



**INTENSIDADES DE DESFOLHAÇÃO SOBRE AS
RESERVAS ORGÂNICAS E A REBROTA DO CAPIM-
MARANDU**

NATAN TELES CRUZ

2022



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

**INTENSIDADES DE DESFOLHAÇÃO SOBRE AS
RESERVAS ORGÂNICAS E A REBROTA DO CAPIM-
MARANDU**

Autor: Natan Teles Cruz
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Daniela Deitos Fries

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Outubro de 2022

NATAN TELES CRUZ

**INTENSIDADES DE DESFOLHAÇÃO SOBRE AS RESERVAS
ORGÂNICAS E A REBROTA DO CAPIM-MARANDU**

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

Orientadora: Prof. Dr^a. Daniela Deitos Fries
Co-orientadores: Prof. Dr. Bráulio Maia Lana Sousa
Dr^a. Renata Rodrigues Jardim

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Outubro de 2022

633.2 Cruz, Natan Teles.
C963i Intensidades de desfolhação sobre as reservas orgânicas e a rebrota do capim-Marandu. / Natan Teles Cruz. – Itapetinga-BA: UESB, 2022.

57f.

Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR 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. Bráulio Maia Lana Sousa e Prof.^a. D. Sc. Renata Rodrigues Jardim.

1. Capim-Marandu - Desfolhação. 2. Capim-Marandu – Rebrota. 3. Capim-Marandu - Reservas orgânicas. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Fries, Daniela Deitos. III. Sousa, Bráulio Maia Lana. IV. Jardim, Renata Rodrigues. V. Título.

CDD(21): 633.2

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Gramíneas forrageiras - Reservas orgânicas
2. Gramínea tropical
3. *Urochloa brizantha*

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

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “Intensidades de desfolhação sobre as reservas orgânicas e a rebrota do capim Marandu”.

Autor (a): Natan Teles Cruz

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

Coorientador (a): Prof. Dr. Bráulio Maia de Lana Sousa

Dr^a. Renata Rodrigues Jardim

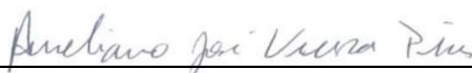
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



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



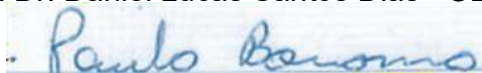
Prof. Dr. Bráulio Maia de Lana Sousa - UFS



Prof. Dr. Aureliano José Vieira Pires - UESB



Prof. Dr. Daniel Lucas Santos Dias - UESB



Prof. Dr. Paulo Bonomo - UESB

Data de realização: 25 de outubro de 2022.

*Eu que sou de onde a miséria seca as estações
Vi a primavera florescer entre os canhões
E não recuar
Eu que sou de guerra
Dei o sangue na missão de regar a terra
Se eu tombar vão ser milhões para multiplicar*

(Primavera-Don L)

Ao meu pai, Otanael, e à minha mãe, Ediselma, pelo ensinamento diário, por todo amor, incentivo, apoio e força durante essa longa jornada.

À minha filha Aya Luara, quem me traz força e luz para continuar. Que o conhecimento e sabedoria algum dia possa te levar onde você queira estar.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço às figuras do Universo, de Deus, de Nossa Senhora Aparecida e dos Orixás por me acompanharem e me guiarem através da fé em dias melhores.

Aos meus pais, por todo amor e carinho, por toda força, investimento emocional e financeiro em meu sonho. Obrigado por serem tão compreensivos e presentes, entendo o privilégio que tenho por ter vocês em minha vida.

À minha companheira, Grazielle, pela paciência, parceria, empatia e amor.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e seus colaboradores por todo suporte e apoio.

À minha orientadora Daniela pela orientação, pelos ensinamentos e pela confiança.

Ao professor Braulio pela coorientação, pela amizade, pelos conselhos e sugestões pertinentes na elaboração desta pesquisa.

À minha coorientadora Renata pela ajuda, pela disponibilidade e pelos comentários que ajudaram e compor esta pesquisa.

Aos professores Paulo Bonomo, Aureliano e Daniel pelas valiosas contribuições para a conclusão deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos de profissão, pela amizade e colaboração para realizações profissionais e pessoais.

A todos os estagiários e aos estudantes de iniciação científica que se prontificaram a ajudar durante o experimento que compôs este trabalho.

Aos funcionários da UESB, em especial Zé, Dai, Silvia e Loira pela disponibilidade e apoio na condução do experimento.

Ao LAFIEP e LABMESQ pela disponibilidade durante as análises de laboratório.

Aos meus grandes amigos e amigas, espalhados pelo mundo, pelo companheirismo. Todas as palavras e pensamentos compartilhados foram, e ainda são, essenciais para levar a vida com mais leveza e humildade.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização desse sonho.

Meus mais sinceros agradecimentos!

BIOGRAFIA

Natan Teles Cruz, filho de Otanael Barbosa da Cruz e Ediselma Fraga Teles, nasceu na cidade de São Domingos, Sergipe, em 02 de maio de 1993.

Em de 2010 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Sergipe obtendo o título de Zootecnista em 2015.

Em agosto de 2015 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de mestrado, da Universidade Federal de Sergipe, na área de Forragicultura e Pastagens – defendendo a dissertação em julho de 2017.

Em março de 2018 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de doutorado, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, na área de Forragicultura e Pastagens – defendendo a tese em outubro de 2022.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
I – REFERENCIAL TEÓRICO	1
1.1 Introdução	1
1.2 Fotossíntese e fotorrespiração	3
1.3 Reservas orgânicas em gramíneas forrageiras	6
1.4 Fluxos de carbono e nitrogênio	9
1.5 Modelo Conceitual	15
1.6 Referências Bibliográficas	16
II – OBJETIVOS	21
2.1 Objetivo Geral	21
2.2 Objetivos específicos	21
III - MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Local do experimento	22
3.2 Design experimental e tratamentos	23
3.3 Acúmulo de componentes morfológicos, massa de resíduo, massa e volume de raiz	23
3.4 Extração de Albumina, Globulina, Prolamina e Glutelina	24
3.5 Extração de amido	25
3.6 Concentração total de proteínas e amido no resíduo	26
3.7 Análise estatística	26
IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
V – CONCLUSÃO	53
VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Modelo conceitual do crescimento e desenvolvimento de plantas forrageiras pós-desfolhação.....	15
FIGURA 2. Acúmulo de lâmina foliar (A), colmo (B) e massa total (C) do capim-Marandu submetido a diferentes intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	29
FIGURA 3. Massa seca de raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.....	32
FIGURA 4. Concentração de proteína total nos colmos da massa residual de capim-Marandu após desfolhação em diferentes intensidades, ao longo do período de rebrota.	36
FIGURA 5. Concentração de proteínas em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.....	37
FIGURA 6. Concentração total de amido da massa de resíduo de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	38
FIGURA 7. Pool de amido em colmos da massa residual do capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	39
FIGURA 8. Concentração (A e B) de amido em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	40
FIGURA 9. <i>Pool</i> de amido em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.....	41
FIGURA 10. Concentração total de albumina (mg.g^{-1}) em colmos da massa residual de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	46
FIGURA 11. Concentração total de prolamina (mg.g^{-1}) em colmos da massa residual de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	46
FIGURA 12. Concentração total de Glutelina (mg.g^{-1}) em colmos da massa residual de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	47
FIGURA 13. Concentração total de Globulina (mg.g^{-1}) em colmos da massa residual de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	48
FIGURA 14. Concentração de albumina, globulina e glutelina em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.....	48
FIGURA 15. Concentração de Prolamina em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.....	50

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Acúmulo de massa total, de folha e colmo durante a rebrota de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota....	28
TABELA 2. Componentes morfológicos da massa residual do capim-Marandu submetido a diferentes intensidades de desfolhação.	30
TABELA 3. Massa seca de raízes de capim-Marandu desfolhado submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.....	32
TABELA 4. Volume de raízes de capim-Marandu, submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	33
TABELA 5. Concentração de proteínas nos colmos de capim-Marandu submetido a diferentes intensidades de desfolhação: muito severa (5 cm), severa (10 cm), moderada (15 cm) e leniente (20 cm), e sua distribuição em cada fração (0-5; 5-10; 10-15; e 15-20 cm) ao longo do período de rebrota.	36
TABELA 6. Concentração de amido em estratos e concentração total (soma dos estratos) da massa de resíduo de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	38
TABELA 7. <i>Pool</i> de amido em colmos da massa residual do capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.....	39
TABELA 8. <i>Pool</i> de amido em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	41
TABELA 9. Concentração total de Albumina, Prolamina e Gutelina em colmos da massa residual de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.	45
TABELA 10. Concentração de prolamina em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.....	49

RESUMO

CRUZ, Natan Teles. **Intensidades de desfolhação sobre as reservas orgânicas e rebrota do capim-Marandu**. Itapetinga, BA: UESB, 2022. 57 p. Tese. (Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes)*

Objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar o efeito de intensidades de desfolhação na rebrota sobre o metabolismo de carboidratos e de proteínas, bem como o acúmulo de componentes morfológicos do capim-Marandu durante a rebrota. O ensaio foi conduzido em esquema fatorial, sendo avaliadas quatro intensidades de desfolhação (muito severa, severa, moderada e leniente), correspondentes às alturas de resíduo em torno de 5, 10, 15 e 20 cm, respectivamente) x cinco idades de rebrota (0, 7, 14, 21 e 28 dias após corte de uniformização), disposto em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram avaliados os acúmulos de massa dos componentes morfológicos bem como a massa e o volume de raiz. Nos colmos da massa residual e nas raízes, foi avaliada a concentração e o *pool* de proteínas e carboidratos. Além disso, na massa residual a concentração de proteínas e carboidratos foi estratificada a cada 5 cm. De maneira geral, com o aumento dos dias de rebrota, existe incremento na massa dos componentes morfológicos, independentemente da intensidade de desfolhação aplicada. No entanto, quando desfolhadas de maneira muito severa, as plantas de capim-Marandu acumulam menor quantidade de folha e colmo, comparativamente às plantas que sofreram as demais intensidades estudadas. Durante a rebrota, a concentração de proteínas nos colmos da massa de resíduo aumentou linearmente quando as plantas foram desfolhadas de modo severo, moderado e leniente. Já nas raízes, independentemente da intensidade de desfolhação, houve redução nos primeiros dias de rebrota, aumentando sua concentração com o passar do tempo até os 28 dias. A concentração de amido reduziu nos colmos após a desfolhação, e voltou a aumentar até os 28 dias de rebrota; nas raízes, por sua vez, a concentração aumentou linearmente independentemente da intensidade de desfolhação. De modo geral, plantas que foram desfolhadas de modo leniente apresentaram maior concentração e *pool* de amido nos colmos da massa residual. Nas raízes, a concentração de amido foi maior nas plantas que foram desfolhadas sob uma intensidade leniente, enquanto o *pool* de amido não apresentou diferença entre as intensidades de desfolhação aos 28 dias de rebrota. O capim-Marandu utiliza suas reservas orgânicas para a rebrota independentemente da intensidade de desfolhação que é utilizada. Os colmos são a principal fonte de amido enquanto as raízes são a principal fonte de mobilização nitrogênio para a rebrota.

Palavras-chave: Amido, *Brachiaria*, Gramínea tropical, Proteína, *Urochloa brizantha*

* Orientadora: Daniela Deitos Fries, Dr. UESB e Coorientadores: Braulio Maia de Lana Sousa, Dr. UFS e Renata Rodrigues Jardim, Dr. UESB.

ABSTRACT

CRUZ, Natan Teles. **Defoliation intensities on organic reserves and regrowth of Marandu grass**. Itapetinga, BA: UESB, 2022. 57 p. Thesis. (PhD in Zootechnics. Ruminant Production Concentration Area).[†]

The objective of this research was to evaluate the effect of defoliation intensities in regrowth on carbohydrate and protein metabolism, as well as the accumulation of morphological components of Marandu grass during regrowth. The experiment was carried out in a factorial scheme, being evaluated four defoliation intensities (very severe, severe, moderate and lenient), corresponding to the residue heights (around 5, 10, 15 and 20 cm, respectively) x five regrowth ages (0, 7, 14, 21 and 28 days after uniformization cut), arranged in an entirely randomized design, with four replications. The accumulation of mass of the morphological components as well as the mass and volume of the root were evaluated. In the stems of the residual mass and in the roots, the concentration and the pool of proteins and carbohydrates were evaluated. In addition, in the residual mass, the concentration of proteins and carbohydrates was stratified every 5 cm. In general, with increasing days of regrowth, there is an increase in the mass of morphological components, regardless of the intensity of defoliation applied. However, when defoliated in a very severe way, Marandu grass plants accumulate a smaller amount of leaf and stem, compared to plants that suffered the other intensities studied. During regrowth, the concentration of proteins in the stems of the residue mass increased linearly when the plants were defoliated in a severe, moderate and lenient way. On the other hand, in the roots, regardless of the intensity of defoliation, there was a reduction in the first days of regrowth, increasing its concentration over time until 28 days. The starch concentration reduced in the stems after defoliation, and increased again until 28 days of regrowth, while in the roots, it increased linearly regardless of the intensity of defoliation. In general, plants that were leniently defoliated showed higher concentration and pool of starch in the stems of the residual mass. In the roots, the starch concentration was higher in plants that were defoliated under a lenient intensity, while the starch pool showed no difference between the defoliation intensities at 28 days of regrowth. Marandu grass uses its organic reserves for regrowth regardless of the defoliation intensity that is used. Stems are the main source of starch while roots are the main source of nitrogen mobilization for regrowth.

Keywords: *Brachiaria*, Protein, Starch, Tropical grass, *Urochloa brizantha*

[†] Advisor: Daniela Deitos Fries, Dr. UESB and Co-advisors: Braulio Maia de Lana Sousa, Dr. UFS and Renata Rodrigues Jardim, Dr. UESB.

I – REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Introdução

Em países onde a pecuária é predominantemente executada em pastagens é comum observar a busca pela sustentabilidade produtiva da planta forrageira, visto que ela compõe a principal fonte de alimentos dos animais criados neste modelo de produção. No Brasil, a principal causa da degradação de pastagens e de solo advém da falta de manejo adequado das pastagens já implantadas no país (Cruz et al., 2022). Por outro lado, o manejo da pastagem, respeitando seus limites fisiológicos e sua interação com os animais e o meio ambiente, possibilita sustentabilidade ao sistema de produção realizado sob pastejo. Para tanto, o conhecimento acerca da fisiologia da planta em ecossistemas pastoris possibilita gerar métodos de utilização de forragem que beneficiem o acúmulo de massa, a produção animal, a perenidade do pasto, bem como o enriquecimento ambiental nas áreas onde predominam atividades agropecuárias (Alcântara et al., 2022).

Dentre as espécies forrageiras, os capins do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) adquiriram importância significativa para a pecuária brasileira a partir da década de 1970, quando começaram a ocupar grandes faixas territoriais, principalmente no Cerrado. Atualmente, plantas desse gênero são difundidas por todo território nacional, sendo uma das mais utilizadas para a produção de ruminantes. Dentre as espécies do gênero, o capim-Marandu (*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *brizantha* cv. Marandu) é usualmente escolhida para compor os sistemas de produção a pasto por apresentar alta produção de matéria seca e valor nutritivo satisfatório mesmo em solos de baixa fertilidade, respondendo positivamente à adubação nitrogenada (Gimenes et al., 2011). Além disso, esta espécie responde positivamente no acúmulo de forragem quando são manejadas sob os seus limites fisiológicos.

O ecossistema de pastagem é caracterizado por fluxos de energia dependentes do ambiente em que a planta está se desenvolvendo. O fluxo de energia dentro do sistema pastoril compreende a captura inicial da energia solar pela vegetação, que a converte em energia química pela fotossíntese (Costa et al., 2012). Fatores como compactação do solo, disponibilidade de água, intensidade e frequência de pastejo e sombreamento, entre

outros, modificam o desenvolvimento da planta forrageira por afetarem os processos fotoquímicos e bioquímicos da fotossíntese.

Desfolhações através de corte ou pastejo modificam a taxa de recuperação da planta e, conseqüentemente, sua produtividade, por meio de alterações na área foliar remanescente e nas reservas orgânicas da planta (Aranjuelo et al., 2014). As reservas orgânicas são compostas por nitrogênio e carbono e servem como fonte de energia durante períodos de estresse, garantindo a sobrevivência da planta. Estas são armazenados em raízes, rizomas, estolões e na base do colmo (Volenec e Nelson, 2020). Após a desfolhação, estes órgãos passam a assumir a condição de fonte de energia para sustentar o crescimento da planta forrageira e a sua persistência.

Essa relação entre fonte e dreno promove modificações na produtividade e na taxa de recuperação da planta, que são dependentes da quantidade de área foliar remanescente capaz de realizar fotossíntese e de suas reservas orgânicas disponíveis para suprir a demanda energética (Canto et al., 2008; Cutrim Júnior et al., 2011).

Assim, para entender a partição de fotoassimilados dentro do dossel forrageiro é necessário compreender os fatores que determinam o acúmulo de reservas orgânicas e seu uso em cada órgão da planta (Irving, 2015). A concentração dos compostos de reserva em cada compartimento da planta é normalmente utilizada para expressar os fluxos de assimilados. Contudo, a importância relativa das partes da planta como órgãos de reserva pode variar em função da concentração de assimilados e do acúmulo de massa dos órgãos armazenadores (Islam et al., 2020).

A participação de cada órgão no papel de estocagem e mobilização de reservas pós-desfolha pode variar de acordo com a espécie vegetal em função da quantidade de fotoassimilados e da massa do órgão.

De modo geral, as reservas de nitrogênio e carbono disponíveis para a planta forrageira atuam de forma conjunta durante o período de estresse em que ela está submetida. No entanto, a maior parte discutida em literatura toma como base a concentração e o teor de carboidratos totais não estruturais (CTNE), principalmente no resíduo pós-corte (Gomide et al., 2002; Silva et al., 2014), negligenciando muitas vezes a resposta que ocorre na raiz durante o crescimento pós-estresse.

Apesar da ampla discussão acerca do CTNE nas plantas, este não parece ser um bom indicativo sobre o comportamento das reservas orgânicas dos vegetais. Isso acontece uma vez que o amido é o principal carboidrato de reserva vegetal, enquanto a sacarose é um composto que pode obter diferentes concentrações no mesmo órgão vegetal durante

o dia. A glicose possui uma grande solubilidade em água e grande poder de reação com outras moléculas, por isso é rapidamente ligada à frutose para formar a sacarose, que é mobilizada durante o dia para diferentes órgãos e precursora da síntese de amido (Taiz et al., 2017). O amido, geralmente armazenado em situações de alta atividade fotossintética, como resposta das condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento da planta, passa a ser um carboidrato que pode ser mobilizado ou não de acordo com a necessidade da planta após a desfolha, sendo importante conhecer esses mecanismos.

