N} = 29,973x - 165,51$ ($R^2 = 94,77$); MS total (E): $Y_{0N} = 1,3608x^2 - 16,164x + 529,72$ ($R^2 = 99,96$); $Y_{150N} = 50,112x + 4,4618$ ($R^2 = 96,63$); MS raiz (F): $Y = 0,9451x^2 - 19,572x + 484,39$ ($R^2 = 99,01$); Volume de raiz (G): $Y_{0N} = 0,156x^2 - 4,3939x + 55,2$ ($R^2 = 98,22$); $Y_{150N} = 1,4571x + 12,2$ ($R^2 = 94,34$).

A razão folha/colmo apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) em função do período após o corte de uniformização, tanto sem adubação nitrogenada, quanto com $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Figura 2C), porém com resposta contrária entre as plantas adubadas e não adubadas, enquanto que, na ausência da adubação, houve uma razão folha/colmo baixa nos primeiros dias após o corte, aumentando ao final do período avaliado. Na presença da adubação nitrogenada, essa razão aumentou já nos primeiros dias.

O resultado da razão folha/colmo pode ser atribuído às alterações no padrão de alocação de biomassa na planta (Guenni, Seiter & Figueroa, 2008), em consequência da prioridade na expansão da área de captura de luz, caracterizado pela maior produção de folha, favorecida pelo nitrogênio nos primeiros dias após corte de uniformização.

O nitrogênio proporcionou aumento ($P < 0,05$) na produção de massa seca de folha a partir dos 14 DAC (Figura 2A) e, a partir dos 21 DAC, na produção de massa seca de colmo (Figura 2B), de parte aérea (Figura 2D) e total (Figura 2E). A razão folha/colmo foi maior aos 14 DAC, e menor aos 35 DAC ($P < 0,05$), na presença de adubação nitrogenada (Figura 2C).

A produção de massa seca de raiz foi influenciada pelo período após corte de uniformização de forma quadrática ($P < 0,05$) (Figura 2F) e não foi influenciada ($P > 0,05$) pela adubação nitrogenada (Tabela 3). O volume de raiz, apresentou efeito do nitrogênio ($P < 0,05$) apenas aos 35 DAC.

Houve aumento na produção de massa seca de raiz, possivelmente porque a planta já havia se desenvolvido, realizando fotossíntese e podendo armazenar parte dos fotoassimilados na raiz, já a partir de 21 dias. Segundo Chapman & Lemaire (1996), o nitrogênio encontrado na parte aérea, formada nos primeiros dias após o corte, 80% pode ser oriundo da translocação das reservas da raiz e colmo, e os 20% restantes da absorção de nutrientes presentes no solo.

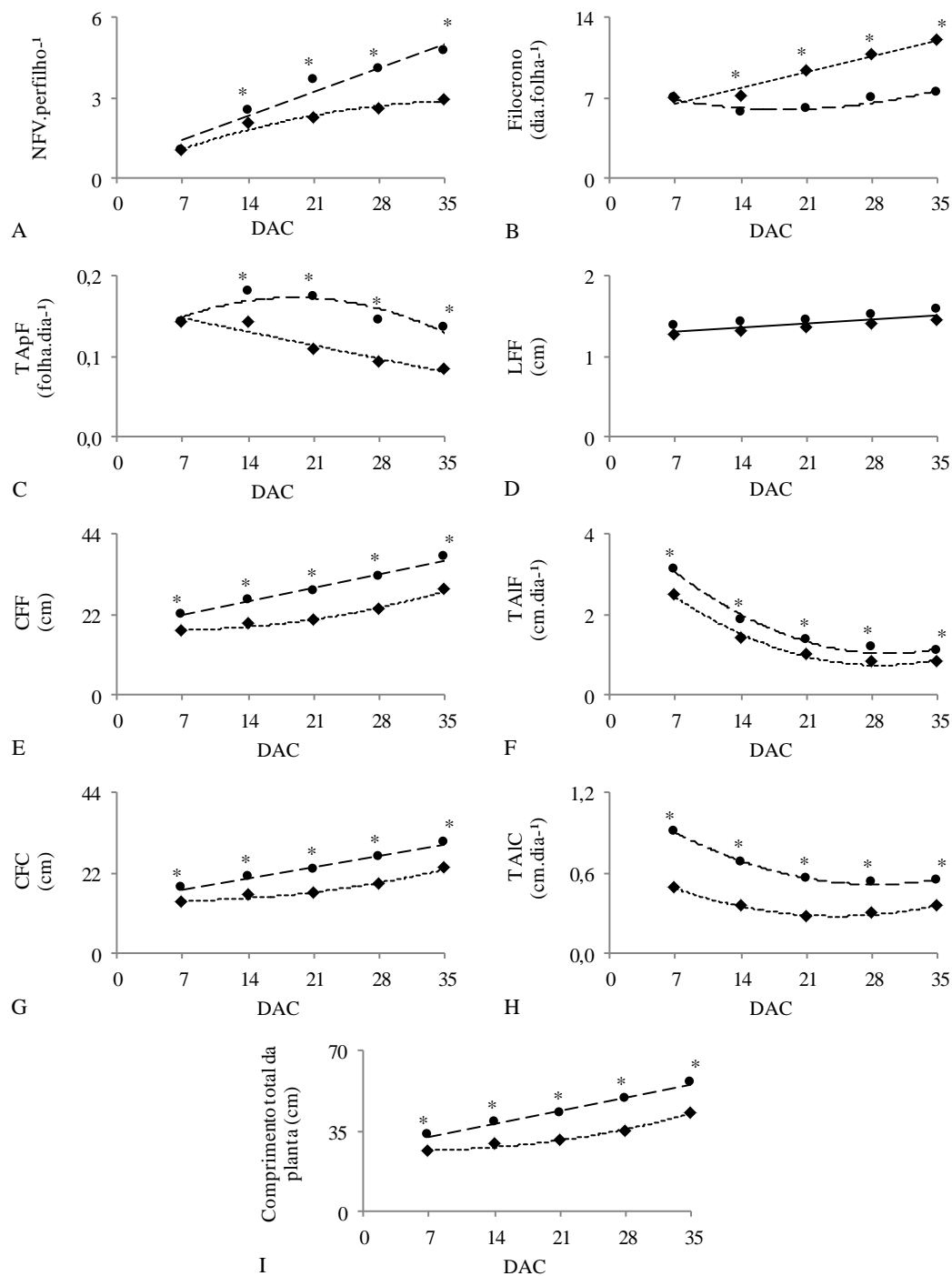
Tabela 3. Efeito do nitrogênio na produção de massa seca de raiz de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variáveis	kg N / ha ⁻¹		MÉDIA	CV (%)
	0	150		
RAIZ	572,69 a	592,88 a	582,79	14,44

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação.

A interação entre dias após corte de uniformização e adubação nitrogenada foi significativa ($P < 0,05$) para número de folhas vivas, filocrono, taxa de aparecimento de folha, comprimento final de folha, taxa de alongamento de folha, comprimento final de colmo, taxa de alongamento de colmo e comprimento da planta (Figura 3).

Figura 3. Número de folhas vivas por perfilho (A), Filocrono (B), taxa de aparecimento foliar (C), largura final de folha (D), comprimento final de folha (E), taxa de alongamento foliar (F), comprimento final de colmo (G) taxa de alongamento de colmo (H) e comprimento total da planta (I) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: NFV (A): $Y_{0N} = -0,0018x^2 + 0,1414x + 0,1867$ ($R^2 = 97,03$); $Y_{150N} = 0,1295x + 0,4867$ ($R^2 = 94,41$); Filocrono (B): $Y_{0N} = 0,1948x + 5,1367$ ($R^2 = 95,32$); $Y_{150N} = 0,0061x^2 - 0,2259x + 8,0795$ ($R^2 = 79,83$); TApF (C): $Y_{0N} = -0,0024x + 0,1645$ ($R^2 = 92,32$); $Y_{150N} = -0,0002x^2 + 0,0065x + 0,112$ ($R^2 = 74,16$); LFF (D): $Y = 0,007x + 1,2653$ ($R^2 = 99,65$); CFF (E): $Y_{0N} = 0,0125x^2 - 0,1482x + 18,23$ ($R^2 = 98,39$); $Y_{150N} = 0,5423x + 17,811$ ($R^2 = 98,91$); TAIF (F): $Y_{0N} = 0,0036x^2 - 0,2058x + 3,6959$ ($R^2 = 98,34$); $Y_{150N} = 0,0039x^2 - 0,233x + 4,4902$ ($R^2 = 98,26$); CFC (G): $Y_{0N} = 0,0102x^2 - 0,122x + 14,79$ ($R^2 = 98,40$); $Y_{150N} = 0,4393x + 14,427$ ($R^2 = 98,91$); TAIC (H): $Y_{0N} = 0,0007x^2 - 0,034x + 0,689$ ($R^2 = 99,43$); $Y_{150N} =$

$0,0009x^2 - 0,0483x + 1,2001$ ($R^2 = 99,34$); comprimento total da planta (I): $Y_{0N} = 0,0188x^2 - 0,2259x + 27,388$ ($R^2 = 98,40$); $Y_{150N} = 0,8134x + 26,716$ ($R^2 = 98,91$).

O número de folhas vivas (Figura 3A), comprimento final de folha (Figura 3E), comprimento final do colmo (Figura 3G), e comprimento da planta (Figura 3I), apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), em função do período após corte de uniformização na ausência de nitrogênio e linear ($P < 0,05$), quando adubadas com 150 kg N.ha^{-1} , e essas variáveis foram maiores ($P < 0,05$) na presença de nitrogênio em todos os períodos avaliados, com exceção do número de folhas vivas, que não apresentou efeito de nitrogênio ($P > 0,05$) aos 7 DAC.

Segundo Silveira et al. (2010), a genética é fator determinante do número de folhas vivas, comprimento final de folha e de colmo, além da altura da planta. No entanto, fatores como temperatura, umidade, fertilidade do solo, estágio de crescimento, entre outros fatores abióticos, podem interferir nessas variáveis, que vão influenciar diretamente a produção de massa seca.

De acordo com Duru & Ducrocq (2000), o aumento no comprimento final do colmo, tende a promover, também, um aumento no comprimento final de folha, devido à elevação da fase de multiplicação celular, sendo essas variáveis, determinadas pelas taxas de alongamento de colmo e de folha, respectivamente.

A relação entre período após corte de uniformização e filocrono (Figuras 3B), bem como com a taxa de aparecimento foliar (Figuras 3C) foi linear ($P < 0,05$) na ausência da adubação nitrogenada e quadrática ($P < 0,05$) com nitrogênio. O filocrono se refere ao tempo necessário para o aparecimento de duas folhas consecutivas, e é o inverso da taxa de aparecimento foliar. Portanto, o aumento no filocrono é consequência da redução da taxa de aparecimento foliar. Assim, a adubação nitrogenada promoveu aumento ($P < 0,05$) na taxa de aparecimento foliar e consequentemente redução ($P < 0,05$) no filocrono a partir dos 14 DAC (Figura 3B e C).

As taxas de alongamento de folha (Figura 3F) e de colmo (Figura 3H) foram influenciadas de forma quadrática ($P < 0,05$), tanto na presença quanto na ausência do nitrogênio. O maior comprimento do colmo, em função do período de crescimento, pode ser relacionado ao alongamento de colmo, promovido pelo aparecimento e alongamento foliar, contudo é indesejável, uma vez que possui relação inversa com a razão folha/colmo, refletindo na redução da qualidade nutricional da forragem. As taxas de alongamento de folha e de colmo foram maiores ($P < 0,05$) com adubação nitrogenada

em todos os períodos após corte de uniformização. Isso ocorreu, pois o nitrogênio potencializa o metabolismo da planta.

A largura final de folha foi diretamente influenciada ($P < 0,05$) pelo período após o corte de uniformização (Figura 3D) e foi maior ($P < 0,05$) na presença de adubação nitrogenada (Tabela 4). A largura da folha possui uma relação direta com a área foliar, uma vez que folhas mais largas possuem uma maior área para captação da radiação, conseqüentemente maior produção de massa seca devido a maior fotossíntese.

Tabela 4. Efeito do nitrogênio na largura final de folha de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variáveis	kg N / ha ⁻¹		MÉDIA	CV (%)
	0	150		
LFF (cm)	1,36 b	1,47 a	1,41	38,46

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação.