As respostas morfofisiológicas de gramíneas forrageiras dependem do sistema de desfolhação adotado e do clima em que elas estão inseridas. Possivelmente, processos de desfolha intensas, seja na forma de pastejo ou corte, são capazes de exaurir as reservas orgânicas das plantas, acarretando a degradação parcial ou total da pastagem.

Dessa forma, a intensidade de desfolhação pode alterar as características fisiológicas através de mudanças na mobilização das reservas orgânicas ao longo da planta. Essas mudanças podem interferir no processo de armazenamento de fotoassimilados na forma de amido durante a rebrota. Neste contexto, Silva et al. (2015) relatam que o manejo de pastejo baseado em reservas orgânicas ainda é menos utilizado, por ser pouco estudado, quando comparado às características morfogênicas e estruturais. Assim, entender o mecanismo de mobilização de amido e o papel da raiz no processo de rebrota, bem como o metabolismo do carbono aliado ao metabolismo do nitrogênio na planta inteira, juntamente à morfologia da planta, são ferramentas capazes de auxiliar na elaboração de metas de pastejo sustentáveis.

1.2 Fotossíntese e fotorrespiração

Fotossíntese é a transformação de energia luminosa em energia química, com o intuito de promover o crescimento da planta. Este processo ocorre em duas etapas. Na fase fotoquímica, a energia luminosa é convertida em energia química com formação de ATP e NADPH e liberação de O₂. Na fase bioquímica existe a fixação de carbono (CO₂) em moléculas orgânicas através do ciclo de Calvin-Benson. A energia produzida na etapa fotoquímica é utilizada na fase bioquímica para formação da glicose, que será utilizada no metabolismo da planta ou transportada para a base do colmo e raízes na forma de sacarose, onde poderá ser armazenada na forma de amido.

O mesófilo foliar é o tecido fotossintético mais ativo das plantas, com presença de cloroplastos, que é a organela onde ocorre a fotossíntese. A fotossíntese se inicia com a absorção de luz por meio das clorofilas. O grupo de clorofila *a* e *b* são os pigmentos mais

abundantes nas plantas e absorvem comprimentos de onda entre 400 e 700 nm, refletindo comprimentos próximos de 580 nm, tornando sua cor verde (Ferro et al., 2015). As clorofilas são encontradas nos cloroplastos, em um complexo de sistemas de membranas chamado tilacoides, e se encontram associadas a proteínas para otimização do uso da energia solar absorvida (Taiz et al., 2017). Os carotenoides são o segundo maior grupo de pigmentos e são considerados pigmentos acessórios, pois absorvem a luz em comprimentos de onda entre 400 e 500 nm e transmitem energia para a clorofila, contribuindo com o processo de fotossíntese (Ferro et al., 2015).

Através da fixação de carbono, as plantas conseguem suprir sua necessidade por esqueletos de compostos orgânicos, por meio do ciclo de Calvin-Benson, podendo ser chamado de *ciclo redutor das pentoses* e *ciclo da redução do carbono fotossintético*. Nas células do mesófilo, a enzima Ribulose-1,5-bifosfato (RuBP) catalisa a reação do CO₂ formando uma molécula de seis carbonos, sendo transformada rapidamente em duas moléculas de ácido 3-fosfoglicérico (3-PGA). Esses ácidos de três carbonos são convertidos em carboidratos (trioses fosfatos) por reações enzimáticas dependentes do ATP e NADPH gerados na etapa fotoquímica da fotossíntese (Taiz et al., 2017). Assim, plantas que possuem esse ciclo de fixação de carbono são chamadas de C₃ por apresentarem como primeiro produto duas moléculas de ácido com 3 carbonos.

A enzima Ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase, conhecida como *RUBISCO*, é considerada a proteína mais abundante do planeta, sendo responsável pela conversão do CO₂ em moléculas orgânicas durante a fotossíntese. Contudo, além de reagir com o carbono, essa enzima também reage com moléculas de O₂, provocando perda do carbono fixado no ciclo de Calvin-Benson (Nelson e Moore, 2020). Segundo Volenec e Nelson (2020), este processo é chamado de fotorrespiração e acontece quando a enzima RuBP oxigenase reage com o O₂ e forma uma molécula de 3-PGA e uma molécula de 2-fosfoglicolato, que é reoxidado para liberação de CO₂. Além disso, um dos produtos formados na oxigenação da RuBP, o 2-fosfoglicolato, é inibidor das enzimas triose fosfato isomerase e fosfofrutoquinase que estão envolvidas nos processos de síntese de amido e sacarose (Taiz et al., 2017).

A fotorrespiração pode consumir cerca de 30% do carbono fixado na fotossíntese da planta, podendo ser acentuada com o aumento da temperatura e luminosidade (Sage et al., 2012). Algumas plantas desenvolveram, através da evolução e adaptação, diferentes mecanismos para fixar carbono e aumentar a concentração desse composto próximo do sítio de carboxilação da Rubisco. Assim, além da via C₃ de fixação de carbono, existem

as vias C₄ e CAM, em que, na primeira, as fases da fotossíntese são separadas espacialmente (células do mesófilo e bainha vascular), enquanto no segundo grupo, as reações são controladas pelo tempo (absorvem CO₂ à noite e incorpora durante o dia).

As espécies que possuem o ciclo C₄ apresentam, além da RUBISCO, a enzima fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPCase), que não reage com o O₂, catalisando apenas CO₂ (Volenc e Nelson, 2020). Nas células do mesófilo, a PEPCase reage com o CO₂ atmosférico capturado formando um composto de quatro carbonos, o oxaloacetato (OAA). Este pode ser transformado em malato e aspartato, e são transportados para a bainha vascular. Assim, os ácidos de quatro carbonos são descarboxilados e liberam CO₂ que será fixado pela RuBP carboxilase no ciclo de Calvin-Benson formando glicose (Taiz et al., 2017). A via C₄ de fixação de carbono limita a fotorrespiração, evitando o desperdício de CO₂, e permitindo o desenvolvimento das plantas em climas quentes e secos (Sage et al., 2012).

As plantas C₃ e C₄ diferem-se anatomicamente e, por isso, respondem de forma específica ao ecossistema em que estão inseridas. Neste sentido, Chicahuala et al. (2018) avaliaram o efeito da precipitação e da temperatura sobre as características fenológicas de grupos de plantas C₃ (*Piptochaetium napostaense*, *Poa ligularis*, *Bromus brevis*) e C₄ (*Digitaria californica*, *Setaria leiantha*, *Eustachys retusa*). Neste trabalho, as gramíneas C₃ iniciaram seu ciclo reprodutivo antes das gramíneas C₄. Além disso, o aumento da temperatura beneficiou o crescimento das pastagens de clima tropical (C₄) em comparação às forragens de clima temperado (C₃).

Durand et al. (1991) descrevem que o crescimento de uma pastagem pode ser explicado através de um modelo que permite descrever a oferta em carbono através dos fenômenos de interceptação da radiação, da fotossíntese e da respiração para suprir a utilização do carbono durante crescimento da planta.

É a partir da fotossíntese que a comunidade de plantas consegue a energia necessária para os demais processos morfofisiológicos determinantes da produção vegetal, seja ele o perfilhamento, produção de tecidos da parte aérea e raízes e/ou acúmulo de reservas orgânicas. Contudo, apenas a fotossíntese por si só não define a produtividade de uma planta, pois outras alterações fisiológicas ocasionadas pelo ambiente são capazes de impor limites à produção de massa forrageira (Silva et al., 2015).

Alocação é a distribuição de fotoassimilados com a finalidade de armazenamento, crescimento e transporte. Neste sentido, o equilíbrio entre os fluxos de carbono, nitrogênio e água dentro do ecossistema de pastagem tem uma relação vital para a

manutenção do sistema produtivo. Segundo Gómez et al. (2012), o aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo incrementa as taxas fotossintéticas do capim-Braquiária (*Urochloa decumbens* syn. *Brachiaria decumbens*) e, conseqüentemente, o acúmulo de forragem desta espécie. Além disso, a presença do nitrogênio no solo estimula o crescimento da planta a partir da mobilização de compostos carbonados e nitrogenados, alterando a resposta vegetal em níveis fisiológicos.

A água também é um importante componente do sistema, visto que déficits hídricos severos promovem danos à atividade da Rubisco, podendo não ser recuperada após a reidratação (Taiz et al., 2017). Dessa maneira, as taxas de crescimento e expansão de folhas podem ser limitadas pela produção de fotoassimilados, que sofre influência do ambiente alterando as taxas de divisão e expansão celular necessárias para o desenvolvimento vegetal.

A alteração em qualquer um desses componentes provoca conseqüências na morfofisiologia da planta forrageira que, por sua vez, proporciona adaptação a uma condição de ambiente específica ocasionada pela disponibilidade de fotoassimilados. No entanto, além do fator ambiental em que a planta está inserida, a quantidade relativa de fotoassimilados transportadas para regiões específicas é variável com a parte da planta e também entre cultivares e espécie (Paraiso et al., 2019).

1.3 Reservas orgânicas em gramíneas forrageiras

Dentro do ecossistema de pastagem as plantas forrageiras sofrem desfolhações sucessivas, em que sua frequência e intensidade dependem da estratégia de pastejo utilizada. Após a desfolhação, o reestabelecimento da área foliar é um processo no qual os recursos disponíveis são usados de forma racional para a formação de tecidos fotossintetizantes, objetivando o crescimento da planta (Lemaire e Chapman, 1996).

As reservas orgânicas são compostos constituídos por carbono e nitrogênio, que são armazenados pela planta e que podem ser utilizados como substrato nos processos de manutenção durante períodos de estresse e formação de novos tecidos para a recuperação após desfolhação e senescência (Volenc et al., 1996). Nesse sentido, esses compostos são acumulados nos caules e raízes, podendo ser translocados para as folhas para equilibrarem balanços negativos de carbono, impostos pelo pastejo (Nelson e Moore, 2020). A prioridade do uso de carbono e nitrogênio recém assimilados é para as zonas de expansão, auxiliando no desenvolvimento da restauração das estruturas do dossel forrageiro (Irving, 2015; Dierking et al., 2017). A rebrotação apresenta duas fases

distintas: a primeira, em curto prazo, através da remobilização de compostos fixados, e a segunda fase, que acontece em longo prazo, quando os mecanismos da primeira fase não conseguem suprir a necessidade de energia necessária para a restauração foliar (Lemaire e Chapman, 1996). Segundo Yang et al. (2013), os teores de carboidratos e nitrogênio em órgãos de reservas de gramíneas forrageiras diminuem após a desfolhação, aumentando novamente após a restauração da área fotossintetizante.

À medida em que a área foliar é restaurada, parte do carbono fixado é translocado para as raízes para serem armazenados e para auxiliar na absorção de nitrogênio presente no solo (Yang et al., 2013). Nesse sentido, o carbono e o nitrogênio no sistema pastoril estão intimamente ligados e trabalham de forma conjunta para a restauração da planta após estresse.

Após o estresse do pastejo, a planta emite sinais hormonais, forma ácidos orgânicos juntamente com enzimas oxidantes para iniciar sua regeneração. Ocorrem, assim, mudanças na assimilação de carbono e nitrogênio e ativação de reservas orgânicas. Nesse momento, existe modificação hormonal que sinaliza a outros órgãos acerca do estresse sofrido, e as raízes tendem a modificar seu padrão de crescimento e reduzir a absorção de nutrientes como o nitrogênio (Meuriot et al., 2018). Existe, ainda, uma realocação de moléculas orgânicas fixadas dentro de um fluxo de carbono e nitrogênio, possibilitando a restauração da planta desfolhada, aumentando de forma gradual a absorção de nitrogênio pelas raízes. É importante ressaltar que o padrão de crescimento de uma gramínea forrageira difere entre o cultivar e a espécie, assumindo que existe variações nas expressões morfofisiológicas das plantas. Por fim, a importância da participação dos órgãos de reserva pode variar em função da concentração de moléculas fixadas e do tamanho do órgão.

O sucesso da recuperação da planta após desfolhação está ligado diretamente aos teores de composto de reserva e à área foliar remanescente. Ademais, esses fatores atuam de forma complementar e a importância de cada um na fisiologia da planta é dependente do tipo de estresse sofrido (Volenc e Nelson, 2020). A maior área foliar residual após pastejo favorece a rebrotação, por apresentar maior aparato fotossintético, que pode contribuir para a fotossíntese da planta. O capim-Mombaça (*Megathyrsus maximus syn. Panicum maximum* cv. Mombaça) desfolhado com altura pré-pastejo de 90 cm, sendo rebaixado para 50 cm de altura de resíduo apresentou maior rapidez na recuperação de sua área foliar em comparação àquele rebaixado para 30 cm (Euclides et al., 2017). Nesta situação, a maior área foliar remanescente proporcionou maior capacidade de recuperação

da planta, fazendo com que, neste caso, as reservas orgânicas assumissem um papel secundário para a rebrotação.

Em condições de autossombreamento, folhas localizadas próximas ao solo podem entrar em senescência, perdendo, assim, sua capacidade fotossintética. Nesse sentido, em desfolhações intensas, as reservas orgânicas podem assumir uma função de destaque para formação de novos tecidos, uma vez que a área foliar remanescente pode não ser capaz de sustentar a recuperação do dossel (Avice et al., 1996; Gastal e Lemaire, 2015). Assim, a importância de cada fator para a recuperação da planta desfolhada se dará em situações específicas, sendo que esses mecanismos atuam de forma conjunta e não competitiva.

Os carboidratos presentes em plantas forrageiras são classificados em estruturais, sendo constituintes da parede celular e responsáveis pela manutenção da estrutura das plantas, e em não estruturais (CNE), presentes no conteúdo celular e envolvidos em diversos processos bioquímicos, além de compreenderem os carboidratos armazenados em órgãos de reserva. Segundo Taiz et al. (2017), os carboidratos acumulados nos tecidos de reserva são classificados como monossacarídeos (glicose e frutose), oligossacarídeos (sacarose e maltose) e polissacarídeos (amido e frutanas).

O tipo de carboidratos de reserva nas plantas forrageiras pode variar conforme os mecanismos fotossintéticos utilizados. De acordo com Volenec e Nelson (2020), gramíneas tipo C_3 armazenam principalmente frutanos como principal carboidrato de reserva, enquanto gramíneas C_4 perenes e anuais acumulam amido e sacarose, respectivamente. Ainda segundo os autores, enquanto as frutanas são polissacarídeos solúveis em água, o amido é um polissacarídeo insolúvel e pode ser encontrado na forma de amilopectina e amilose. Adicionalmente, as plantas podem acumular amido nos amiloplastos de órgãos permanentes, sendo utilizado como reserva energética, e de maneira transitória nos cloroplastos, que será utilizado como reserva de energia para realização dos processos bioquímicos vegetais durante a noite (Taiz et al., 2017).

Além das reservas de carbono e da área foliar remanescente, a recuperação das plantas forrageiras após desfolhação também depende da reserva de nitrogênio. De acordo com Meuriot et al. (2018), existe remobilização interna do nitrogênio armazenado e reciclagem desse nutriente proveniente da senescência foliar para ajudar no processo de recuperação foliar. O nitrogênio se acumula no tecido vegetal na forma de polipeptídeos, e precisam atender aos seguintes critérios para serem definidos como proteínas de armazenamento vegetativo [do inglês *vegetative storage proteins (VSPs)*]: (1) proteínas que são sintetizadas e acumuladas nos órgãos de reserva; (2) proteínas que são

remobilizadas dos órgãos de reserva durante a fase de crescimento; (3) proteínas cuja quantidade é superior a outras em órgãos perenes (Volenc et al., 1996). Segundo os autores, durante a recuperação das plantas, verifica-se aumento na atividade de enzimas proteolíticas, ao mesmo tempo em que se reduz os teores de proteínas solúveis presentes em órgãos de reserva, resultando na produção de aminoácidos livres, deslocados para as zonas meristemáticas para contribuir com a formação de novos tecidos.

Trabalhos realizados com alfafa (*Mediticago sativa* L.) ressaltam a importância das reservas nitrogenadas no processo de rebrotação, sugerindo que as reservas de carboidratos assumiriam papel secundário neste processo (Avice et al., 1996, 1997). No entanto, Lu et al. (2017) e Mitchell et al. (2020) relataram que as reservas nitrogenadas e carbonadas trabalham de forma conjunta no processo de rebrota da alfafa, demonstrando a importância da participação de ambos no sistema.

Moscoso e Balocchi (2016) também descreveram a importância do uso das reservas orgânicas (carboidrato e nitrogênio) em plantas de azéve perene (*Lolium perene* L.) após a desfolhação, ratificando o papel do armazenamento dos compostos de reserva no processo de rebrota de gramíneas forrageiras. Roche et al. (2017) sugerem que, nesta espécie, as citocininas agem como sinalizador de estresse entre a bainha da folha e as raízes, além disso, relatam aumento na síntese de aminoácidos nas regiões de crescimento, sustentado nas primeiras 24 h, pela remobilização das reservas de nitrogênio da planta.

1.4 Fluxos de carbono e nitrogênio

Os compostos assimilados, principalmente carbono e nitrogênio, podem ser utilizados como reserva, podendo ser mobilizados para o crescimento da planta após condições de estresse. Existe uma relação direta entre a disponibilidade de nitrogênio no sistema e a mobilização de reservas carbonadas visto que a adição desse nutriente influencia diretamente nas taxas de acúmulo de forragem e perfilhamento da planta forrageira (Euclides et al., 2017).

Assim, é perceptível a relação entre carbono e nitrogênio no sistema de pastagem, em que ambos estão sempre presentes em alguma reação química que resulta no acúmulo de biomassa e compostos orgânicos. De acordo com Thornley (1972), o carbono fixado na folha é usado para o crescimento desta ou translocado para as raízes, enquanto isso, o nitrogênio absorvido pelas raízes pode ser usado para o crescimento foliar ou radicular. Segundo Irving (2015), o modelo desenvolvido por Thornley permite uma compreensão

abrangente sobre a alocação de biomassa em gramíneas, partindo de um conceito simples e de fácil entendimento. O entendimento da partição de carbono e nitrogênio depende de fatores ambientais que determinam, por sua vez, o tamanho do reservatório desses elementos e sua mobilização na planta (Poorter et al., 2012).

A partição de fotoassimilados pode ser vista como parte da morfofisiologia da planta e pode ser interpretada seguindo uma hierarquia decrescente de prioridade de alocação de carbono entre diferentes órgãos da planta: folhas em crescimento, colmos e raízes (Durand et al., 1991). Neste sentido, à medida que as plantas crescem, ocorre uma separação espacial dos órgãos da planta, por isso existe um sistema de transporte de nutrientes (xilema e floema), permitindo a troca de produtos da absorção de nutrientes pelas raízes com aqueles da assimilação pela parte aérea. O xilema é o tecido que transporta água e sais minerais a partir do sistema radicular enquanto o floema é o tecido que transloca os produtos da fotossíntese das folhas maduras, denominadas como fontes, para áreas de metabolismo ou armazenamento, chamadas de drenos (Taiz et al., 2017).