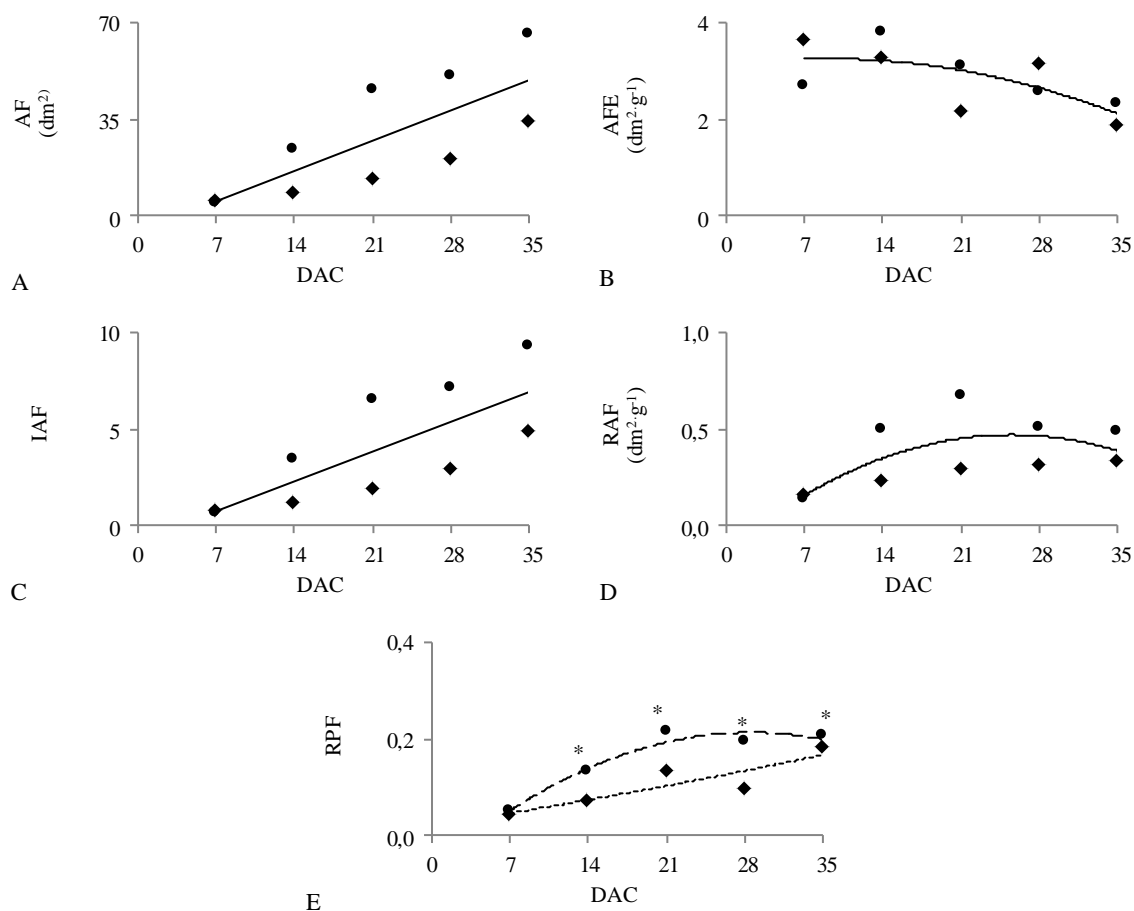
Área foliar, área foliar específica, índice de área foliar e razão área foliar não apresentaram efeito de interação ($P > 0,05$) entre período após corte de uniformização e adubação nitrogenada. Já para razão peso foliar, a interação foi significativa ($P < 0,05$), (Figura 4).

A área foliar foi diretamente proporcional ($P < 0,05$) ao período de crescimento após corte de uniformização, bem como o índice de área foliar (Figura 4A e C). O aumento da área foliar foi provocado pelo número de folhas vivas e pelo comprimento final de folha. O índice de área foliar, segundo Cairo, Oliveira & Mesquita (2008), está relacionado à densidade foliar de determinada área, e cresce intensamente até atingir seu máximo valor; contudo, é possível observar que, no presente trabalho, o índice de área foliar não atingiu seu valor máximo, uma vez que apresentou comportamento linear crescente.

A área foliar específica e a razão área foliar apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$) em função do DAC (Figura 4B e D). A área foliar específica é utilizada como indicador da espessura foliar, uma vez que é a relação entre área foliar e peso da folha. Com isso, a redução da área foliar específica pode estar associada ao aumento do peso da folha. A relação entre área foliar e o peso da planta corresponde à razão de área foliar, e corresponde a área foliar disponível para realizar fotossíntese, e produzir 1 g de massa seca.

A razão peso foliar apresentou efeito linear ($P < 0,05$), em função do período após corte de uniformização na ausência de adubação e quadrático ($P < 0,05$) quando adubado (Figura 4E). Esse comportamento está relacionado às variações no peso da folha e peso total da planta.

Figura 4. Área foliar (A), área foliar específica (B), índice de área foliar (C), razão área foliar (D) e razão peso foliar (E) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização



*Significativo a $\alpha = 0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: AF (A): $Y = 1,5644x - 5,692$ ($R^2 = 98,79$); AFE (B): $Y = -0,0017x^2 + 0,031x + 3,1155$ ($R^2 = 74,28$); IAF (C): $Y = 2,2143x - 8,0566$ ($R^2 = 98,79$); RAF (D): $Y = -0,0009x^2 + 0,0469x - 0,1255$ ($R^2 = 92,79$); RPF (E): $Y_{0N} = 0,0043x + 0,0147$ ($R^2 = 77,94$); $Y_{150N} = -0,0004x^2 + 0,02x - 0,0716$ ($R^2 = 95,49$).

Barbero et al., (2014) afirmaram que redução na razão de área foliar, bem como na razão de peso foliar, durante o crescimento da planta é justificada pela maior utilização dos fotoassimilados para o desenvolvimento de colmo, raiz e partes reprodutivas. No presente trabalho, esse comportamento pode ser observado a partir de 26 dias, independentemente da adubação com nitrogênio.