As fontes são os órgãos que produzem altas concentrações de fotoassimilados, que, no caso de vegetais, são as folhas maduras (Poorter et al., 2012). Os drenos, em geral, são órgãos que não produzem fotoassimilados ou não produzem em quantidade suficiente para atender suas próprias necessidades de crescimento (Taiz et al., 2017). Durante a fase de crescimento, folhas, colmos e raízes são considerados drenos. Durante essa fase, raízes e colmos acumulam açúcares provenientes da fotossíntese e os armazenam na forma de carboidratos de reserva para ser utilizado caso seja necessário para a sobrevivência da planta.

A distribuição de assimilados na planta também é dependente da condição ambiental em que ela está inserida. Assim, um órgão que antes era dreno pode passar a ser fonte, atendendo as exigências energéticas para o crescimento. Neste sentido, os fotoassimilados produzidos por folhas recém-expandidas são utilizados para sua manutenção, bem como para atender às necessidades de zonas de crescimento foliar, sistema radicular e tecidos de sustentação (Costa et al., 2012). Contudo, com o desenvolvimento de novas folhas, a atividade fotossintética de folhas maduras é reduzida e começa o processo de senescência, ocorrendo principalmente translocação de nitrogênio para zonas de crescimento (Xing et al., 2019).

Quando o crescimento da gramínea é acentuado, existe uma tendência de reduzir a quantidade de folhas e aumentar o acúmulo de colmo e forragem morta no dossel forrageiro, causado principalmente pelo autossombreamento. A diminuição da

capacidade fotossintética em folhas de idades avançadas, geralmente sombreadas por folhas superiores, representa um maior gasto energético com respiração de crescimento e manutenção, além de alterar a redistribuição de assimilados para o desenvolvimento vegetal (Costa et al. 2012). Ademais, de acordo com Gastal e Lemaire (2015), em condições de autossombreamento, as plantas investem proporção maior de fotoassimilados e outros recursos para o aumento da área da folha. Ainda segundo os autores, esta condição permite que folhas cresçam maiores e mais finas, facilitando a absorção da pouca RFA que chega aos locais sombreados.

Neste sentido, Graminho et al. (2014) registraram aumento no acúmulo de colmos em função da maturidade da planta de azevém perene, sendo um resultado da mudança na partição de fotoassimilados, contribuindo para a elevação da mortalidade de perfilhos. A transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva (florescimento), também contribui para o aumento de forragem morta, pois o crescimento de folhas torna-se limitado pela diminuição do fornecimento de fotoassimilados para o desenvolvimento do tecido foliar (Irving, 2015).

A diminuição da capacidade fotossintética de folhas maduras tem relação com a diminuição da quantidade e da qualidade da luz que chega na parte inferior do dossel. Em situações em que não há limitação de luz, altos níveis de Rubisco são necessários para maximizar a fotossíntese (Irving, 2015). Contudo, com o amadurecimento e sombreamento de folhas, existe degradação dessa enzima e remobilização do nitrogênio para novas folhas. Embora alguma perda de N deva ser esperada na biomassa senescente, a remobilização de N é claramente importante na determinação da produtividade da planta, pois ajuda no desenvolvimento de zonas meristemáticas (Xing et al., 2019).

A exigência nutricional de folhas expandidas é menor em comparação com as regiões meristemáticas, que estão em crescimento. Assim, os compostos sintetizados nessas folhas são carregados no floema para os órgãos dreno (Volenec e Nelson 2020). As fontes suprem drenos específicos, principalmente pela proximidade entre os órgãos. Nesse caso, folhas localizadas na porção superior fornecem fotoassimilados para o meristema apical e a folhas basais suprem as raízes (Ferro et al., 2015).

Robin et al. (2018) desenvolveram um modelo de crescimento radicular sugerindo que existe uma distribuição igualitária de carbono entre as raízes de diferentes idades. Neste caso, o uso de fotoassimilados é dividido entre respiração de manutenção nas raízes mais velhas e produção de biomassa nas raízes mais novas. Ademais, os autores sugerem,

ainda, que o crescimento de raízes mais velhas é restringido pela alta exigência de carbono para a sua manutenção.

O processo de partição de fotoassimilados também é influenciado por fatores externos como a desfolhação. Após a perda de área foliar pela desfolhação, os drenos podem se tornar fonte, em que as reservas carbonadas e nitrogenadas armazenadas são mobilizados e utilizados para manutenção dos tecidos e recuperação da parte aérea (Iqbal et al., 2012; Dierking et al., 2017). Essa translocação propicia maior estabilidade agrônômica e potencial de produção de forragem, que pode favorecer à sustentabilidade do sistema produtivo (Sangoi et al., 2012). Concomitantemente, novas folhas são emitidas para que a planta reestabeleça sua capacidade fotossintética (Costa et al., 2017). Assim, momentaneamente, a desfolhação reduz o crescimento da planta, devido à diminuição na produção de fotoassimilados. Isso ocorre pois a presença das folhas é de fundamental importância para a produção de fotoassimilados, em uma quantidade que supre as necessidades de crescimento de raízes e parte aérea (folha + colmo) (Moscoso e Balocchi, 2016).

O estresse por desfolhação intensas também afeta negativamente o desenvolvimento de nódulos radiculares de alfafa (Aranjuelo et al., 2014) e reduzem a absorção de N em azevém perene, principalmente nos primeiros dias após a desfolhação (Meuriot et al., 2018). Essa relação inversa entre área foliar remanescente e absorção de N sugere que a captação desse nutriente está associada à fotossíntese, provavelmente pela redução do transporte de sacarose para as raízes. Neste sentido, Louahlia et al. (2008) sugerem que a diminuição na absorção do nitrato após desfolhação é resultado da escassez de sacarose na porção radicular, visto que a alocação do carbono é direcionada prioritariamente para as zonas de crescimento com o intuito de restaurar a capacidade fotossintética da planta.

Pedreira et al. (2017) avaliaram o capim-Xaraés (*U. brizantha* syn. *B. brizantha* cv. Xaraés) submetidos a três estratégias de pastejo rotativo (28 dias fixos, 95 e 100% de interceptação luminosa pelo dossel) e uma altura padrão de resíduo que correspondeu a 15 cm. Ao final de dois anos de experimento, os autores relataram que não houve efeito das estratégias de desfolhação sob as reservas orgânicas dos colmos presentes na massa de forragem de resíduo pós-pastejo. A falta de diferença entre as estratégias avaliadas pode estar relacionada ao fato de os manejos serem realizados a uma mesma altura de resíduo de 15 cm, variando apenas a meta pré-pastejo.

Soares Filho et al. (2013) relataram maior acúmulo de reservas de carboidratos nas raízes de capim-Tanzânia (*M. maximus* syn. *P. maximum* cv. Tanzânia) nas doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N em relação à 0 e 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, sem diferença na concentração de reservas de nitrogênio radicular entre as doses estudadas. Os autores sugerem que a redução nos teores de carboidratos não estruturais (CNE) radicular na dose de 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N é resultado da maior disponibilidade desse nutriente no solo, que permite um desenvolvimento mais acelerado do dossel forrageiro. Por sua vez, a concentração de CNE e N na base do colmo foram maiores na dose de 150 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de N devido ao maior acúmulo de forragem, folhas verdes e disponibilidade de nitrogênio.

Os resultados encontrados por Soares Filho et al. (2013) sugerem que independentemente do nível de adubação utilizado, a maior concentração de CNE em raízes acontece na camada de 20 – 40 cm abaixo do solo, enquanto a maior concentração de nitrogênio é encontrada na camada 0 – 10 abaixo do solo.

Assim, é sugerido que além de serem órgãos armazenadores de reservas orgânicas, as raízes utilizam os compostos carbonados para seu crescimento, enquanto as reservas nitrogenadas são exportadas para atender à restauração da área foliar do dossel. Nesse sentido, existem variações entre as reservas de carboidrato e nitrogênio, e suas concentrações ocorrem em camadas radiculares diferentes. Adicionalmente, é possível considerar que o capim-Tanzânia apresenta maior reserva de nitrogênio nas camadas superiores da raiz, enquanto sua maior reserva de carboidrato apresenta-se na base do colmo.

Durante as avaliações de reservas orgânicas em gramíneas forrageiras deve ser levado em consideração a concentração das reservas orgânicas, bem como a quantidade de massa do órgão armazenador. Segundo Paraiso et al. (2019), as concentrações das reservas orgânicas em raízes e colmos podem ser semelhantes, mas o *pool* (acúmulo total) difere de acordo com a massa total de cada componente. Em plantas de capim-Marandu, Silva et al. (2014) encontraram maiores concentrações (%) de carboidratos não estruturais na raiz em comparação à base do colmo. Apesar disso, o maior *pool* de CNE foi encontrado da base dos colmos, visto que esse componente apresentou maior massa em relação à raiz. Adicionalmente, Lu et al. (2017) relataram que rebrota de alfafa (*Mendicato sativa*) pós-pastejo foi diretamente relacionada com os *pools* de reservas orgânicas em raízes, ao invés de suas concentrações. Assim, em casos que a estratégia de pastejo e adubação adotada não interfiram nos teores (%) dos componentes de reserva, o

que vai determinar a capacidade do dossel em acumular reservas orgânicas é a quantidade de órgãos armazenadores (estolões, base do colmo, raízes) presentes no dossel.

Silva et al. (2016) avaliaram o capim-Mulato II (planta híbrida de *U. brizantha* x *U. decumbens* x *U. ruziziensis*) sob três estratégias de pastejo contínuo (10, 25 e 40 cm) e dois níveis de adubação nitrogenada (50 e 250 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N). Os autores não relataram diferença na concentração das reservas de carboidratos na raiz em função da altura de pastejo ou da dose de nitrogênio. Contudo, o *pool* de carboidratos na raiz foi altamente afetado pela massa radicular total, uma vez que o pastejo a 10 cm apresentou menor massa de raiz e, conseqüentemente, menor acúmulo de CNE. Já as reservas nitrogenadas foram afetadas apenas pela taxa de aplicação de nitrogênio, onde a aplicação de 250 kg ha⁻¹ ano⁻¹ favoreceu a concentração e o *pool* de compostos nitrogenados na raiz, através da elevação de massa seca radicular devido a disponibilidade de N no solo.

Paraiso et al. (2019) avaliaram os capins Ipyporã (híbridos de *Urochloa ruziziensis* x *U. brizantha*) e Mulato II durante dois anos sob pastejo contínuo a 30 cm de altura. Independentemente do cultivar, a massa de raiz, bem como concentrações e acúmulos de reserva orgânicas (carbonadas e nitrogenadas), foi maior no primeiro ano de avaliação devido à maior fertilidade do solo comparado ao segundo ano de avaliação. Os autores não destacaram se a raiz ou a base do colmo são mais importantes para os cultivares avaliados, contudo, relataram a importância desses órgãos de armazenamento para a persistência dessas plantas forrageiras.

Nesse contexto, as principais zonas de armazenamento de reservas de carbono em gramíneas forrageiras são a base do colmo, estolões e rizomas (Volenc e Nelson, 2020). No entanto, os autores sugerem que pesquisas sejam realizadas com o intuito de estudar a raiz de plantas forrageiras e seu comportamento perante o estresse sofrido. Assim, será possível associar o real papel desse órgão na rebrotação de plantas forrageiras.

Desta maneira, as pesquisas que envolvam reservas orgânicas devem ser feitas incluindo todos os órgãos que possam servir de fonte de energia para o crescimento da planta forrageira. Nesse contexto, Volenc e Nelson (2020) afirmam que os órgãos armazenadores diferem entre espécies e essas diferenças devem ser levadas em consideração no momento da avaliação de suas reservas. Assim, o entendimento acerca da relação raiz e altura de resíduo após pastejo devem ser melhor compreendidas, uma vez que, para mostrar a relevância dos compartimentos de reserva, deve-se levar em consideração o acúmulo de massa seca dos órgãos e não apenas seus teores. Adicionalmente, pesquisas envolvendo o armazenamento de reservas orgânicas e sua

relação com a estrutura do dossel forrageiro ajudarão a desenvolver estratégias de pastejo que podem ser aplicados visando à sustentabilidade do sistema do produtivo (Silva et al., 2015).

Pesquisas realizadas com o intuito de abordar reservas orgânicas em gramíneas forrageiras C₄, que consideram os teores e concentrações de carboidratos não estruturais como forma de reserva, acabam englobando as frações de amido, sacarose e frutanos presentes. No entanto, como essas plantas acumulam especialmente amido, a quantificação desse composto pode ser mais apropriada para a compreensão da mobilização e utilização das reservas de carboidratos em gramíneas tropicais.

1.5 Modelo Conceitual

As estratégias de desfolhação de pastagens têm o potencial de modificar a forma de crescimento e desenvolvimento da planta forrageira. Ao ser desfolhada, a planta forrageira reduz seu potencial fotossintético causado, principalmente, pela remoção de folhas fotossinteticamente ativas. Nesse sentido, ocorrem alterações na distribuição de fotoassimilados, que interferem na absorção de nutrientes e no desenvolvimento de órgãos da planta. Assim, as estratégias de desfolhação de pastagens devem ser feitas conhecendo as respostas fisiológicas e estruturais da planta para que não ultrapassem seu limite produtivo.

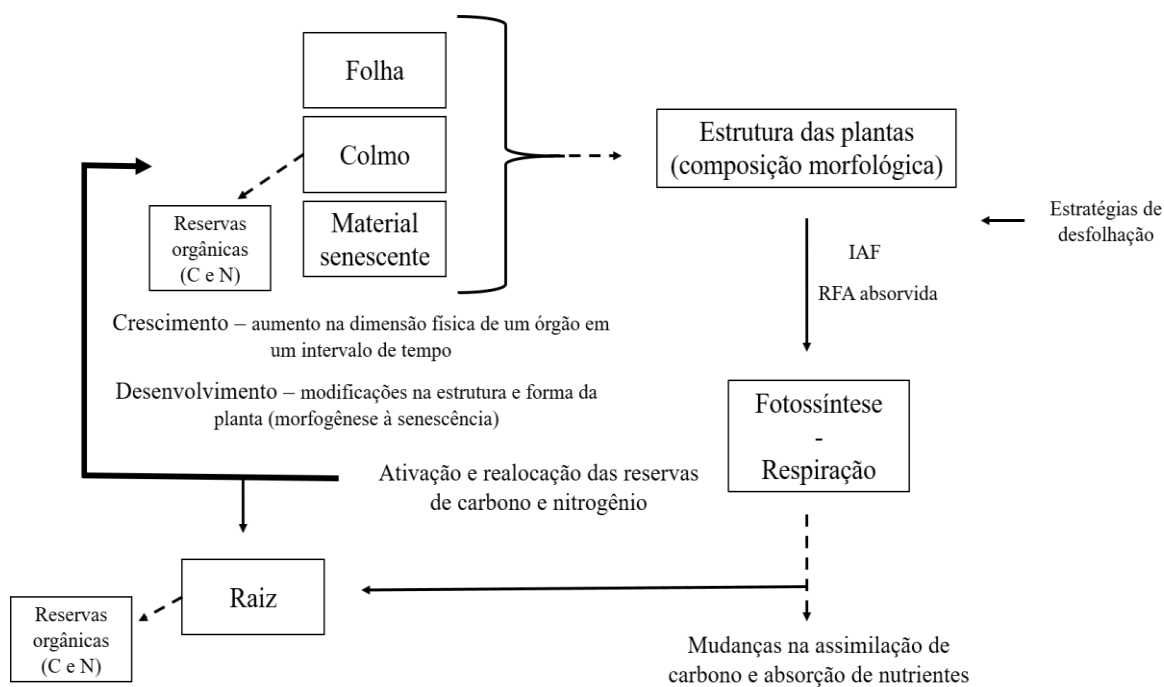


Figura 1. Modelo conceitual do crescimento e desenvolvimento de plantas forrageiras pós-desfolhação.

1.6 Referências Bibliográficas

ALCANTARA, W. Q; CRUZ, N. T.; DIAS, D. L. S.; SOUSA, B; M; L.; JARDIM, R.R.; FRIES, D. D.; RAMOS, B. L. P.; PIRES, A. J. V.; BONOMO, P. Práticas de manejo e os efeitos na composição do dossel forrageiro. **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 8, p. 78-93, 2022.

ARANJUELO, I.; MOLERO, G.; ERICE, G.; ALDASORO, J.; ARRESE-IGOR, C.; NOGUÉS, S. Effect of shoot removal on remobilization of carbon and nitrogen during regrowth of nitrogen-fixing alfalfa. **Physiologia plantarum**, v. 153, n. 1, p. 91-104, 2014.

AVICE, J. C.; OURRY, A.; LEMAIRE, G.; BOUCAUD, J. Nitrogen and carbon flows estimated by ¹⁵N and ¹³C pulse-chase labeling during regrowth of alfalfa. **Plant Physiology**, v. 112, n. 1, p. 281-290, 1996.

AVICE, J. C.; OURRY, A.; LEMAIRE, G.; VOLENEC, J. J.; BOUCAUD, J. Root protein and vegetative storage protein are key organic nutrients alfalfa shoot regrowth. **Crop Science**, v. 37, n. 4, p. 1187-1193, 1997.

BURRITT, E. A; REID, C. "Carbohydrate reserves: what you learned may be wrong" *Wildland Resources Faculty Publications*. Paper 1537. 2012, Disponível em <https://digitalcommons.usu.edu/wild_facpub/1537>, Acesso em 20 de agosto de 2018.

CANTO, M. W.; JOBIM, C. C.; GASPARINO, E.; HOESCHI, A. R. Características do pasto e acúmulo de forragem em capim tanzânia submetidos a alturas de manejo do pasto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 429-435, 2008.

CHICAHUALA, M. S.; STEINAKER, D. F.; DEMARÍA, M. R. Respuestas fenológicas de gramíneas C3 y C4 a variaciones interanuales de precipitación y temperatura. **Ecología Austral**, v. 28, n. 2, p. 455-466, 2018.

COSTA N. L; DESCHAMPS, C.; MORAES, A. Pasture canopy, photosynthesis and grass forage yield. **PUBVET**, v. 6, n. 21, p.1387-1392, 2012.

COSTA, C. D. S.; RODRIGUES, R. C.; SANTOS, F. N. D. S.; ARAÚJO, R. A.; SOUSA, G. O. C.; LIMA, J. R. L.; NUNES, D. R.; RODRIGUES, M. M. Structural characteristics and chemical composition of andropogon grass pasture managed under different defoliation intensities and rest periods. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, n. 4, p. 492-504, 2017.

COSTA, D. F. A.; QUIGLEY, S. P.; ISHERWOOD, P.; MCLENNAN, S. R.; SUN, X. Q.; GIBBS, S. J.; POPPI, D. P. Small differences in biohydrogenation resulted from the similar retention times of fluid in the rumen of cattle grazing wet season C3 and C4 forage species. **Animal Feed Science and Technology**, v. 253, p. 101-112, 2019.

CRUZ, N. T.; DIAS, D. L. S.; FRIES, D. D.; JARDIM R. R.; SOUSA, B. M. L.; PIRES, A. J. V.; RAMOS, B. L. P. Alternatives for the recovery and renewal of degraded pastures. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 28, n. 1, p. 15-35, 2022.

CUTRIM JUNIOR, J.A.A; CANDIDO, M.J.D.; VALENTE, B.S.M.; CARNEIRO, M.S DE S.; CARNEIRO, H.A.V.C. Características estruturais do dossel de Capim-Tanzânia

submetido a três frequências de desfolhação e dois resíduos pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40; p. 489-497, 2011.

DIERKING, R. M.; ALLEN, D. J.; CUNNINGHAM, S. M.; BROUDER, S. M.; & VOLENEC, J. J. Nitrogen reserve pools in two *Miscanthus* × *giganteus* genotypes under contrasting N managements. **Frontiers in plant science**, v. 8, 2017.

DURAND, J. L.; VARLET-GRANCHER, C.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F.; & MOULIA, B. Carbon partitioning in forage crops. **Acta biotheoretica**, v. 39, n. 3-4, p. 213-224, 1991.

EUCLIDES, V. P. B.; CARPEJANI, G. C.; MONTAGNER, D. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; BARBOSA, R. A.; & DIFANTE, G. S. Maintaining post-grazing sward height of *Panicum maximum* (cv. Mombaça) at 50 cm led to higher animal performance compared with post-grazing height of 30 cm. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 1, p. 174-182, 2017.

FERRO, M. M.; ZANINE, A. M.; FERREIRA, D. J.; SOUZA, A. L.; AND GERON, L. J. V. Organic Reserves in tropical Grasses under Grazing. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 14, p. 2329, 2015.

FRAK, E.; MILLARD, P.; LE ROUX, X.; GUILLAUMIE, S. & WENDLER, R. Coupling sap flow velocity and amino acid concentrations as an alternative method to ¹⁵N labeling for quantifying nitrogen remobilization by walnut trees. **Plant Physiology**, v. 130, n. 2, p. 1043-1053, 2002.

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.

GIMENES, F. M. A.; SILVA, S. C.; FIALHO, C. A.; GOMES, M. B.; BERNDT, A.; GERDES, L.; COLOZZA, M. T. Ganho de peso e produtividade animal em capim-Marandu sob pastejo rotativo e adubação nitrogenada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, n. 7, p. 751-759, 2011.

GÓMEZ, S.; GUENNI, O.; AND BRAVO DE GUENNI, L. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Brachiaria decumbens* Stapf. **Grass and Forage Science**, v. 68, n. 3, p. 395-407, 2012.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; MARTINEZ Y HUAMAN, C. A.; PACIULLO, D. S. C. Fotossíntese, reservas orgânicas e rebrota do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) sob diferentes intensidades de desfolha do perfilho principal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 2165-2175, 2002.

GRAMINHO, L. A.; ROCHA, M. G.; PÖTTER, L.; ROSA, A. T. N.; BERGOLI, T. L.; & MACHADO, M. Defoliation patterns and tillering dynamics in Italian ryegrass under different herbage allowances. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, n. 4, p. 349-356, 2014.

IRVING, L. J. Carbon assimilation, biomass partitioning and productivity in grasses. **Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 1116-1134, 2015.

ISLAM, M. R.; GARCIA, S. C.; HORADAGODA, A.; KERRISK, K. L.; AND CLARK, C. E. Management strategies for forage rape (*Brassica napus* L. cv Goliath): Impact on dry-matter yield, plant reserves, morphology and nutritive value. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 1, p. 96-110, 2020.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, W. (Ed.) **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. cap. 1, p. 3-36.

LIU, Y.; YANG, X.; TIAN, D.; CONG, R.; ZHANG, X.; PAN, Q.; AND SHI, Z. Resource reallocation of two grass species during regrowth after defoliation. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1767, 2018.

LOUAHLIA, S.; LAINE, P.; MACDUFF, J. H.; OURRY, A.; HUMPHREYS, M.; & BOUCAUD, J. Interactions between reserve mobilization and regulation of nitrate uptake during regrowth of *Lolium perenne* L.: putative roles of amino acids and carbohydrates. **Botany**, v. 86, n. 10, p. 1101-1110, 2008.

LU, X.; JI, S.; HOU, C.; QU, H.; LI, P.; AND SHEN, Y. Impact of root C and N reserves on shoot regrowth of defoliated alfalfa cultivars differing in fall dormancy. **Grassland Science**, v. 64, n. 2, p. 83-90, 2018.

MATTHEW, C.; KEMBALL, W.D. Allocation of carbon-14 to roots of different ages in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). In: International Grassland Congress, 18, 1997, Calgary, **Proceedings...** Winnipeg/Saskaton: CFC/CSA/CSAS, 1997. p. 8-17.

MEURIOT, F.; MORVAN-BERTRAND, A.; NOIRAUD-ROMY, N.; DECAU, M. L.; ESCOBAR-GUTIÉRREZ, A. J.; GASTAL, F.; AND PRUD'HOMME, M. P. Short-term effects of defoliation intensity on sugar remobilization and N fluxes in ryegrass. **Journal of Experimental Botany**, v. 69, n. 16, p. 3975-3986, 2018.

MITCHELL, M. L.; CLARK, S. G.; BUTLER, K. L.; NIE, Z.; BURNETT, V. F.; MEYER, R.; ZOLLINGER, R. AND SEYMOUR, G. R. Harvest interval affects lucerne (*Medicago sativa* L.) taproot total yield, starch, nitrogen and water-soluble carbohydrates. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 2020.

MOSCOSO, C. J.; AND BALOCCHI, O. Water-soluble carbohydrate and nitrogen concentrations after defoliation in perennial ryegrasses (*Lolium perenne* L.) in spring. **Agrosur**, v. 44, p. 23-29, 2016.

NELSON, C. J. AND MOORE, K. J. Grass Morphology. In: MOORE, K. J.; COLLINS, M.; NELSON, C. J.; REDFEARN, D. D. (Ed.). **Forage: The Science Of Grassland Agriculture**. Croydon: Willey Blackwell, 2020. cap. 2, p. 23-50.

OULD-AHMED, M.; DECAU, M. L.; MORVAN-BERTRAND, A.; PRUD'HOMME, M. P.; LAFRENIÈRE, C.; AND DROUIN, P. Plant maturity and nitrogen fertilization affected fructan metabolism in harvestable tissues of timothy (*Phleum pratense* L.). **Journal of plant physiology**, v. 171, n. 16, p. 1479-1490, 2014.

OURRY, A.; KIM, T.H.; BOUCAUD, J. Nitrogen reserve mobilization during growth of *Medicago Sativa* L. Relationships between availability and regrowth yield. **Plant Physiology**, v. 105, p. 837-837, 1994.

PARAISO, I. G.; SILVA, D. S.; CARVALHO, A. P. S.; SOLLENBERGER, L. E.; PEREIRA, D. H.; EUCLIDES, V. P.; AND PEDREIRA, B. C. Herbage accumulation, nutritive value, and organic reserves of continuously stocked 'Ipyporã' and 'Mulato II' brachiaria grasses. **Crop Science**, v. 59, n. 6, p. 2903-2914, 2019.

PEDREIRA, C. G.; SILVA, V. J.; PEDREIRA, B. C.; AND SOLLENBERGER, L. E. HERBAGE ACCUMULATION AND ORGANIC RESERVES OF PALISADEGRASS IN RESPONSE TO GRAZING MANAGEMENT BASED ON CANOPY TARGETS. **Crop Science**, v. 57, n. 4, p. 2283-2293, 2017.

PERRY JR, L. J.; MOSER, L. E. Carbohydrate and organic nitrogen concentrations within range grass parts at maturity. **Journal of Range Management**, p. 276-278, 1974.

POORTER, H.; NIKLAS, K. J.; REICH, P. B.; OLEKSYN, J.; POOT, P.; AND MOMMER, L. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. **New Phytologist**, v. 193, n. 1, p. 30-50, 2012.

ROBIN, A. H. K.; IRVING, L. J.; KHAEMBAH, E. N.; AND MATTHEW, C. Modelling Carbon Fluxes as an Aid to Understanding Perennial Ryegrass (*Lolium perenne*) Root Dynamics. **Agronomy**, v. 8, n. 11, p. 236, 2018.

ROCHE, J.; TURNBULL, M. H.; GUO, Q.; NOVÁK, O.; SPÄTH, J.; GIESEG, S. P.; JAMESON, P. E. AND LOVE, J. Coordinated nitrogen and carbon remobilization for nitrate assimilation in leaf, sheath and root and associated cytokinin signals during early regrowth of *Lolium perenne*. **Annals of botany**, v. 119, n. 8, p. 1353-1364, 2017.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SILVA, P. R. F. D.; VARGAS, V. P.; ZOLDAN, S. R.; VIERA, J.; SOUZA, C. A.; PICOLI JÚNIOR, G. J. AND BIANCHET, P. Tillering as a trait to mitigate damages caused to maize by the main stem defoliation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 11, p. 1605-1612, 2012.

SHEARD, R.W. Organic reserves and plant regrowth. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W. (Ed.). **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic Press, 1973. cap.25, 353-377.

SILVA, S. C.; PEREIRA, L. E. T.; SBRISIA, A. F.; AND HERNANDEZ-GARAY, A. Carbon and nitrogen reserves in marandu palisadegrass subjected to intensities of continuous stocking management. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, n. 8, p. 1449-1463, 2014.

SILVA, S. C.; SBRISIA, A. F.; AND PEREIRA, L. E. T. Ecophysiology of C4 forage grasses—understanding plant growth for optimising their use and management. **Agriculture**, v. 5, n. 3, p. 598-625, 2015.

SILVA, V. J.; PEDREIRA, C. G.; SOLLENBERGER, L. E.; SILVA, L. S.; YASUOKA, J. I.; AND ALMEIDA, I. C. Carbon assimilation, herbage plant-part accumulation, and

organic reserves of grazed 'Mulato II' brachiariagrass pastures. **Crop Science**, v. 56, n. 5, p. 2853-2860, 2016.

SOARES FILHO, C. V.; CECATO, U.; RIBEIRO, O. L.; ROMA, C. F. C.; JOBIM, C. C.; BELONI, T.; AND PERRI, S. H. V. Root system and root and stem base organic reserves of pasture Tanzania grass fertilizer with nitrogen under grazing. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 2415-2426, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª. OLIVEIRA, P. L. Porto Alegre: Artmed, 2017. 848p.

THORNLEY, J. H. M. A balanced quantitative model for root: shoot ratios in vegetative plants. **Annals of Botany**, v. 36, n. 2, p. 431-441, 1972.

VOLENEC, J. J.; OURRY, A.; AND JOERN, B. C. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. **Physiologia Plantarum**, v. 97, n. 1, p. 185-193, 1996.

VOLENEC, J. J.; OURRY, A.; JOERN, B. C. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. **Physiologia Plantarum**, v. 97, n. 1, p. 185-193, 1996.

XING, Y.; JIANG, W.; HE, X.; FIAZ, S.; AHMAD, S.; LEI, X.; WANG, W.; WANG, Y.; AND WANG, X. A review of nitrogen translocation and nitrogen-use efficiency. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 19, p. 2624-2641, 2019.

YANG, H.; WANG, Z. AND ZHANG, X. Changes in the content and allocation of carbon and nitrogen during forage regrowth. In: International Grassland Congress, 22, 2013, Sydney. **Proceedings...** Sydney: CFC/CSA/CSAS, 2013. p.15-19.

II – OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar modificações na rebrota e nas reservas de carbono e nitrogênio em *Urochloa brizantha* cv. Marandu submetidas a intensidades de desfolhação.

2.2 Objetivos específicos

Caracterizar o crescimento em resposta à desfolhação, por meio da avaliação de produção de massa seca e análises de crescimento;

Verificar alterações fisiológicas e bioquímicas em função da intensidade de desfolhação;

Quantificar a mobilização e síntese das reservas de carbono durante o período de rebrota, por meio da quantificação dos teores de amido em colmos e raízes;

Caracterizar a influência da desfolhação na formação de proteínas de diferentes solubilidades por meio do fracionamento de proteínas.

III - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, localizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), no Laboratório de Anatomia e Fisiologia Ecológica de Plantas (LAFIEP), *campus* Itapetinga/BA, Brasil.

O solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade em área pertencente à UESB. Após destorroado e passado em peneira com malha de quatro milímetros, foi realizada a coleta do material para análise de solo. O solo apresentou as seguintes características físicas e químicas, segundo análise realizada no Laboratório de Solos, UESB, Vitória da Conquista, BA: pH em água= 6,0; P= 19,0 mg.dm⁻³; K⁺= 1,13 cmol_c.dm⁻³; Ca²⁺= 1,4 cmol_c.dm⁻³; Mg²⁺= 1,3 cmol_c.dm⁻³; Al³⁺= 0 cmol_c.dm⁻³; H⁺= 1,5 cmol_c.dm⁻³; SB= 3,8 cmol_c.dm⁻³; t= 3,8 cmol_c.dm⁻³; T= 5,3 cmol_c.dm⁻³; V= 72%. O teor de argila do solo utilizado foi de 9%.

Seguindo recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais “5ª aproximação” (Ribeiro et al., 1999), não houve necessidade de calagem, uma vez que o solo apresentou saturação por bases de 72%, e nem de adubação potássica, visto a classe de disponibilidade de potássio no solo. Entretanto, no momento da semeadura foi realizada uma adubação fosfatada aplicando 1,66 g de superfosfato simples, equivalente a 50 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, considerando o médio nível tecnológico adotado. A adubação com nitrogênio foi realizada no dia do corte de uniformização das plantas, com a aplicação de 1,4 g de ureia, em todas unidades experimentais, sendo equivalentes a 100 kg.ha⁻¹ de N.

Durante o período experimental os valores de temperatura e umidade máximas e mínimas foram coletados dentro da casa de vegetação, por meio de termo higrômetro digital, apresentando valores de 44°C, 19°C, 85% e 21%, respectivamente.

A determinação da capacidade de retenção de água do solo foi feita por meio da diferença entre os pesos médios de 5 vasos com solo seco e após serem encharcados durante 3 dias, sendo a última pesagem feita após o escoamento total da água, em torno de 12 horas após o último encharcamento. Por meio dessa diferença de peso, foi

determinado o valor da capacidade máxima de retenção de água do solo, e os vasos foram mantidos, durante o experimento, com 80% da capacidade encontrada.

3.2 Design experimental e tratamentos

Foram avaliadas as respostas estruturais e fisiológicas do capim-Marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu *syn.* *Brachiaria brizantha* cv. Marandu) submetido a uma combinação de intensidades de desfolhação e idades de rebrota. O experimento foi conduzido através de um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 x 5, sendo quatro intensidades de desfolhação: muito severa, severa, moderada e leniente (resultando em alturas de resíduo em torno de 5, 10, 15, 20 cm, respectivamente) e cinco idades de rebrota (0, 7, 14, 21, 28 dias após corte de uniformização), com quatro repetições, totalizando 80 unidades experimentais, que corresponderam a vasos plásticos de 12 L, contendo 10 kg de solo.

A semeadura foi feita dia 07/10/2019 diretamente nos vasos e após 15 dias de emergência foi realizado um desbaste, mantendo-se quatro plantas por vaso. Vinte e cinco dias após o desbaste (16/11/2019) foi realizado um corte de uniformização em cada respectiva altura de resíduo, marcando o início das avaliações (dia 0).

3.3 Acúmulo de componentes morfológicos, massa de resíduo, massa e volume de raiz

Em cada idade de rebrota (0, 7, 14, 21, 28 dias após corte de uniformização) foi feito um corte na respectiva altura de resíduo e o material acumulado foi separado em lâmina foliar e colmo. Após o corte, os vasos (correspondentes à quatro repetições de cada altura de resíduo) foram desmontados e separados em raiz e resíduo que foi separado em lâmina foliar, colmo e material morto.

No momento do desmanche, o material correspondente ao resíduo de cada altura foi dividido por estratos de 5 em 5 cm para análises posteriores. Assim, cada altura de resíduo foi separada da seguinte maneira: plantas com resíduo de 5 cm (0-5 cm, estrato A), plantas com resíduo de 10 cm (0-5, 5-10 cm, estratos A e B), plantas com resíduo de 15 cm (0-5, 5-10, 10-15cm, estratos A, B e C), e plantas com resíduo de 20 cm (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 cm, estratos A, B, C e D). Dentro de cada altura de resíduo, a soma da massa dos estratos correspondeu à massa residual.

O material separado foi pesado para a determinação da massa fresca (MF), levado para estufa a 65 °C, e após 72h de secagem foi pesado novamente para obtenção da massa

seca dos componentes. Dessa maneira, foi possível calcular o acúmulo de massa total dos componentes morfológicos, a massa de resíduo e dos componentes morfológicos, e a massa de raiz, expressos em g.vaso^{-1} de massa seca (MS).

Após do desmanche dos vasos, as raízes foram imersas em proveta graduada, com conteúdo de água conhecido, assim, o volume de raiz foi determinado através da diferença entre o conteúdo de água pré e pós-imersão.

3.4 Extração de Albumina, Globulina, Prolamina e Glutelina

Durante o desmanche dos vasos, foram coletados 2 g de raízes e de colmo fresco de cada um dos estratos do resíduo, colocados em papel alumínio e armazenados em freezer para análises posteriores. A extração foi sequencial, da seguinte forma:

Albumina (passo 1)

Foi pesado 0,5 g de amostra fresca, que foi macerada e homogeneizada em 2 mL de água destilada. O homogenato foi incubado em banho-maria a 35 °C, durante 30 minutos sob agitação constante, e, em seguida, centrifugado a 1200 g por 20 min para a coleta do sobrenadante. Em seguida, o pellet foi ressuscitado com mais 1 mL de água destilada e centrifugado novamente. O sobrenadante foi adicionado ao sobrenadante coletado anteriormente e armazenado em freezer.

Globulina (passo 2)

Após a última centrifugação do primeiro extrator (água), o pellet foi ressuscitado com 0,75 mL de NaCl 1%, incubado em banho-maria a 35 °C, durante 30 minutos sob agitação constante, e, em seguida, centrifugado a 1200 g por 20 min para a coleta do sobrenadante. Em seguida, o pellet foi ressuscitado com mais 0,75 mL de NaCl 1% e centrifugado novamente. O sobrenadante foi adicionado ao sobrenadante coletado anteriormente e armazenado em freezer.

Prolamina (passo 3)

O pellet resultante do passo 2 foi ressuscitado com 0,75 mL de etanol 80%, repetindo o processo de extração da globulina, modificando apenas o extrator.