A adubação nitrogenada proporcionou incremento ($P < 0,05$) para área foliar, índice de área foliar e razão área foliar, independente do período após corte de

uniformização (Tabela 5), e não influenciou na área foliar específica; já a razão de peso foliar só foi influenciada pelo nitrogênio a partir dos 14 DAC.

Tabela 5. Efeito do nitrogênio na área foliar, área foliar específica, índice de área foliar e razão área foliar de folha de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variáveis	kg N / ha ⁻¹		MÉDIA	CV (%)
	0	150		
AF (dm ²)	16,25 b	38,07 a	27,16	7,61
AFE dm ² .g ⁻¹	2,81 a	2,89 a	2,85	36,45
IAF	2,30 b	5,39 a	3,84	7,13
RAF dm ² .g ⁻¹	0,27 b	0,46 a	0,36	55,68

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste . CV (%) = coeficiente de variação.

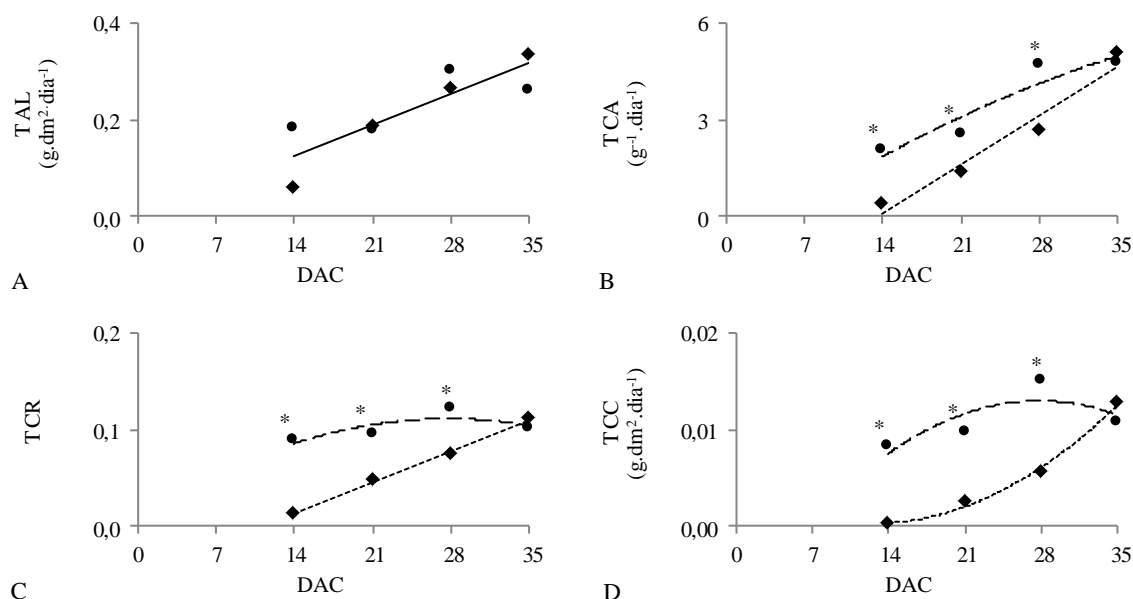
As taxas de crescimento absoluto, relativo e da cultura apresentaram interação significativa entre período após corte de uniformização e adubação nitrogenada ($P < 0,05$) (Figura 5). A taxa de assimilação líquida cresceu proporcional ($P < 0,05$) ao período após corte de uniformização, independentemente da dose de nitrogênio aplicada (Figura 5A).

O incremento de massa seca por unidade de área foliar, ou seja, balanço entre fotossíntese e respiração, é dado através da taxa de assimilação líquida (Lambers, 1987), que pode ser positiva ou negativa, a depender das condições ambientais e de manejo que a planta é submetida. Houve um aumento da taxa de assimilação líquida, à medida que a planta cresceu, havendo, portanto, uma maior taxa fotossintética que respiratória.

A relação entre o período após corte de uniformização e as taxas de crescimento absoluto e relativo foi linear ($P < 0,05$) na ausência de nitrogênio e quadrática ($P < 0,05$) com adubação nitrogenada (Figuras 5B e C). Para a taxa de crescimento da cultura a relação foi quadrática ($P < 0,05$), tanto adubada quanto sem adubar com nitrogênio (Figura 5D). O aumento da taxa de crescimento absoluto indica a velocidade média de crescimento da planta. Assim, observa-se que na medida em que houve aumento da área foliar, a assimilação de carbono foi maior e, conseqüentemente, o crescimento da planta foi mais acelerado.

Os maiores valores das taxas de crescimento relativo e crescimento da cultura foram observados aos 37 e 27 dias, respectivamente. Esse efeito quadrático pode estar relacionado à produção de tecidos não fotossintetizantes, uma vez que possuem relação com a taxa de assimilação líquida, além do sombreamento das folhas basais, o qual contribui para uma redução da eficiência fotossintética.

Figura 5. Taxa de assimilação líquida (A), taxa de crescimento absoluto (B), taxa de crescimento relativo (C) e taxa de crescimento da cultura (D) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: (A): $Y = 0,009x - 0,0006$ ($R^2 = 94,98$); (B): $Y_{0N} = 0,1832x - 1,5365$ ($R^2 = 98,12$); $Y_{150N} = -0,002x^2 + 0,245x - 1,1782$ ($R^2 = 89,01$); (C): $Y_{0N} = 0,0046x - 0,0499$ ($R^2 = 99,70$); $Y_{150N} = 0,0001x^2 + 0,0075x + 0,007$ ($R^2 = 62,14$); (D): $Y_{0N} = -0,00002x^2 - 0,0006x + 0,0042$ ($R^2 = 99,45$); $Y_{150N} = -0,00003x^2 + 0,0016x - 0,009$ ($R^2 = 64,33$).

A adubação nitrogenada não influenciou ($P>0,05$) na taxa de assimilação líquida (Tabela 6), enquanto que nas taxas de crescimento absoluto, relativo e da cultura, o nitrogênio proporcionou incremento ($P<0,05$) até os 28 DAC (Figuras 5B, C e D). A adubação nitrogenada acelera o metabolismo celular, promovendo aumentos tanto na fotossíntese quanto na respiração, anulando seu efeito sobre a taxa de assimilação líquida. Para as taxas de crescimento, o efeito do nitrogênio está associado ao aumento da área foliar.

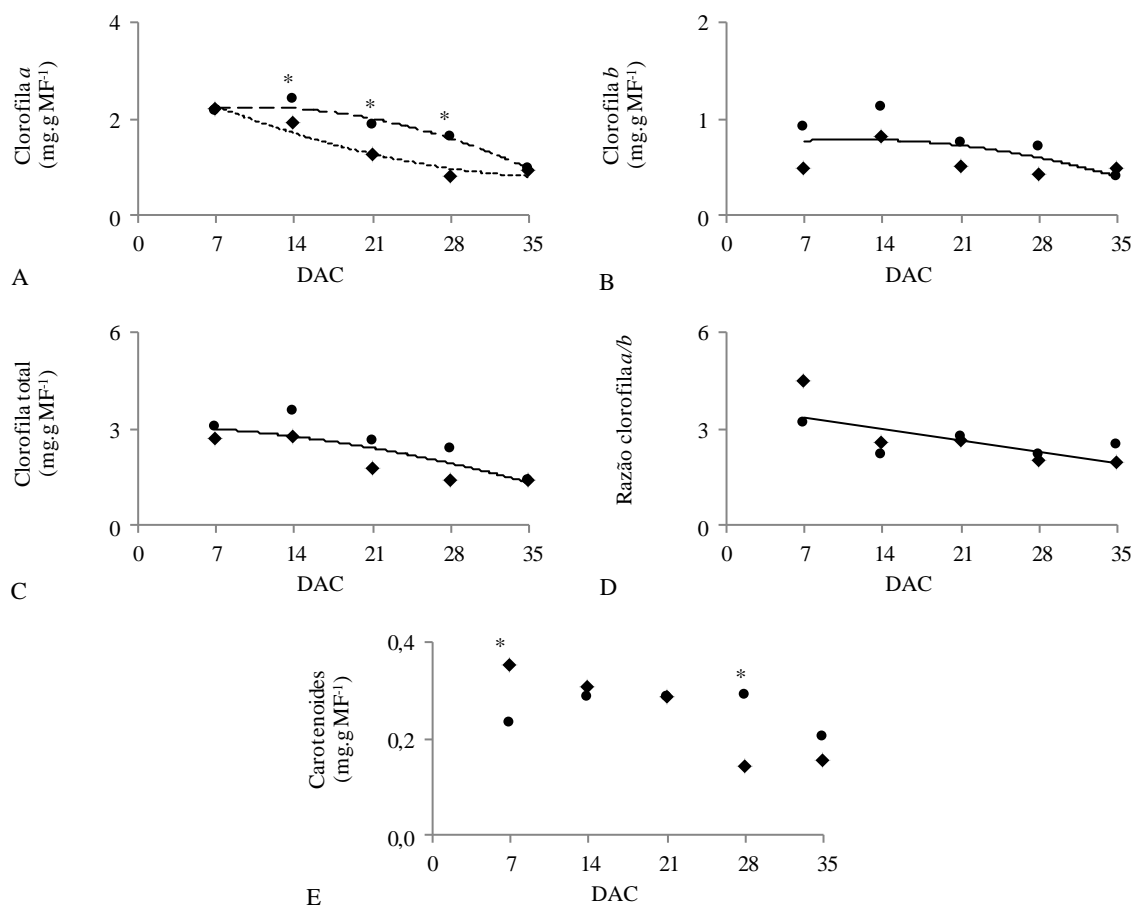
Tabela 6. Efeito do nitrogênio na taxa de assimilação líquida de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variáveis	kg N / ha ⁻¹		MÉDIA	CV (%)
	0	150		
TAL g.dm ² .dia ⁻¹	0,21 a	0,23 a	0,22	39,96

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação.

Foi observada interação significativa ($P<0,05$) entre dias pós corte de uniformização e adubação nitrogenada, para os teores de clorofila *a* (Figura 6A) e carotenoides (Figura 6E).

Figura 6. Clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), clorofila total (C), razão clorofila *a*/clorofila *b* (D) e carotenoides (E) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: Clorofila *a* (A): $Y_{0N} = 0,0014x^2 - 0,1095x + 2,9721$ ($R^2 = 93,69$); $Y_{150N} = 0,0021x^2 + 0,044x + 2,0171$ ($R^2 = 95,54$); Clorofila *b* (B): $Y = 0,0007x^2 + 0,0161x + 0,6964$ ($R^2 = 65,41$); Clorofila total (C): $Y_{0N} = 0,0012x^2 - 0,0076x + 3,1195$ ($R^2 = 90,26$); razão clorofila *a*/clorofila *b* (D): $Y_{0N} = -0,0498x + 3,6806$ ($R^2 = 62,66$); Carotenoides (E): $Y = 0,25$.

Os teores de clorofila *a* apresentaram efeito quadrático, tanto na ausência quanto na presença da adubação, sendo que, na ausência de nitrogênio, os menores teores foram encontrados com 39,11 DAC e, quando adubada com 150 kg N.ha⁻¹, os maiores teores de clorofila *a* foram observados aos 10,48 DAC. A adubação nitrogenada aumentou ($P < 0,05$) os teores de clorofila *a* aos 14, 21 e 28 dias pós corte (Figura 6A).

Os teores de clorofila *b* e clorofila total foram influenciados de forma quadrática ($P < 0,05$), enquanto que a razão clorofila *a*/clorofila *b* foi inversamente proporcional ($P < 0,05$) ao período após corte de uniformização, independentemente da adubação nitrogenada (Figuras 6B, C e D).

De acordo com Larcher (2000), em algumas espécies, a capacidade fotossintética, que está diretamente ligada aos teores dos pigmentos (clorofilas e

pigmentos acessórios, como carotenoides) é diminuída nos primeiros dias e/ou semanas após emergência das folhas.

É possível observar que houve maior redução da clorofila *a* (56,4%) em relação a clorofila *b* (37,2%), em função do período após corte de uniformização, o que contribuiu para o decréscimo da razão clorofila *a*/clorofila *b*. Possivelmente, houve uma diluição dos teores de clorofila devido ao aumento da área foliar, uma vez que a planta está em crescimento e tende a aumentar de tamanho e continuando com o mesmo teor de clorofila.