Glutelina (passo 4)

O pellet resultante do passo 3 foi ressuspensionado com 0,75 mL de NaOH 100 mM, repetindo o processo de extração anterior, modificando apenas o extrator.

Cada grupo de proteínas foi quantificado pelo método descrito por Bradford (1976), utilizando solução de Comassie blue G-250 e leitura em espectrofotômetro a 595 nm de absorvância. A concentração de cada grupo de proteínas foi corrigida para gramas de massa seca, sendo expressas em mg.g^{-1} de MS. A concentração de proteína total resultou da soma da concentração de Albumina, Globulina, Prolamina e Glutelina.

3.5 Extração de amido

Após moagem em moinho de bola, 0,3 g de amostras secas de raízes e de colmo da massa residual foram homogeneizados com 4 mL de água destilada para a extração do amido. O homogenato foi centrifugado a 9.000 g, por 20 minutos, coletando-se o sobrenadante. Esse processo foi realizado mais duas vezes para eliminação total dos carboidratos solúveis das amostras. Em seguida, o pellet resultante foi ressuspensionado com 5 mL de solução tampão acetato de potássio 200 mM (pH 4,8) e colocado em banho-maria a 100 °C por 5 minutos. Ao resfriar até atingir cerca de 50 °C foi adicionada a solução enzimática, contendo 11 unidades da enzima amiloglucosidase e as amostras foram incubadas em banho-maria a 50 °C durante duas horas, sob agitação constante. Após a incubação, foi realizada centrifugação a 9.000 g por 20 minutos, e coleta do sobrenadante, completado para 5 mL com o mesmo tampão.

A quantificação do amido foi realizada pelo método da antrona, descrito por (Dische, 1962), com leitura em espectrofotômetros a 620 nm.

O *pool* de amido (mg.vaso^{-1}) no resíduo foi calculado por meio da multiplicação da concentração de amido pelo peso em g de MS em cada estrato, seguido da soma dos estratos em cada altura de resíduo:

5 cm (*pool* de amido no estrato A)

10 cm (*pool* de amido no estrato A + *pool* de amido no estrato B)

15 cm (*pool* de amido no estrato A + *pool* de amido no estrato B + *pool* de amido no estrato C)

20 cm (*pool* de amido no estrato A + *pool* de amido no estrato B + *pool* de amido no estrato C + *pool* de amido no estrato D).

O *pool* de amido nas raízes foi encontrado por meio da multiplicação da concentração de amido nas raízes e o peso de raízes em g de MS.

3.6 Concentração total de proteínas e amido no resíduo

Para obtenção da concentração total de proteína e amido o resíduo, os valores em cada estrato residual foram somados: altura de 5 cm (estrato A), 10 cm (estrato A+B), 15 cm (estrato A+B+C), 20 cm (estrato A+B+C+D).

3.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância considerando o efeito de intensidades de desfolhação e idade de rebrota e a interação entre esses fatores. Os efeitos das intensidades de desfolhação foram comparados por meio do teste de Tukey e o efeito das idades de rebrota foram avaliados por meio de análise de regressão, onde os coeficientes das equações foram testados utilizando o teste t. Adotou-se $\alpha = 0,05$.

Para análise dos dados referentes aos componentes da massa residual, foram utilizadas as médias dos períodos de crescimento em cada altura de resíduo, que foram comparadas através do teste de Tukey. Adotou-se $\alpha = 0,05$.

A comparação entre os estratos do resíduo foi feita de forma descritiva.

IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Acúmulo de forragem, de componentes morfológicos e massa de resíduo

Houve efeito de interação ($P < 0,05$) entre as alturas de resíduo e os dias de rebrota para o acúmulo de folhas, de colmo e de massa seca total do capim-Marandu (Tabela 1). De maneira geral, o acúmulo de lâmina foliar do capim-Marandu comportou-se de forma linear positiva, independentemente da altura de resíduo (Figura 2A). O acúmulo de colmo apresentou efeito quadrático, atingindo valores mínimos de 0, após 0, 3, 4 e 2 dias de rebrota quando desfolhadas sob uma intensidade muito severa (5 cm), severa (10 cm), moderada (15 cm) e leniente (20 cm), respectivamente (Figura 2B).

Independentemente da intensidade de desfolhação, tanto o acúmulo de folha quanto o de colmo do capim-Marandu apresentaram valores semelhantes até os 21 de rebrota. No entanto, aos 14 dia de rebrota, as plantas de capim-Marandu desfolhadas de forma leniente apresentaram maior acúmulo de folha comparadas às plantas cortadas de maneira muito severa.

Aos 28 dias de rebrota, plantas com desfolhação leniente e moderada apresentaram maiores valores de acúmulo de folha, comparadas às cortadas com maior intensidade. Já o acúmulo de colmo, nesse mesmo período, foi maior nas plantas cortadas com uma desfolhação severa e moderada (Tabela 1).

Quando a desfolhação foi muito severa, as plantas de capim-Marandu apresentaram menores acúmulos de folha e colmo aos 28 dias de rebrota, no entanto, o acúmulo de folhas nas plantas cortadas a essa altura foi semelhante ao das plantas cortadas de forma severa. Adicionalmente, neste mesmo período, o acúmulo de colmo de plantas cortadas de forma muito severa foi semelhante ao de plantas cortadas de forma leniente (Tabela 1).

Independentemente da altura de resíduo, o acúmulo de massa seca total das plantas apresentou crescimento linear durante o aumento do período de rebrota. Nesse sentido, a cada um dia de crescimento o capim-Marandu desfolhado de maneira muito severa, severa, moderada e leniente, apresentou acúmulo total de 0,43, 0,55, 0,62 e 0,59, respectivamente (Figura 2 C).

Dentre os períodos de rebrota não houve diferença no acúmulo de massa seca entre as alturas de resíduo até o dia 21 (Tabela 1). Após esse período, o capim-Marandu cortado de maneira muito severa apresentou menor acúmulo de massa seca total, comparado às demais intensidades de desfolhação. Aos 28 dias de rebrota, as plantas que não sofreram desfolhação muito severa apresentaram maiores valores de acúmulo de massa seca.

Tabela 1. Acúmulo de massa total, de folha e colmo durante a rebrota de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Intensidade de desfolhação	Acúmulo de lâmina foliar (g.vaso ⁻¹)					Efeito	
	Dias de rebrota					L	Q
	0	7	14	21	28		
Muito severa	0,0 _a	1,0 _a	3,1 _b	6,4 _a	6,9 _b	**	NS
Severa	0,0 _a	1,2 _a	3,5 _{ab}	6,8 _a	8,9 _b	**	NS
Moderada	0,0 _a	2,2 _a	4,1 _{ab}	7,2 _a	10,4 _a	**	NS
Leniente	0,0 _a	2,3 _a	5,5 _a	7,7 _a	11,4 _a	**	NS
EPM*	0,391						
Intensidade de desfolhação	Acúmulo de colmo (g.vaso ⁻¹)					Efeito	
	Dias de rebrota					L	Q
	0	7	14	21	28		
Muito severa	0,0 _a	0,2 _a	1,1 _a	3,2 _a	5,1 _b	**	**
Severa	0,0 _a	0,2 _a	1,2 _a	3,0 _a	6,2 _a	**	**
Moderada	0,0 _a	0,2 _a	1,2 _a	2,8 _a	6,3 _a	**	**
Leniente	0,0 _a	0,0 _a	1,3 _a	2,5 _a	5,3 _{ab}	**	**
EPM*	0,216						
Intensidade de desfolhação	Acúmulo de massa total (g.vaso ⁻¹)					Efeito	
	Dias de rebrota					L	Q
	0	7	14	21	28		
Muito severa	0,0 _a	1,2 _a	3,7 _a	9,2 _a	11,1 _b	**	NS
Severa	0,0 _a	1,4 _a	4,5 _a	9,5 _a	15,2 _a	**	NS
Moderada	0,0 _a	1,7 _a	5,2 _a	9,9 _a	17,6 _a	**	NS
Leniente	0,0 _a	2,3 _a	6,6 _a	10,2 _a	16,3 _a	**	NS
EPM	0,582						

Para cada característica, médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: Erro padrão da média. ** Significativo a 1%

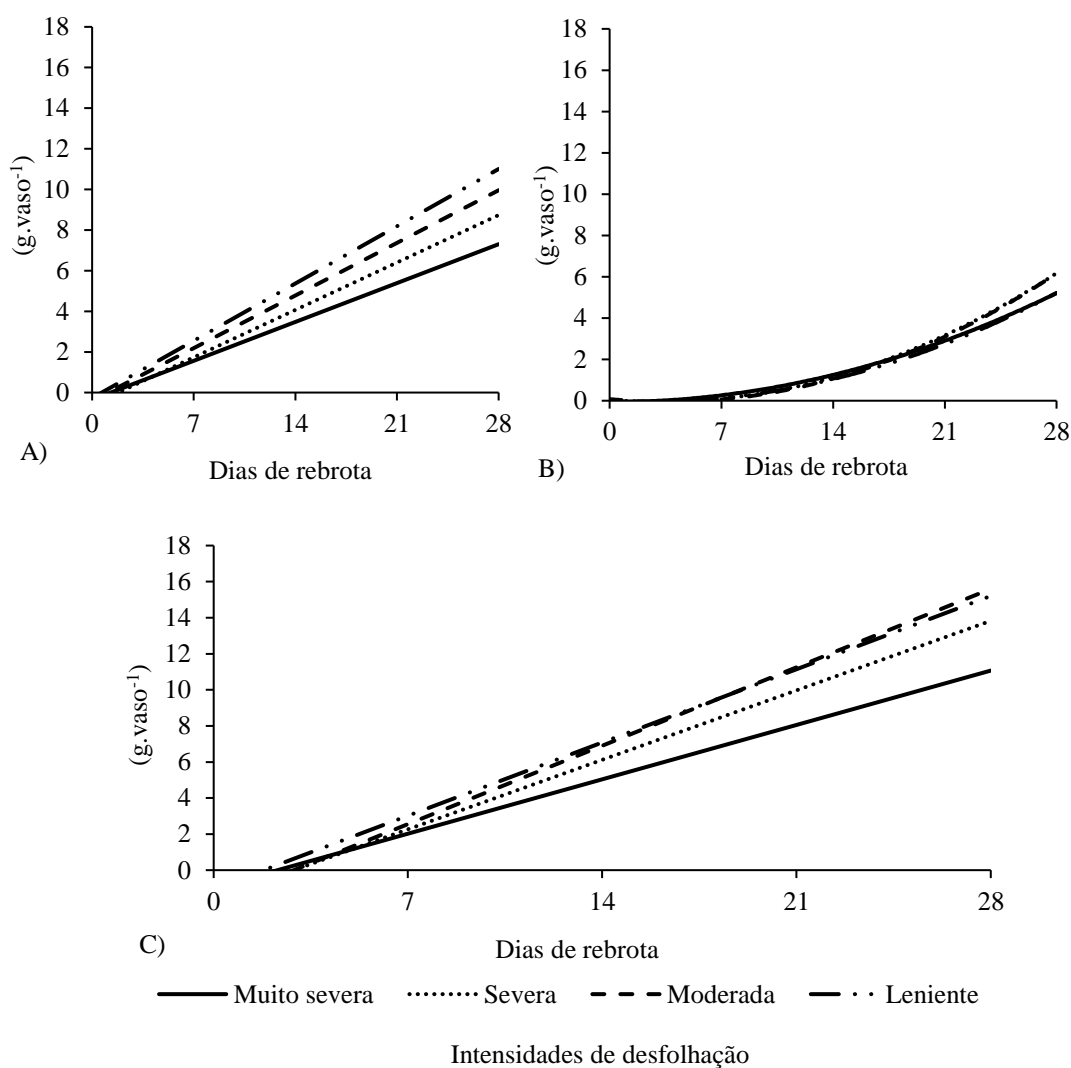


Figura 2. Acúmulo de lâmina foliar (A), colmo (B) e massa total (C) do capim-Marandu submetido a diferentes intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Equações de regressão: Folha: $\hat{Y}_{\text{Muito severa}} = -0,4246 + 0,2733x$ ($R^2= 94,3$); $\hat{Y}_{\text{Severa}} = -0,5995 + 0,3334x$ ($R^2= 97,9$); $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = -0,403 + 0,37x$ ($R^2= 94,9$); $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = -0,268 + 0,4026x$ ($R^2= 99,4$). Colmo: $\hat{Y}_{\text{Muito severa}} = -0,0663 - 0,0006x + 0,0068x^2$ ($R^2= 99,3$); $\hat{Y}_{\text{Severa}} = 0,0428 - 0,0627x + 0,0101x^2$ ($R^2= 99,8$); $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = 0,0756 - 0,0754x + 0,0104x^2$ ($R^2= 99,5$); $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = -0,0194 - 0,0344x + 0,0079x^2$ ($R^2= 99,3$). Acúmulo de massa total $\hat{Y}_{\text{Muito severa}} = -0,9924 + 0,4307x$ ($R^2= 94,9$); $\hat{Y}_{\text{Severa}} = -1,5884 + 0,5505x$ ($R^2= 94,8$); $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = -1,7949 + 0,6211x$ ($R^2= 93,7$); $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = -1,0448 + 0,5803x$ ($R^2= 97,6$).

Não houve efeito de interação ($P < 0,05$) entre as alturas de resíduo e os dias de rebrota entre os componentes morfológicos e as intensidades de desfolhação aplicados. Os componentes morfológicos do resíduo foram afetados ($P < 0,05$) pela intensidade de desfolhação (Tabela 2). De maneira geral, o capim-Marandu cortado a uma intensidade leniente apresentou maior massa de folha, colmo e material morto.

Tabela 2. Componentes morfológicos da massa residual do capim-Marandu submetido a diferentes intensidades de desfolhação.

Componente morfológico (g.vaso ⁻¹)	Intensidade de desfolhação				EPM ²
	Muito severa	Severa	Moderada	Leniente	
Folha ¹	0 _C	0 _C	0,322 _B	0,995 _A	0,026
Colmo ¹	2,841 _D	3,942 _C	5,201 _B	6,408 _A	0,129
Material Morto ¹	0,300 _C	0,372 _{AB}	0,342 _{BC}	0,418 _A	0,035

¹Expressos em massa seca. ²Erro padrão da média. Para cada componente, médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O acúmulo de forragem de uma planta forrageira é essencial para que se possa elaborar uma estratégia de utilização da massa produzida. Com o aumento do período de rebrota em gramíneas forrageiras, é comum observar a elevação no acúmulo de massa seca da espécie. Isso acontece, pois, mesmo que a planta seja rebaixada a alturas de resíduos menores, existe mobilização de reservas para que possa se reestabelecer o crescimento da área desfolhada (Liu et al. 2018).

Quando desfolhadas de forma severa, moderada e leniente, durante os primeiros dias de rebrota, as plantas de capim-Marandu priorizaram o acúmulo de folhas, visto que o acúmulo de colmo, quando cortadas nessas alturas, apresentou valor de 0 até o 3º dia de rebrota; as plantas desfolhadas de maneira muito severa, por sua vez, apresentaram acúmulo de folha e colmo desde o primeiro dia de rebrota. Essa diferença está relacionada com a altura de resíduo restante após a desfolhação. Quando houve um corte muito intenso, as plantas apresentaram altura de resíduo em torno de 5 cm, precisando elevar seu colmo para sustentar seu crescimento. Já, quando desfolhadas de maneira severa, moderada e leniente, a fração de colmo restante nos resíduos obtidos foi suficiente para sustentar o acúmulo de folhas das plantas. Dessa forma, quando desfolhados sob essas intensidades, durante os dois primeiros dias de rebrota plantas de capim-Marandu direciona sua energia para o estabelecimento imediato do seu aparato fotossintético, atrasando o crescimento dos tecidos de sustentação.

Os maiores acúmulos de massa seca total aos 28 dias de rebrota estão relacionados às maiores alturas de resíduo, visto que desfolhações menos severas resultam em resíduo com maior disponibilidade de folhas (Tabela 2). Nesse sentido, Carvalho et al. (2017) relataram maior proporção de folhas em resíduos com alturas maiores (50 cm) em pastos de capim-Mombaça, quando comparados a resíduos menores (30 cm). Dessa forma, a quantidade de folhas remanescentes nas plantas desfolhadas com intensidade moderada e

leniente colaboram para maior crescimento do capim-Marandu, pois, apesar da remoção, a quantidade de folhas remanescentes foi capaz de realizar fotossíntese, ajudando na rebrota da planta forrageira. Assim, a gramínea forrageira consegue restabelecer sua área de folhagem de maneira mais rápida quando comparadas às alturas de resíduo menores.

De modo contrário, plantas de capim-Marandu com intensidade de desfolhação muito severa e severa, apresentam acúmulo de massa menor devido à intensidade do corte remover toda área de folhas, retardando o acúmulo dos componentes morfológicos. Nesse sentido, Medica et al. (2017b) relataram que o capim-Marandu cortado a 5 cm de altura apresentou alterações na estrutura do dossel forrageiro, resultando em plantas com crescimento mais prostrado, por conta da possível eliminação do meristema apical. Adicionalmente, cortes mais intensos alteram o equilíbrio de fotoassimilados na planta, diminuindo sua taxa fotossintética, necessitando de maior participação das reservas orgânicas para a rebrota (Costa Júnior et al., 2019).

Aos 28 dias de rebrota, as plantas desfolhadas de maneira severa apresentaram acúmulo de massa total semelhante às plantas que receberam desfolhação moderada e leniente, resultado do maior acúmulo de colmo ao final desse período de rebrota (Tabela 1). Ao serem desfolhadas de forma severa (10 cm), apesar de não apresentarem massa de folhas no resíduo, a porção de 5-10 cm possui bainhas foliares que podem ser fotossinteticamente mais ativas que os colmos localizados no estrato de 0-5 cm. Dessa maneira, o acúmulo de massa de forragem apresenta-se de maneira semelhante ao acúmulo das plantas que receberam desfolhações moderada e leniente.

Massa e volume de raiz

Houve efeito de interação ($P < 0,05$) entre as alturas de resíduo e o período de rebrota na produção de massa de raiz (Tabela 3). Aos 7 e 14 dias de rebrota, a massa de raiz das plantas que receberam desfolhação leniente foi maior em relação às demais intensidades avaliadas. No entanto, a partir de 21 dias de rebrota, independentemente da altura que as plantas foram cortadas, produziram a mesma massa de raiz.

As plantas de capim-Marandu desfolhados de forma severa, moderada e leniente apresentaram produção de massa de raiz de forma linear, demonstrando crescimento de 0,227, 0,224 e 0,216 g a cada dia de rebrota, respectivamente (Figura 3).