Os teores de carotenoides não foram influenciados ($P>0,05$) pelo período de crescimento após corte. A adubação nitrogenada proporcionou aumento ($P<0,05$) nos teores de carotenoides aos 7 e 28 DAC (Figura 6E). O nitrogênio aumentou ($P<0,05$) os teores tanto de clorofila *b* quanto de clorofila total e não influenciou ($P>0,05$) na razão clorofila *a*/clorofila *b* (Tabela 7).

Tabela 7. Efeito do nitrogênio nos teores de clorofila *b*, clorofila total e razão clorofila *a*/clorofila *b* de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

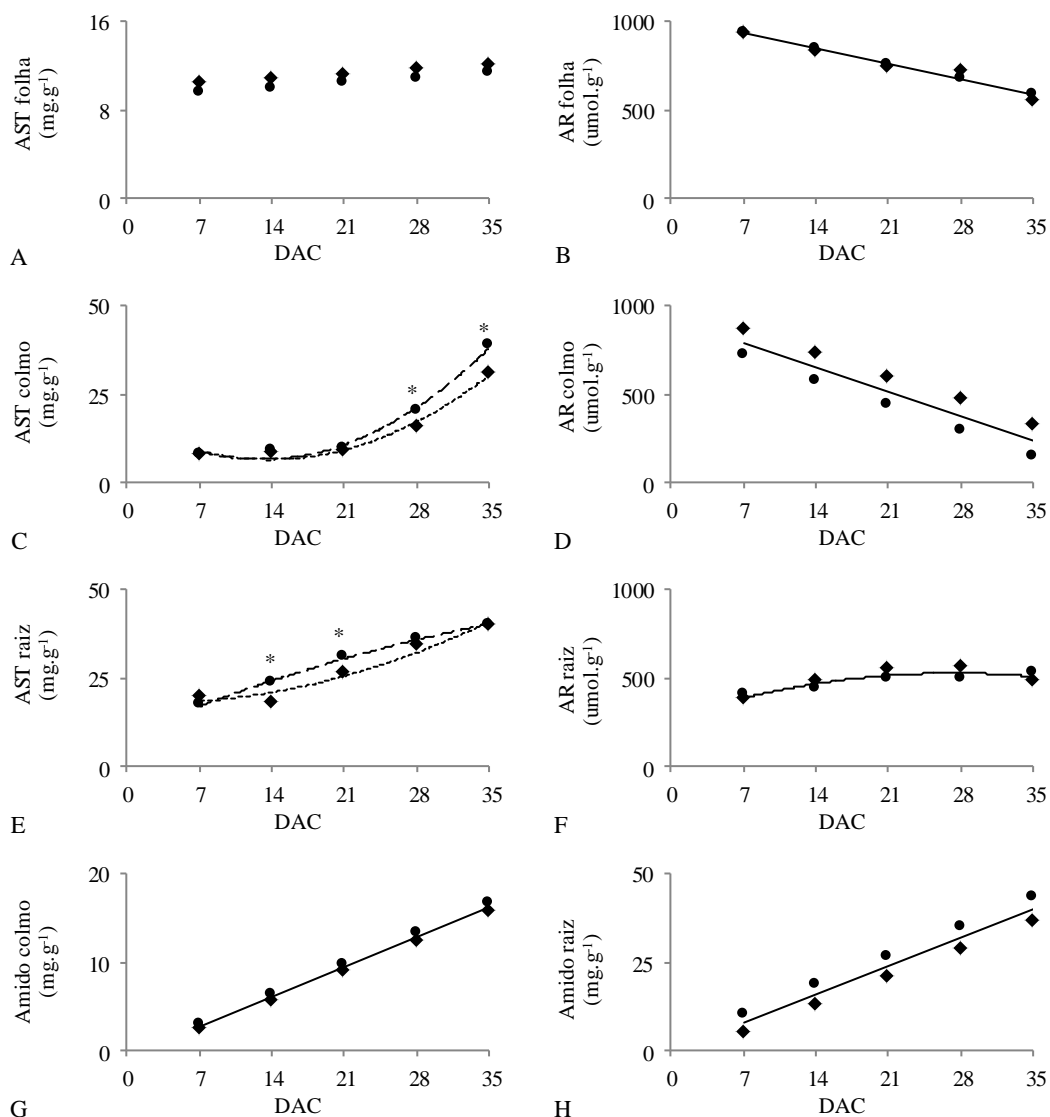
Variáveis	kg N / ha ⁻¹		MÉDIA	CV (%)
	0	150		
Clorofila <i>b</i>	0,54 b	0,78 a	0,66	38,46
Clorofila total	1,98 b	2,59 a	2,29	39,34
Razão clorofila <i>a</i>/clorofila <i>b</i>	2,70 a	2,57 a	2,63	34,31

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação.

A interação entre período após o corte de uniformização e a adubação nitrogenada foi significativa ($P<0,05$) para açúcares solúveis totais em colmo (Figura 7C) e em raiz (Figura 7E). Os carboidratos são responsáveis pela respiração necessária à síntese de novos tecidos, sendo, portanto, fundamentais durante a rebrota, uma vez que a taxa fotossintética é afetada pela remoção das folhas no corte (Avice et al., 1996).

O período após corte de uniformização não influenciou ($P>0,05$) o teor de açúcares solúveis totais em folha (Figura 7A). Possivelmente, os carboidratos produzidos por meio da fotossíntese foram utilizados para produção de novos tecidos, translocados para outras partes da planta e/ou, segundo Lemaire & Chapman (1996), armazenados em órgãos de reserva.

Figura 7. Açúcares solúveis totais (AST) em folha (A), açúcares redutores (AR) em folha (B), AST colmo (C), AR colmo (D), AST raiz (E), AR raiz (F), amido (AM) em colmo (G) e AM raiz (H) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: AST folha (A): $Y = 10,84$; AST colmo (B): $Y_{0N} = 0,053x^2 - 1,4877x + 16,794$ ($R^2 = 98,17$); $Y_{150N} = 0,0651x^2 - 1,6929x + 17,501$ ($R^2 = 98,65$); AST raiz (C): $Y_{0N} = 0,0209x^2 - 0,0738x + 17,863$ ($R^2 = 95,05$); $Y_{150N} = 0,8301x + 12,129$ ($R^2 = 98,84$); AR folha (D): $Y = -12,438x + 1019,4$ ($R^2 = 98,83$); $Y_{150N} = -19,764x + 932,22$ ($R^2 = 99,99$); AR colmo (E): $Y = -0,3421x^2 + 18,683x + 272,83$ ($R^2 = 98,99$); AR raiz (F): $Y = 0,4838x - 0,7338$ ($R^2 = 99,99$); Amido colmo (G): $Y = 1,1561x - 0,3451$ ($R^2 = 99,98$).

Os teores de açúcar redutor em folha (Figura 7B) e em colmo (Figura 7D) decresceram linearmente ($P < 0,05$), enquanto o açúcar redutor em raiz (Figura 7F) apresentou efeito quadrático ($P > 0,05$), e os teores de amido, tanto em colmo (Figura 7G) quanto em raiz (Figura 7H), aumentaram de forma linear ($P < 0,05$) em função do período após corte de uniformização.

A redução nos teores de açúcares redutores ocorreu, pois esses açúcares podem ter sido utilizados como matéria prima para síntese de amido. O aumento nos teores de açúcares solúveis totais, bem como nos teores de amido em colmo e em raiz, com o período após corte de uniformização, pode ser atribuído ao aumento da área foliar, que proporcionou maior produção de fotoassimilados. De acordo com Vantini et al., (2005), gramíneas forrageiras, mesmo em crescimento, armazenam os fotoassimilados na raiz, a fim de obter uma reserva energética para garantir sua sobrevivência em caso de estresse.

A adubação nitrogenada não influenciou ($P>0,05$) os teores de açúcares solúveis totais em folha e açúcares redutores em folha e em raiz, enquanto que os teores de açúcar redutor em colmo foram reduzidos e os teores de amido, tanto no colmo quanto na raiz, foram aumentados na presença do nitrogênio ($P<0,05$), (Tabela 8).

Tabela 8. Efeito da adubação nitrogenada nos teores de açúcares solúveis totais (AST) em folha, açúcares redutores (AR) em folha, AR colmo, AR raiz, amido (AM) em colmo e AM raiz de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

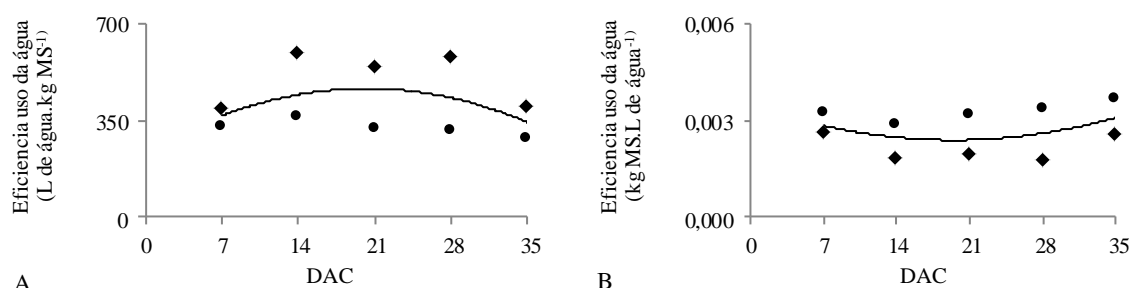
Variável	kg N / ha ⁻¹		MÉDIA	CV (%)
	0	150		
AST Folha (mg.g ⁻¹)	11,27 a	10,42 a	10,84	16,47
AR Folha (umol.g ⁻²)	755,06 a	761,34 a	758,20	5,48
AR Colmo (umol.g ⁻²)	600,12 a	434,23 b	517,18	6,07
AR Raiz (umol.g ⁻²)	491,27 a	470,31 a	480,79	10,56
AM Colmo (mg.g ⁻¹)	9,07 b	9,78 a	9,43	7,65
AM Raiz (mg.g ⁻¹)	21,04 b	26,83 a	23,93	5,96

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação.

Tanto a quantidade de água utilizada pela planta para produzir 1 kg de massa seca, quanto a massa seca produzida com um litro de água, não apresentaram interação significativa ($P>0,05$), ajustando-se ao modelo quadrático, com os menores valores encontrados aos 20 e 16 dias, respectivamente (Figuras 8A e B), sendo, portanto, nesse período, que as plantas apresentaram melhor eficiência no uso da água.

Segundo Koetz, et al. (2017), a sustentabilidade dos sistemas de produção está diretamente relacionada à eficiência no uso da água. A extração da água do solo pela planta é variável com o tempo e é determinada pela cultura, principalmente devido ao aumento da área foliar e ao crescimento de raiz (Petry et al., 2007), uma vez que o aumento da área foliar, proporcionado pela adubação nitrogenada, aumenta a cobertura de solo e, conseqüentemente, reduz a evaporação.

Figura 8. Eficiência de uso da água, água necessária para produzir 1 kg MS (A) e kg MS produzida com 1L água (B) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada com (●) e sem (◆) adubação nitrogenada em diferentes períodos após corte de uniformização



*Significativo a $\alpha=0,05$ pelo teste F. Equações de regressão: Litro de água.kg MS⁻¹ (A): $Y = -0,5612x^2 + 22,688x + 236,49$ ($R^2 = 81,11$); kg MS.litro de água⁻¹ (B): $Y = 0,000003x^2 - 0,0001x + 0,0035$ ($R^2 = 84,76$).

A adubação nitrogenada intensificou o metabolismo das plantas, aumentando a área foliar e a assimilação de carbono ($P<0,05$) e, por consequência, o consumo de água pela planta foi maior, independentemente do período de crescimento (Tabela 9). Com isso, podemos confirmar que a adubação nitrogenada proporciona melhora na eficiência no uso da água.

Tabela 9. Efeito da adubação nitrogenada na eficiência de uso da água de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Variável	kg N / ha ⁻¹		MÉDIA	CV (%)
	0	150		
L de água.Kg MS ⁻¹	499,36 a	321,58 b	410,47	21,16
Kg MS.L de água ⁻¹	0,0021 b	0,0032 a	00,27	20,42

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade de erro tipo I, pelo teste F. CV (%) = coeficiente de variação.