Tabela 3. Massa seca de raízes de capim-Marandu desfolhado submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Intensidade de desfolhação	Massa de raiz (g.vaso ⁻¹)					Efeito	
	Dias de rebrota					L	Q
	0	7	14	21	28		
Muito severa	3,7 _a	3,1 _c	5,1 _b	8,0 _a	9,1 _a	**	**
Severa	3,7 _a	4,1 _{bc}	5,3 _b	7,9 _a	9,7 _a	**	NS
Moderada	3,7 _a	5,3 _{ab}	5,4 _b	9,2 _a	9,6 _a	**	NS
Leniente	3,7 _a	5,7 _a	7,4 _a	8,9 _a	9,6 _a	**	NS
EPM	0,274						

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: Erro padrão da média. NS: Não significativo ** Significativo a 1%.

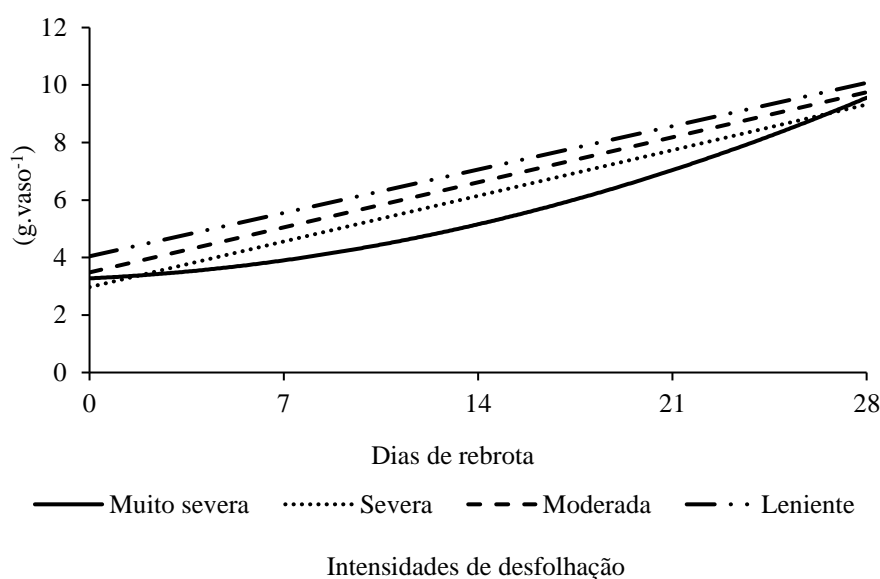


Figura 3. Massa seca de raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Equações de regressão: $\hat{Y}_{\text{Muito severa}} = 3,218 + 0,0379x + 0,0068x^2$ ($R^2 = 92,2$); $\hat{Y}_{\text{Severa}} = 2,971 + 0,2268x$ ($R^2 = 94,0$); $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = 3,4825 + 0,2238x$ ($R^2 = 90,2$); $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = 4,043 + 0,2155x$ ($R^2 = 97,5$).

Houve interação (P<0,05) entre a altura de resíduo e dias de rebrota para o volume de raiz (Tabela 4). Apesar de ser detectado efeito quadrático quando as plantas foram desfolhadas de maneira severa e moderada, o volume de raiz tendeu a um aumento linear com o passar do período de rebrota. Assim, independentemente da intensidade de desfolhação, o volume de raízes do capim-Marandu aumentou com o passar dos dias de rebrota. Aos sete dias de rebrota, menor valor de volume radicular foi identificado nas plantas que sofreram uma desfolhação muito intensa.

Tabela 4. Volume de raízes de capim-Marandu, submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Intensidade de desfolhação	Volume de raiz (ml)					Efeito	
	Dias de rebrota					L	Q
	0	7	14	21	28		
Muito severa	42,2 a	41,2 b	80,5 a	115,2 a	140,0 a	**	NS
Severa	42,2 a	53,1 ab	82,2 a	105,2 a	157,5 a	**	**
Moderada	42,2 a	65,0 ab	76,0 a	132,7 a	162,5 a	**	**
Leniente	42,2 a	73,5 a	103,2 a	121,7 a	145,0 a	**	NS
EPM	6,54						

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). EPM: Erro padrão da média. NS: Não significativo ** Significativo a 1%.

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). EPM: Erro padrão da média. NS: Não significativo ** Significativo a 1%. Equações de regressão: $\hat{Y}_{\text{Muito severa}} = 29,9 + 3,85x$ ($R^2 = 94,3$); $\hat{Y}_{\text{Severa}} = 42,49 + 0,909x + 0,112x^2$ ($R^2 = 99,3$); $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = 42,58 + 1,96x + 0,087x^2$ ($R^2 = 97,3$); $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = 46,4 + 3,62x$ ($R^2 = 97,5$).

A formação de raízes de plantas forrageiras está ligada diretamente com a busca por água e nutrientes do solo, bem como com a sustentação da massa aérea formada por folhas e colmo. Segundo Moot et al. (2021), o sistema de raízes possui uma relação estreita com a porção aérea da planta, visto que ajuda na formação a área foliar de um novo perfilho. No entanto, a remoção dos tecidos foliares através de cortes ou pastejo, pode provocar morte de raízes e afetar a perenidade das plantas desfolhadas (Ma et al., 2020, Venter et al., 2020).

Apesar de apresentar efeito quadrático, os resultados encontrados revelam que quando as plantas de capim-Marandu sofreram uma desfolhação muito severa, a massa de raiz aumenta de forma linear, visto que o menor valor de massa de raiz foi registrado no dia 0. Assim, é provável que as raízes das plantas com corte muito intenso tenham interrompido seu crescimento nos primeiros dias após rebrota, apresentando menor valor comparativamente às raízes de plantas que sofreram os demais cortes avaliados. Adicionalmente, neste experimento, os resultados revelam que quando sofrem um corte muito severo, as raízes do capim-Marandu têm o crescimento reduzido, visto que aos 7 dias de rebrota apresentaram menor massa de raiz quando comparadas às demais intensidades de corte aplicadas. Gomide et al. (2019) relataram redução de 17% na massa de raiz do capim BRS Zuri (*Megathyrus maximus* cv. Zuri) sete dias após o desfolhamento a 15 cm, enquanto plantas que foram cortadas a 30 cm não apresentaram redução na massa radicular. Os autores ainda revelaram que aos 14 dias de rebrota, independentemente da altura que o capim BRS Zuri foi cortado, a massa de raiz foi maior

do que no dia do corte de uniformização, resultado semelhante ao que foi encontrado neste trabalho (Tabela 3).

Até os 14 dias de rebrota, o capim-Marandu desfolhado com intensidade leniente apresentou maior massa radicular, o que pode ser explicado pela maior quantidade de folhas presente na massa de resíduo (Tabela 2). A maneira que as plantas absorvem a energia luminosa disponível é modificada após cortes ou pastejo, assim, juntamente com a redução da capacidade fotossintética, existe redução no desenvolvimento da massa radicular (Irving & Mori, 2020; Mori & Irving, 2022). Além disso, segundo Barthelemy et al. (2019), a redução na massa de raízes após desfolhação pode ser o resultado do fluxo de energia direcionado para o crescimento da parte desfolhada, bem como da mortalidade das raízes após a remoção de parte da área foliar como parte da estratégia da planta forrageira superar o estresse.

Segundo García-Favre et al (2021a; 2021b), plantas que possuem mais desfolhações dentro de um intervalo de tempo tendem a diminuir seu volume de raiz. Neste experimento não foi encontrado efeito da altura de corte no volume de raízes do capim-Marandu, o que pode ser explicado pelo fato de ter sido feito apenas um corte e acompanhado seu desenvolvimento ao longo do tempo.

O crescimento de raízes após o corte de uniformização, identificado através do aumento da massa radicular, levou ao aumento do volume de raízes até os 21 dias de rebrota. Aos 28 dias de rebrota, a redução do volume de raiz concomitantemente à elevação da massa radicular pode estar relacionada à produção de compostos neste órgão, aumentando, assim, sua densidade, sem modificar o volume. Dessa forma, o capim-Marandu, aos 28 dias de rebrota, apresenta raízes mais finas e mais densas, devido ao aumento da espessura da parede celular e ao acúmulo de compostos de reserva.

A distribuição e espessura de raízes ao longo do perfil do solo estão relacionadas com a demanda por água e nutrientes, onde raízes finas geralmente possuem função de captação, enquanto raízes grossas, de sustentação (Huot et al., 2020). Dessa maneira, pesquisas que envolvem o sistema radicular devem ser baseadas não apenas na massa total de raízes, mas no conjunto entre raízes localizadas em diferentes estratos do solo, que desempenham funções diferentes na planta (Fort et al., 2017; Klimesova et al. 2018).

Proteína e amido na massa residual e raízes

A concentração total de proteína em colmos da massa de resíduo do capim-Marandu foi influenciada pela interação entre altura de resíduo e os dias de rebrota

(Tabela 5). A concentração total de proteínas em plantas com corte muito severo não foi influenciada pelos dias de rebrota, apresentando valor médio de $11,30 \text{ mg.g}^{-1}$, já quando desfolhadas de forma severa, moderada e leniente, apresentou aumento linear com o aumento dos dias de rebrota (Figura 4). Assim, à exceção das plantas que foram desfolhadas de forma muito severa, verificou-se que, mesmo investindo na formação de novas estruturas devido ao corte, está havendo um acúmulo de proteínas nos colmos ao longo do período de rebrota e essas proteínas podem servir como fonte de nitrogênio para a planta após cortes subsequentes.

De modo geral, plantas que foram desfolhadas a uma intensidade leniente apresentaram maior concentração total de proteína em colmos da massa residual, quando comparadas com as demais intensidades de desfolhação estudadas neste trabalho. Apesar desse resultado ser esperado, devido ao maior tamanho do colmo nas plantas com maior altura de resíduo, observou-se que essas diferenças passam a ser mais evidentes a partir dos 21 dias de rebrota (Tabela 5). Até este momento, as plantas com desfolhação muito severa, severa e moderada têm concentrações de proteínas semelhantes, independentemente do tamanho do colmo, ao mesmo tempo, em que não houve diferença entre a desfolhação moderada e leniente. Ao final do período de rebrota (28 dias), a diferença foi significativa, de forma que, quanto menor foi a intensidade de desfolhação, maior foi a concentração de proteínas encontrada nos colmos. Isso reforça a ideia de manutenção de reservas de nitrogênio para suprir e tolerar melhor cortes subsequentes, principalmente em plantas com maior resíduo.

Tabela 5. Concentração de proteínas nos colmos de capim-Marandu submetido a diferentes intensidades de desfolhação: muito severa (5 cm), severa (10 cm), moderada (15 cm) e leniente (20 cm), e sua distribuição em cada fração (0-5; 5-10; 10-15; e 15-20 cm) ao longo do período de rebrota.

Alturas de resíduo	Estratos (cm)	Período de rebrota					Efeito	
		0	7	14	21	28	L	Q
5 cm	0-5	10,7	6,9	12,6	12,8	13,3	NS	NS
	Soma	10,7 _b	6,9 _c	12,6 _b	12,8 _c	13,3 _d		
10 cm	0-5	10,6	5,5	12,4	8,7	10,1	**	NS
	5-10	8,5	11,7	7,7	13,3	12,6		
	Soma	19,1 _b	17,2 _b	20,1 _b	22,0 _b	22,7 _c		
15 cm	0-5	10,1	8,2	10,0	7,7	9,2	**	NS
	5-10	8,5	8,1	9,0	7,68	11,0		
	10-15	7,5	8,4	9,4	12,89	11,8		
	Soma	26,2 _{ab}	24,8 _b	28,5 _{ab}	28,3 _b	32,0 _b		
20 cm	0-5	10,2	5,7	7,7	7,1	7,6	**	NS
	5-10	8,5	9,9	9,1	7,6	11,0		
	10-15	7,5	10,2	10,0	12,5	15,0		
	15-20	7,1	11,3	10,4	12,5	18,5		
	Soma	33,3 _a	37,2 _a	32,4 _a	39,9 _a	52,3 _a		
EPM		1,75						

EPM: Erro padrão da média. NS: Não Significativo. Para a concentração de proteína (soma dos estratos referente a cada altura de resíduo), médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

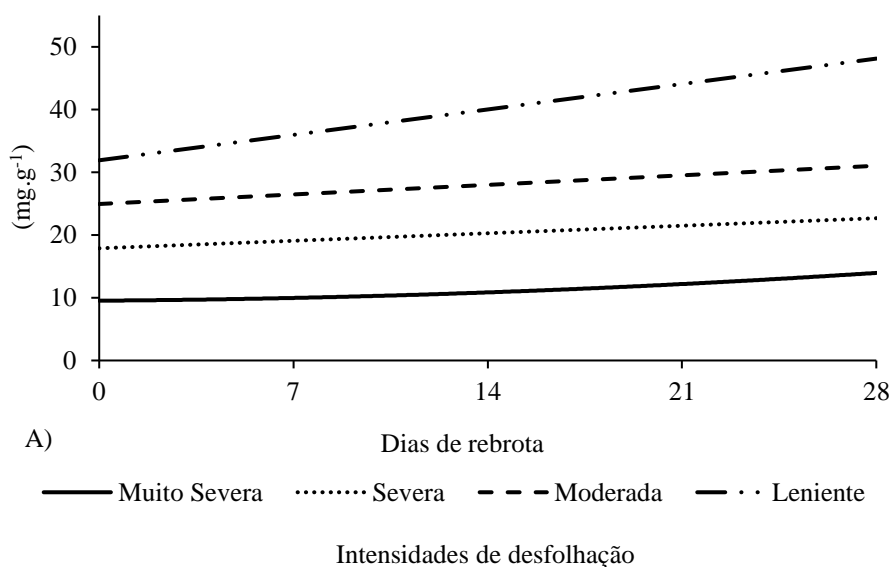


Figura 4. Concentração de proteína total nos colmos da massa residual de capim-Marandu após desfolhação em diferentes intensidades, ao longo do período de rebrota.

Equações de regressão: $\hat{Y}_{\text{Muito severa}} = 11,30$; $\hat{Y}_{\text{Severa}} = 17,884 + 0,1713x$ ($R^2 = 73,62$); $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = 24,946 + 0,2178x$ ($R^2 = 76,66$); $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = 31,914 + 0,5791x$ ($R^2 = 78,05$).

Não houve efeito de interação entre as alturas de resíduo e os dias de rebrota na concentração de proteína nas raízes do capim-Marandu (Figura 5). A desfolhação em diferentes intensidades não interferiu na concentração de proteína das raízes, apresentando valor médio de $9,07 \text{ mg.g}^{-1}$. Houve um efeito quadrático dos dias de rebrota sobre a concentração de proteínas na raiz, cujo menor valor foi registrado aos 16 dias, apresentando valor de $6,54 \text{ mg.g}^{-1}$.

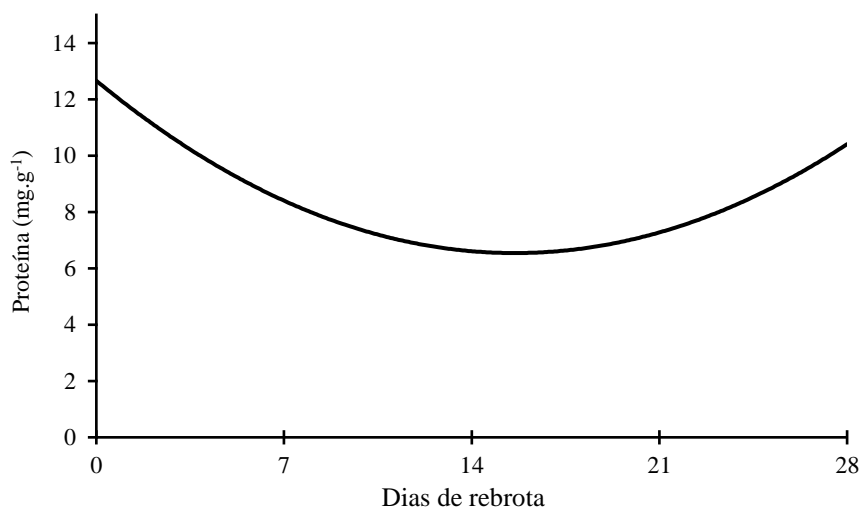


Figura 5. Concentração de proteínas em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

*Equação de regressão $\hat{Y} = 0,0251x^2 - 0,7842x + 12,66$ ($R^2 = 82,29$).

Houve efeito de interação entre as alturas de resíduo e os dias de rebrota para a concentração total de amido em colmos da massa residual do capim-Marandu (Tabela 6). Após o corte de uniformização, plantas que foram desfolhadas de forma muito severa, severa, moderada e leniente, apresentaram valor mínimo de concentração total de amido aos 15, 17, 21 e 19 dias de rebrota, com concentrações de amido de $1,86$; $2,75$; $6,46$ e $6,03 \text{ mg.g}^{-1}$, respectivamente (Figura 6). Isso mostra a utilização das reservas de amido para a recuperação após corte nos primeiros dias de rebrota.

De forma geral, plantas de capim-Marandu que foram desfolhadas de forma moderada e leniente apresentaram maior concentração total de amido quando comparadas às plantas que foram desfolhadas de modo intenso e muito intenso.

Tabela 6. Concentração de amido em estratos e concentração total (soma dos estratos) da massa de resíduo de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Alturas de resíduo	Estratos (cm)	Dias de rebrota					Efeito	
		0	7	14	21	28	L	Q
-----mg.g ⁻¹ -----								
5 cm	0-5	6,5	2,2	1,8	3,6	4,8	NS	**
	Soma	6,5 d	2,2 c	1,8 c	3,6 c	4,8 c		
10 cm	0-5	6,5	1,9	2,0	1,8	4,6	NS	**
	5-10	7,5	2,7	2,2	2,1	1,6		
	Soma	14,0 c	4,6 b	4,1 b	3,9 c	6,2 c		
15 cm	0-5	6,5	1,7	3,6	3,1	3,7	NS	**
	5-10	7,5	3,6	3,2	2,6	2,2		
	10-15	7,4	4,7	2,5	1,8	1,3		
	Soma	21,4 b	10,0 a	9,3 a	7,5 a	7,2 b		
20 cm	0-5	6,5	2,1	3,5	3,9	4,0	NS	**
	5-10	7,5	3,0	1,8	2,1	2,2		
	10-15	7,4	2,3	1,5	1,8	1,5		
	15-20	6,9	2,8	1,2	1,1	1,3		
Soma	28,4 a	10,3 a	8,4 a	9,0 a	9,0 a			
EPM		0,319						

Erro padrão da média. Para o amido total (soma dos estratos referente a cada altura de resíduo), médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

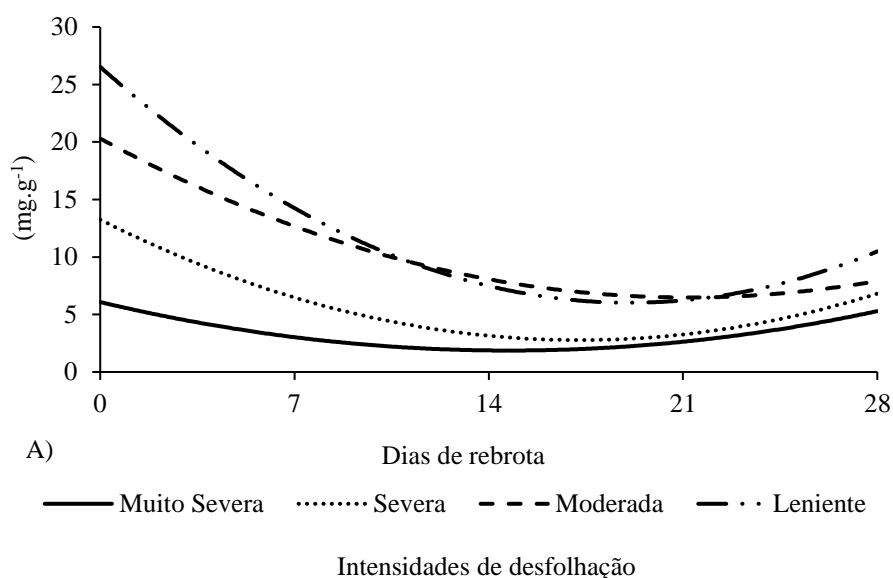


Figura 6. Concentração total de amido da massa de resíduo de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Equações de regressão: $\hat{Y}_{\text{Muito severa}} = 6,0781 - 0,5722x + 0,0194x^2$ ($R^2 = 87,03$); $\hat{Y}_{\text{Severa}} = 13,248 - 1,2125x + 0,0351x^2$ ($R^2 = 92,01$); $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = 20,3 - 1,3058x + 0,0308x^2$ ($R^2 = 91,70$); $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = 26,537 - 2,1489x + 0,0563x^2$ ($R^2 = 89,99$).