4.4. Conclusões

O crescimento aumenta com o período após corte, sendo mais rápido nas plantas adubadas. O nitrogênio tem um importante efeito no início da rebrota, uma vez que acelera o crescimento após o corte, principalmente da parte aérea. Isso é evidenciado também no número e tamanho de folha.

Os teores de pigmentos reduzem com a idade da planta, entretanto, isso é compensado pela área foliar (número e tamanho da folha), que mantém altas taxas de assimilação líquida, independente do nitrogênio. Essas taxas aumentam com o período pós-corte, influenciando diretamente os teores de amido.

Os teores de amido apresentam-se, durante todo o período de rebrota, mais altos nas raízes, evidenciando essa estrutura como o principal órgão de reserva na *Brachiaria brizantha*.

Além disso, a presença do nitrogênio favorece os maiores teores desse carboidrato, apesar de que, em condições hídricas favoráveis, o crescimento das plantas se mantém constante até os 35 dias após corte.

A melhor eficiência no uso da água ocorre aos 20 dias de rebrota. Isso indica que pode haver prejuízos à planta em períodos de crescimento muito longos após corte, ainda que, no campo, é mais difícil controlar as condições hídricas.

4.5. Referências bibliográficas

- ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais (CFSMG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. **5ª aproximação**, Viçosa, 1999.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. de A.; VERNEQUE, R. da S.; SALVATI, J.A. Aplicação de nitrogênio em acessos de *Brachiaria*. 1. Efeito sobre a produção de matéria seca. **Pasturas Tropicales**, v. 12, n. 2, p. 2-6, 1990.
- ARTUR, A. G.; GARCEZ, T. B.; MONTEIRO, F. A. Water use efficiency of marandu palisadegrass as affected by nitrogen and sulphur rates. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 1, p. 10-17, 2014.
- AVICE, J. -C.; OURRY, A.; VOLENE, J. J.; LEMAIRE, G.; BOUCAUD, J. Defoliation-induced changes in abundance and immuno-localization of vegetative storage proteins in taproots of *Medicago sativa*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 34, n. 4, p. 561-570, 1996.
- BARBERO, L. M., PRADO, T. F., BASSO, K. C., LIMA, L. A., MOTTA, K. M., KRÜGER, B. C., MARTINS NETO, L. R. & SILVA, G. A. S. da. Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens. **Veterinária Notícias**, v.19. n.2, p.71-85. 2014.
- CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA L. E. M. de; MESQUITA A. C. **Análise de Crescimento de Plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2008.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ A. BERCHIELLI, T.; SALIBA, E.... & AZEVEDO, J. Métodos para análise de alimentos – INCT – **Ciência Animal**. Instituto Nacional de Ciência Tecnologia de Ciência Animal. Cap. 15, 2012.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. Carbohydrate chemistry. New York: **Academic Press**, p.477-520. 1962.
- DURU, M. & DUCROCQ, H. Growth and Senescence of the Successive Leaves on a Cocksfoot Tiller. Effect of Nitrogen and Cutting Regime. **Annals of Botany**. v.85, p.645 653, 2000.
- GUENNI, O.; SEITER, S.; FIGUEROA, R. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. **Tropical Grasslands**, v. 42, n. 2, p. 75, 2008.
- HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v.57, n.12, p.1332-1334, 1979.

KOETZ, M.; BÄR, C. S. L. e L.; PACHECO, A. B.; CASTRO, W. J. R. de; CRISOSTOMO, W. L.; SILVA, E. M. B. da. Produção e eficiência no uso da água do capim paiaguás sob tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.11, n.º.1, p. 1223-1232, 2017.

LAMBERS, H. Does variation in photosynthetic rate explain variation in growth rate and yield?. **Netherlands Journal of Agricultural Science (Netherlands)**, 1987.

LARCHER, Walter. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J., ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, p.3-36. 1996.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, n.3, p.426-428, 1959.

NUNES, S. G., BOOCK, A., PENTEADO, M. D. O., & GOMES, D. T. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Documentos Embrapa**, v. 21, 1984.

PATÊS, N. M. da S.; PIRES, A. J. V.; SILVA, C. C. F. da; SANTOS, L. C.; CARVALHO, G. G. P. de; FREIRE; M. A. L. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1736-1741, 2007.

PETRY, M. T.; ZIMMERMANN, F. L.; CARLESSO, R.; MICHELON, C. J. & KUNZ, J. H. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 03, p. 531-539, 2007.

PIMENTEL, R. M.; BAYÃO, G. F. V.; LELIS, D. L.; CARDOSO, A. J. da S.; SALDARRIAGA, F. V.; MELO, C. C. V.; SOUZA, F. B. M. de; PIMENTEL A. C. de S. FONSECA, D. M. da & SANTOS, M. E. R. Ecofisiologia de plantas forrageiras. **PUBVET**, v. 10, p. 636-720, 2016.

SANTOS, L. C.; BONOMO, P.; SILVA, C. C. F. da; PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M. & PATÊS, N. M. da S. Produção e composição química da *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* submetidas a diferentes adubações. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 4, p. 856-866, 2008.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. da; NASCIMENTO JUNIOR, D. D. & PEREIRA, L. E. T. Crescimento da planta forrageira: aspectos relativos ao acúmulo e valor nutritivo da forragem. Simpósio sobre Manejo da Pastagem, v. 25, p. 37, 2009.

SILVEIRA, M. C. T. D.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. D.; SILVA, S. C. D.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; SBRISSIA, A. F.; RODRIGUES, C. S.; SOUSA, B. M. de L.; PENA, K. da S. & VILELA, H. H. Morphogenetic and structural comparative characterization of tropical forage grass cultivars under free growth. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p. 136-142, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2013.

VALLE, C. B.; MACEDO M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; JANK. L. & RESENDE. L. M. S.. Gênero *Brachiária*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: UFV, p.30-77. 2010.

VANTINI, P. P.; RODRIGUES, T. de J. D.; CRUZ, M. C. P. da; RODRIGUES, L. R. de A. & MALHEIROS, E. B. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. Maringá, v. 27, n. 4, p. 425-432, Oct./Dec., 2005.

WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v.144, n.3, p.307-313, 1994.