O *pool* (mg.vaso^{-1}) de amido foi influenciado pelo efeito da interação entre as alturas de resíduo e os dias de rebrota (Tabela 7). Independentemente do avanço dos dias de rebrota, o maior *pool* de amido foi registrado em plantas que foram cortadas a 20 cm. (Figura 7)

Tabela 7. *Pool* de amido em colmos da massa residual do capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Intensidade de desfolhação	<i>Pool</i> de amido (g.vaso^{-1})					Efeito	
	Dias de rebrota					L	Q
	0	7	14	21	28		
Muito severa	7,6 _c	4,4 _c	5,5 _c	11,4 _b	15,9 _b	NS	**
Severa	13,7 _b	6,2 _{bc}	8,2 _{bc}	11,5 _b	16,8 _b	NS	**
Moderada	18,4 _{ab}	10,2 _{ab}	12,8 _{ab}	13,9 _b	17,1 _{ab}	NS	**
Leniente	19,9 _a	13,6 _a	16,1 _a	19,1 _a	22,1 _a	NS	**
EPM	0,998						

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). EPM: Erro padrão da média. NS: Não significativo ** Significativo a 1%.

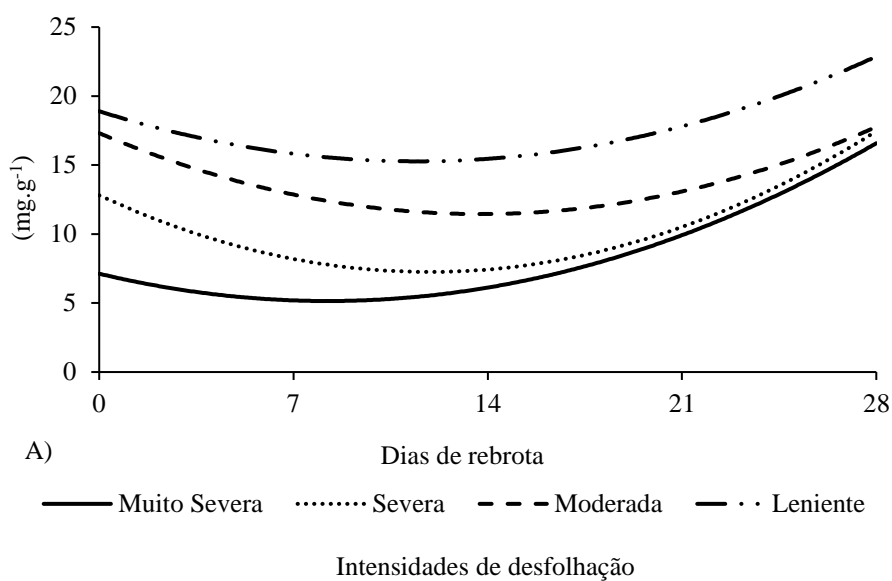


Figura 7. *Pool* de amido em colmos da massa residual do capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota

Equações de regressão $\hat{Y}_{\text{Muito severa}} = 0,0292x^2 - 0,4812x + 7,1279$ ($R^2 = 95,66$), $\hat{Y}_{\text{Severa}} = 0,0393x^2 - 0,9349x + 12,814$ ($R^2 = 90,70$), $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = 0,0311x^2 - 0,8536x + 17,314$ ($R^2 = 74,60$), $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = 0,0277x^2 - 0,6349x + 18,904$ ($R^2 = 80,55$). Os valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

A concentração de amido nas raízes de capim-Marandu não apresentou efeito de interação entre as alturas de resíduo e os dias de rebrota (Figuras 8A e B). Com o aumento dos dias de rebrota, a concentração de amido nas raízes aumentou de forma linear, com acréscimo de $0,164 \text{ mg.g}^{-1}$ a cada dia. As raízes das plantas que tiveram desfolhação leniente (20 cm) apresentaram maiores valores de concentração de amido quando comparadas às que tiveram desfolhação muito severa, porém, não diferiu das plantas que foram desfolhadas de forma severa e moderada (10 e 15 cm).

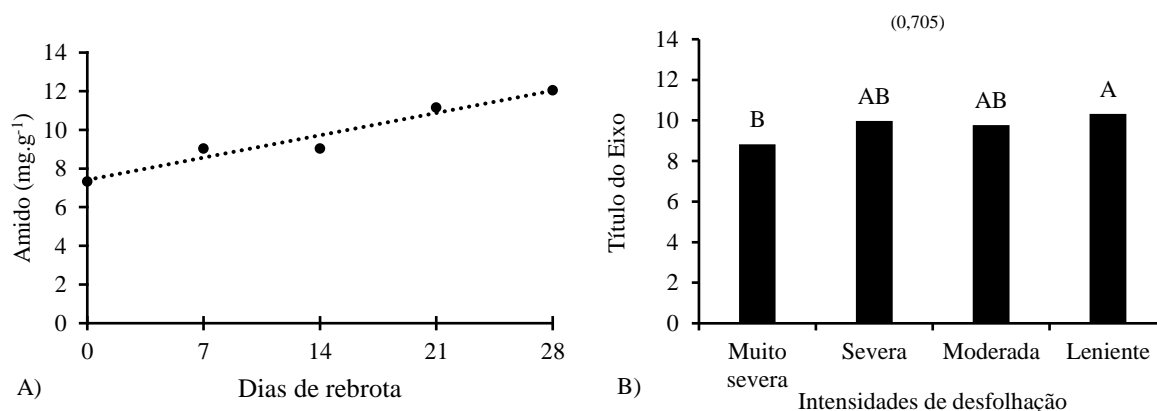


Figura 8. Concentração (A e B) de amido em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Para cada característica, barras seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Equações de regressão: $\hat{Y} = 0,1649x + 7,412$ ($R^2 = 94,44$).

Houve efeito de interação entre as alturas de resíduo e os dias de rebrota para o *pool* de amido em raízes de capim-Marandu (Tabela 8). Nas plantas cortadas com intensidade severa, moderada e leniente, o *pool* de amido nas raízes aumentou linearmente, nas plantas cortadas com intensidade muito severa, a menor concentração ($35,8 \text{ mg.g}^{-1}$) foi registrada aos 5 dias de rebrota (Figura 9). Apesar de se apresentar maior nas raízes de plantas cortadas de forma leniente nos dias de rebrota 7 e 21, o *pool* de amido não foi diferente entre as alturas de resíduo após 28 dias de rebrota.

Tabela 8. *Pool* de amido em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Intensidade de desfolhação	<i>pool</i> de amido (g.vaso ⁻¹)					Efeito	
	Dias de rebrota					L	Q
	0	7	14	21	28		
Muito severa	29,6	23,1 _b	40,4 _a	62,6 _b	101,7 _a	NS	**
Severa	29,6	34,9 _{ab}	51,4 _a	90,1 _{ab}	104,8 _a	**	NS
Moderada	29,6	36,7 _{ab}	51,1 _a	92,0 _a	102,9 _a	**	NS
Leniente	29,6	54,3 _a	63,0 _a	109,2 _a	114,2 _a	**	NS

EPM

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: Erro padrão da média. NS: Não significativo ** Significativo a 1%.

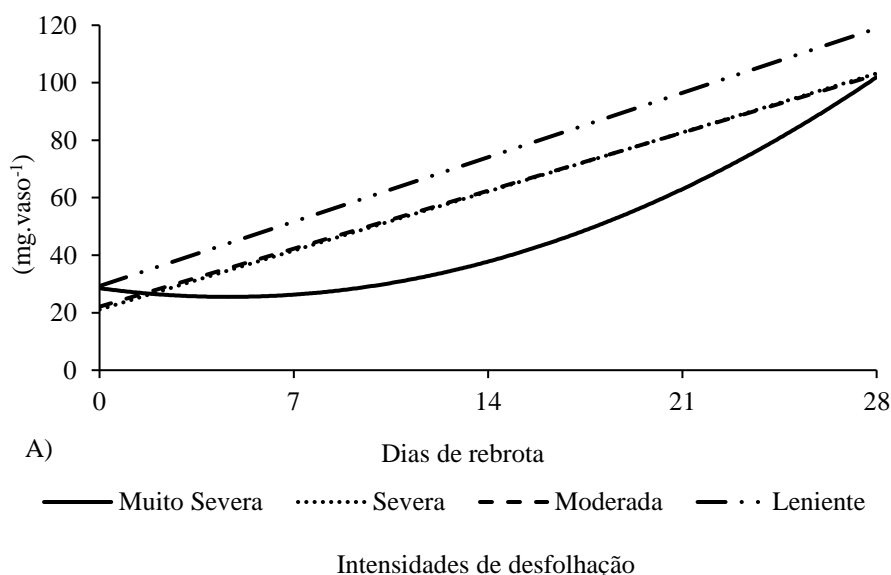


Figura 9. *Pool* de amido em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Equações de regressão: $\hat{Y}_{\text{Muito severa}} = 0,14x^2 - 1,298x + 28,516$ ($R^2 = 99,55$), $\hat{Y}_{\text{Severa}} = 2,9345x + 21,074$ ($R^2 = 93,53$), $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = 2,8816x + 22,097$ ($R^2 = 93,03$), $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = 3,2004x + 29,266$ ($R^2 = 94,12$). Os valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

As reservas orgânicas de plantas forrageiras são compostas por proteínas e carboidratos que podem ser utilizados pela planta forrageiras em situações de estresse (Jing et al., 2020; Machado et al., 2020) e suas concentrações podem variar de acordo com a espécie e com o ecossistema em que a planta está inserida (Cooley et al., 2020, Carvalho et al. 2021; 2022). Assim, fatores como temperatura, disponibilidade de água, pastejo e adubação nitrogenada interferem no padrão acúmulo de reservas de plantas forrageiras, podendo acarretar danos ou benefícios para o sistema de pastagem. Portanto, entender o funcionamento da fisiologia de gramíneas durante a rebrota ajuda a elaborar

metas de manejo do pastejo que possam garantir a persistência e sustentabilidade do sistema (Paraiso et al., 2019).

Neste trabalho, durante o período de rebrota, houve aumento linear na concentração de amido nas raízes (Figura 8 A), enquanto as proteínas reduziram até os 16 dias de rebrota (Figura 5). Ao mesmo tempo, na massa residual de colmos, a concentração de amido reduziu até por volta dos 18 dias após corte, independentemente da altura de resíduo (Tabela 6), enquanto as concentrações de proteínas aumentaram linearmente com o aumento dos dias de rebrota, à exceção das plantas desfolhadas de forma muito severa. Esses resultados corroboram a ideia de Volenec e Nelson (2020) de que as reservas orgânicas armazenadas no colmo e raízes reduzem após a desfolhação para sustentar a rebrota de plantas forrageiras. Entretanto, parece haver, primeiramente, uma preferência do capim-Marandu em utilizar o amido armazenado nos colmos e as proteínas das raízes para a recuperação durante a rebrota, as quais são utilizadas até que as plantas possam recuperar seu potencial fotossintético e que voltem produzir e armazenar proteínas e carboidratos nas raízes e colmos.

A partição de moléculas orgânicas que foram armazenadas depende do mecanismo fonte e dreno, onde folhas fotossinteticamente ativas são fonte de energia, enquanto órgão de reserva são drenos, revertendo a situação após a desfolha, onde raízes e colmos residuais passam a ser fonte de energia para a rebrota (Taiz et al., 2017; Silva et al., 2021). A redução do amido no resíduo do capim-Marandu indica que essas plantas utilizaram, principalmente, os carboidratos disponíveis no colmo, que passaram a ser fonte de energia após o corte, reduzindo sua concentração total até os 18 dias de rebrota (Tabela 6). Segundo Hoogsteen et al. (2020), os carboidratos de reserva são usados primeiramente para restauração da área foliar e crescimento vegetativo da planta. Alderman et al. (2011) relataram que durante 2 semanas existe mobilização de reservas de carboidratos dos colmos para a rebrota do Tifton 85, e que após a restauração das folhas fotossinteticamente ativas passam a ser acumulados novamente como resultado do excedente de fotoassimilados produzidos durante a fotossíntese.

Alexandrino et al. (2008) avaliaram as reservas orgânicas do capim-Marandu após corte em 10 cm de altura e relataram que existe remobilização das reservas de nitrogênio da base do colmo para o crescimento da área desfolhada nos primeiros dias de rebrota. As proteínas armazenadas nos colmos do resíduo do capim-Marandu não foram afetadas durante o crescimento da parte aérea, visto que aumentaram seus valores com o aumento dos dias de rebrota. No entanto, ao se observar a concentração de proteínas no estrato de

0-5 cm, das quatro diferentes alturas avaliadas, notou-se que existe uma redução numérica entre o dia 0 e dia 7 após rebrota. Essa redução é seguida por um aumento na concentração de proteína no 14º dia de rebrota, estabilizando em seguida. Isto indica que as raízes mobilizaram as reservas armazenadas para a restauração da área que foi desfolhada, visto que houve redução da concentração de proteína nas raízes até os 15º dias de rebrota.

Frações da bainha foliar possuem maior concentração de proteínas quando comparadas a porções localizadas na base do colmo, já que o nitrogênio durante a rebrota é direcionado para os meristemas que estão em desenvolvimento para restauração de área foliar após a desfolhação (Alderman et al., 2011; Lu et al., 2018). Dessa maneira, nas plantas desfolhadas a 10, 15 e 20 cm de altura de resíduo, o que contribuiu para os maiores valores na concentração total de proteínas nos colmos da massa residual foi a presença de frações menos fibrosas localizadas acima da altura de 5 cm de resíduo. A concentração de reservas de proteínas está ligada diretamente aos níveis de adubação nitrogenada adotados no manejo da pastagem (Faria et al., 2019; Silva et al., 2016). Dessa forma, como foi adotado um único nível de adubação nitrogenada, sendo aplicado em uma única dose, os efeitos concebidos neste estudo são resultantes, principalmente, da diferença da intensidade de desfolhação. Sabe-se que as reservas de nitrogênio são mobilizadas dos órgãos de reserva para auxiliar o processo de rebrota de gramíneas desfolhadas, no entanto, seus processos fisiológicos ainda não são claramente elucidados (Cabral et al., 2021). Assim, necessita-se de mais pesquisas envolvendo a fisiologia de plantas forrageiras sob diferentes tipos de manejo, visto que modificações dos mecanismos de distribuição de fotoassimilados podem prejudicar a perenidade da planta no sistema.

Segundo Silva et al. (2014), em desfolhações severas, que resultam em menores alturas de resíduo, as raízes atuam como principais órgãos fornecedores de energia que estava armazenada. No entanto, independentemente da altura de resíduo adotada, a concentração de amido nas raízes de capim-Marandu aumentou linearmente (Figura 8 A) com o passar dos dias de rebrota. Segundo Faria et al. (2019), a adubação nitrogenada feita no dia do corte de gramíneas forrageiras pode beneficiar a absorção do nitrogênio ao permitir que as plantas possam rebrotar sem grandes perdas na concentração de carboidratos nas raízes. Dessa forma, o carbono absorvido durante a rebrota do capim-Marandu parece ser mobilizado em direção às raízes como forma de estabelecer uma reserva de amido e ajudar na absorção do nitrogênio no solo, enquanto o amido já fixado nos colmos é utilizado para sustentar a rebrota.

Quando cortadas a alturas de resíduo maiores (20 cm), a concentração de amido nas raízes foi maior comparativamente às plantas que foram cortadas a uma altura de resíduo menor (Figura 8 B). Shepard et al. (2018) relataram maiores concentrações e *pool* de carboidratos em raízes de amendoim forrageiro que tiveram um corte residual de 8 cm, comparativamente às plantas que foram cortadas a 4 cm. Nesse sentido, a diminuição das reservas de carboidratos em órgãos de armazenamento pode contribuir para a redução na densidade de plantas e na persistência da pastagem (Pedreira et al., 2020).

No entanto, os resultados deste trabalho sugerem que o *pool* de amido nas raízes de capim-Marandu acompanhou o mesmo padrão de acúmulo de massa radicular, com valores semelhantes entre as alturas de resíduo aos 28 dias de rebrota.

De maneira geral, maiores alturas de resíduo beneficiaram a concentração total de proteínas (Tabela 5), amido (Tabela 5) e o *pool* de amido (Figura 7) no colmo da massa residual do capim-Marandu. Segundo Pereira et al., (2018), menor massa de resíduo, combinada com menor massa foliar residual, podem limitar o aparecimento de novos perfilhos, afetando negativamente a recuperação do dossel forrageiro, fazendo com que a rebrota seja mais dependente das reservas orgânicas, podendo afetar a persistência do dossel a longo prazo. Adicionalmente, Costa et al. (2021) relataram que gramíneas que sofrem desfolhações mais severas precisam de maiores períodos de rebrota para restaurar as reservas orgânicas.

Fracionamento de proteínas na massa de resíduo e raízes

Houve efeito de interação ($P < 0,05$) entre as alturas de resíduo e os dias de crescimento para a concentração total de albumina, prolamina e glutelina em colmos da massa residual do capim-Marandu (Tabela 9).

De maneira geral, as plantas de capim-Marandu que foram desfolhadas de modo leniente, independentemente do período de rebrota, apresentaram maiores valores de concentração total de albumina, prolamina e glutelina. Nas plantas desfolhadas de maneira muito severa, por sua vez, foram registrados os menores valores de concentração total nos colmos do resíduo, independentemente do período de rebrota.

Tabela 9. Concentração total de Albumina, Prolamina e Gutelina em colmos da massa residual de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Intensidade de desfolhação	Albumina (mg.g ⁻¹)					Efeito	
	Dias de rebrota					L	Q
	0	7	14	21	28		
Muito severa	6,7 _c	2,7 _b	5,1 _b	5,2 _b	7,1 _c	NS	*
Severa	11,6 _{bc}	7,0 _b	9,9 _{ab}	11,0 _b	13,0 _b	*	**
Moderada	16,0 _{ab}	7,7 _b	11,1 _a	11,7 _{ab}	15,4 _b	NS	**
Leniente	19,2 _a	14,8 _a	10,0 _{ab}	17,4 _a	24,5 _a	**	**
EPM*	1,169						
Intensidade de desfolhação	Prolamina (mg.g ⁻¹)					Efeito	
	Dias de rebrota					L	Q
	0	7	14	21	28		
Muito severa	0,5 _c	0,6 _c	1,0 _c	1,0 _c	1,1 _d	**	NS
Severa	1,2 _{bc}	0,8 _{bc}	1,4 _{bc}	1,5 _{bc}	2,5 _c	**	**
Moderada	1,8 _{ab}	1,6 _{ab}	2,2 _b	2,3 _b	4,5 _b	**	**
Leniente	2,3 _a	1,8 _a	3,7 _a	3,9 _a	7,9 _a	**	**
EPM	0,180						
Intensidade de desfolhação	Glutelina (mg.g ⁻¹)					Efeito	
	Dias de rebrota					L	Q
	0	7	14	21	28		
Muito severa	2,4 _b	1,7 _d	3,2 _c	3,4 _c	4,0 _c	**	NS
Severa	4,5 _b	4,9 _c	5,4 _c	5,6 _c	5,5 _c	*	NS
Moderada	6,8 _a	9,7 _b	10,0 _b	8,5 _b	8,0 _b	NS	**
Leniente	9,0 _a	14,3 _a	14,3 _a	13,8 _a	14,3 _a	**	**
EPM	0,431						

Para cada grupo de proteína, médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). EPM: Erro padrão da média. NS: Não significativo. * Significativo a 5%. ** Significativo a 1%.

Sob uma intensidade de desfolhação muito severa e severa, houve uma redução da concentração total de albumina até os dias 12 dias, apresentando valores mínimos de 4,0 e 8,8 mg.g⁻¹, respectivamente. Quando desfolhadas sob uma intensidade moderada e leniente, a concentração total de albumina reduziu até os 14 e 12 dias, apresentando valores mínimos de 9,1 e 12 mg.g⁻¹, respectivamente (Figura 10).

A concentração total de prolamina nos colmos da massa residual do capim-Marandu aumentou linearmente durante os dias de rebrota, quando desfolhados com uma intensidade muito severa; já quando a desfolhação foi severa ou moderada, houve redução da concentração de prolamina até o sétimo dia de rebrota, apresentando valores de 0,96 e 1,56 mg.g⁻¹, respectivamente. Sob uma desfolhação leniente, a concentração de prolamina reduziu até o quinto dia de rebrota, apresentando valor mínimo de 2,02 mg.g⁻¹ (Figura 11).

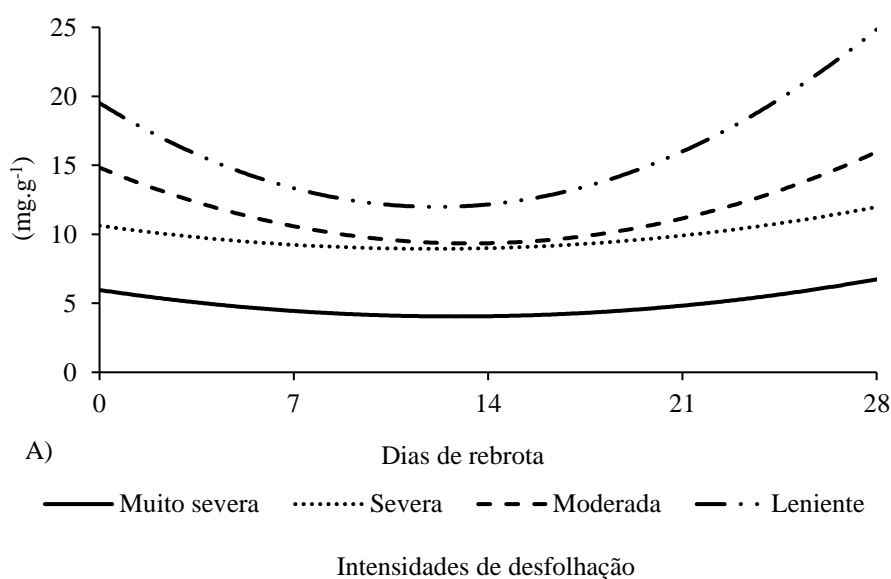


Figura 10. Concentração total de albumina (mg.g^{-1}) em colmos da massa residual de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Equações de regressão: $\hat{Y}_{\text{Muito Severa}} = 6,03 - 0,339x + 0,014x^2$ ($R^2 = 63,5$), $\hat{Y}_{\text{Severa}} = 10,7 - 0,371x + 0,017x^2$ ($R^2 = 69,1$), $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = 0,0308x^2 - 0,8226x + 14,831$ ($R^2 = 71,39$), $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = 0,0511x^2 - 1,2396x + 19,51$ ($R^2 = 92,19$).

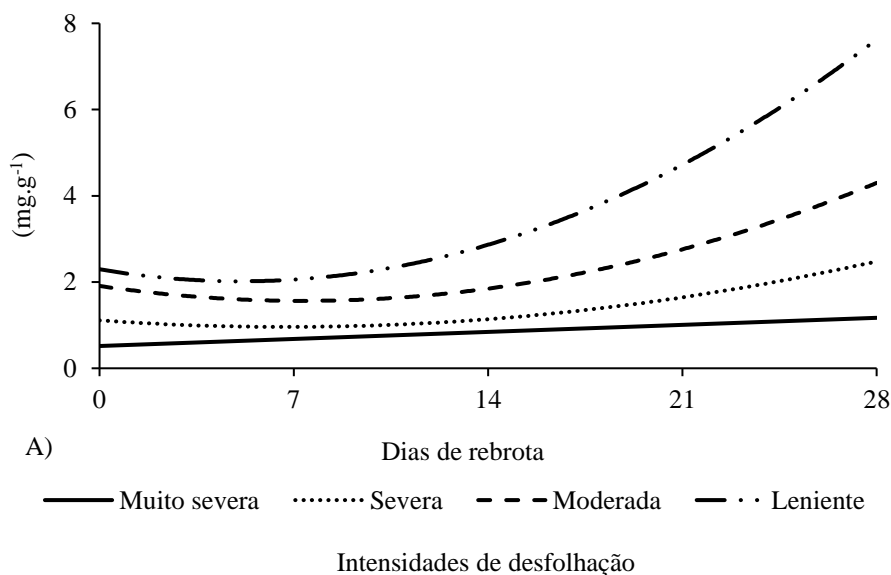


Figura 11. Concentração total de prolamina (mg.g^{-1}) em colmos da massa residual de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Equações de regressão: $\hat{Y}_{\text{Muito Severa}} = 0,0234x + 0,5163$ ($R^2 = 91,56$), $\hat{Y}_{\text{Severa}} = 0,0034x^2 - 0,045x + 1,1112$ ($R^2 = 94,01$), $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = 0,0064x^2 - 0,0943x + 1,9097$ ($R^2 = 93,15$), $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = 0,0107x^2 - 0,1089x + 2,2955$ ($R^2 = 93,29$).

Sob uma intensidade de desfolhação muito severa e severa, a concentração de glutelina em colmos da massa residual aumentou de forma linear com o passar dos dias de rebrota. Quando houve uma desfolhação moderada e leniente, a concentração de prolamina aumentou até os dias 14 e 18 dias de rebrota, apresentando valores máximos de 9,8 e 15,0 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente (Figura 12).

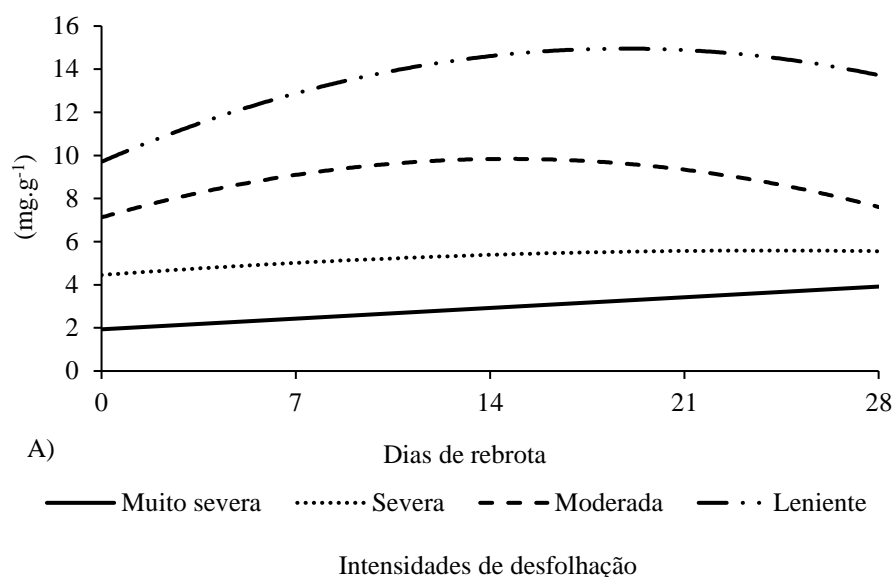


Figura 12. Concentração total de Glutelina ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) em colmos da massa residual de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Equações de regressão: $\hat{Y}_{\text{Muito severa}} = 0,0708x + 1,9331$ ($R^2 = 75,90$), $\hat{Y}_{\text{Severa}} = 0,0395x + 4,6428$ ($R^2 = 83,38$), $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = -0,0126x^2 + 0,3697x + 7,1243$ ($R^2 = 79,74$), $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = -0,0148x^2 + 0,5566x + 9,706$ ($R^2 = 80,87$).

Não houve efeito de interação entre as intensidades de desfolhação e dias de rebrota para a concentração total de globulina nos colmos da massa residual. Independentemente da intensidade de desfolhação, houve aumento da concentração de globulina, apresentando valor máximo de $4,15 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ após 17 dias de rebrota (Figura 13 A). Quando desfolhados sob uma intensidade leniente, colmos de capim-Marandu apresentaram maior concentração de globulina, quando comparados às demais intensidades avaliadas (Figura 13 B)

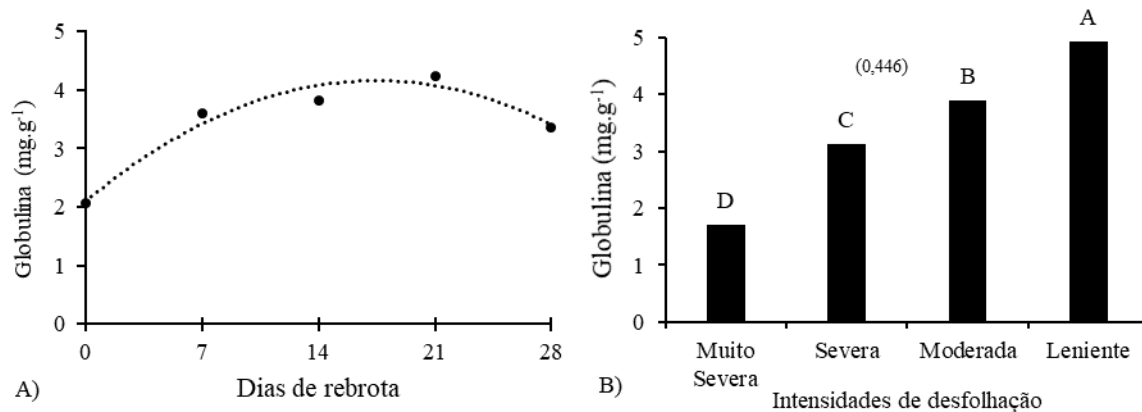


Figura 13. Concentração total de Globulina (mg.g⁻¹) em colmos da massa residual de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Equações de regressão: $\hat{Y} = 2,11 + 0,236x - 0,0068x^2$ ($R^2 = 95,5$). O valor entre parêntesis corresponde ao erro padrão da média.

A concentração de albumina, globulina e glutelina em raízes de capim-Marandu não foi afetada pelas intensidades de desfolhação, apresentando valores de 4,52, 0,70 e 3,23 mg.g⁻¹ de MS, respectivamente. No entanto, foram afetadas pelos dias de rebrota (Figura 14). Aos 15 dias de rebrota, as concentrações médias de albumina, globulina e glutelina atingiram menor valor, sendo registrados 2,90, 0,45 e 2,54 mg.g⁻¹, respectivamente.

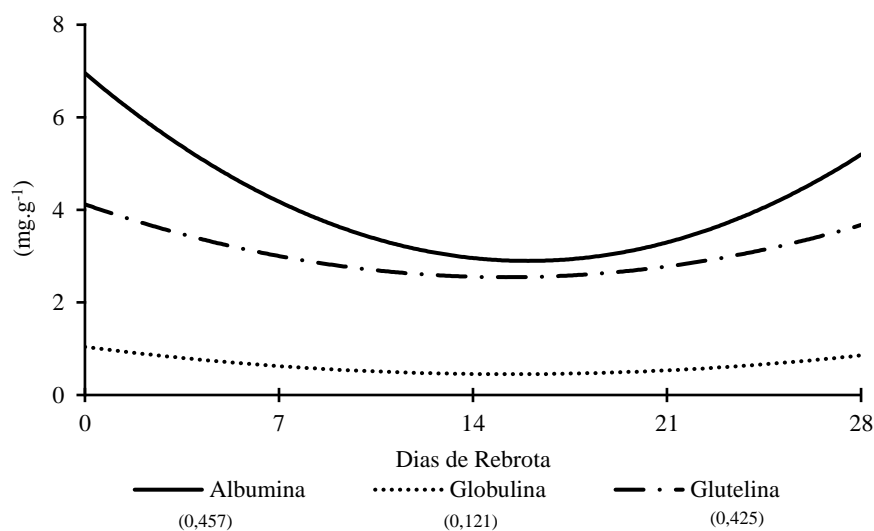


Figura 14. Concentração de albumina, globulina e glutelina em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Equações de regressão: Albumina: $\hat{Y} = 0,0159x^2 - 0,5078x + 6,9539$ ($R^2 = 94,46$), Globulina: $\hat{Y} = 0,0025x^2 - 0,077x + 1,04$ ($R^2 = 86,49$). Glutelina: $0,0068x^2 - 0,2074x + 4,1188$ ($R^2 = 60,65$).

Houve efeito de interação entre as alturas de resíduo e os dias de rebrota para a concentração de prolamina em raízes de capim-Marandu (Tabela 10). Nas plantas desfolhadas sob intensidade muito severa e severa não houve alteração na concentração de prolamina com o passar dos dias de rebrota, apresentando valor de 0,47 e 0,49 mg.g⁻¹, respectivamente. Nas plantas desfolhadas de maneira moderada, a concentração de prolamina nas raízes aumentou de forma linear, enquanto nas que sofreram desfolhação leniente, reduziu até o segundo dia de rebrota, atingindo valor mínimo de 0,39 mg.g⁻¹ de prolamina (Figura 15).

Entre as intensidades de desfolhação, não houve diferença na concentração de prolamina nas raízes, até os 14 dias de rebrota. Após 21 dias de rebrota, plantas que foram desfolhadas de modo leniente apresentaram maior valor de prolamina. Adicionalmente, aos 28 dias de rebrota, plantas que foram desfolhadas com menor intensidades obtiveram maior concentração de prolamina nas raízes.

Tabela 10. Concentração de prolamina em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Intensidade de desfolhação	Prolamina (mg.g ⁻¹)					Efeito	
	Dias de rebrota					L	Q
	0	7	14	21	28		
Muito severa	0,4 _a	0,5 _a	0,6 _a	0,5 _b	0,4 _b	NS	NS
Severa	0,4 _a	0,4 _a	0,5 _a	0,7 _{ab}	0,4 _b	NS	NS
Moderada	0,4 _a	0,6 _a	0,8 _a	0,9 _{ab}	1,0 _a	**	NS
Leniente	0,4 _a	0,5 _a	0,5 _a	1,0 _a	1,3 _a	**	**
EPM	0,210						

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). EPM: Erro padrão da média. NS: Não significativo ** Significativo a 1%.

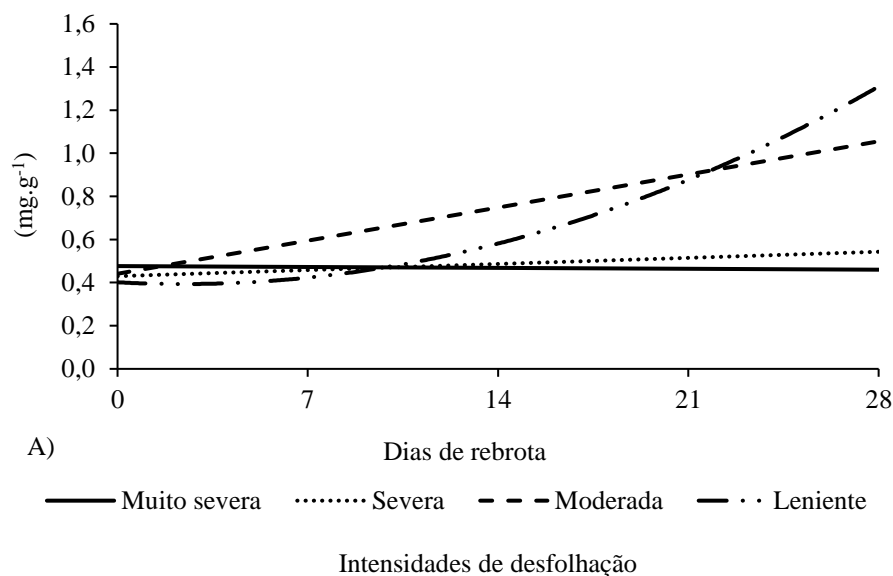


Figura 15. Concentração de Prolamina em raízes de capim-Marandu submetido a intensidades de desfolhação, ao longo do período de rebrota.

Equações de regressão: $\hat{Y}_{\text{Muito severa}} = 0,47$; $\hat{Y}_{\text{Severa}} = 0,49$; $\hat{Y}_{\text{Moderada}} = 0,0219x + 0,4412$ ($R^2 = 95,68$); $\hat{Y}_{\text{Leniente}} = 0,0324x + 0,2645$ ($R^2 = 86,18$). O valor entre parênteses corresponde ao erro padrão da média.

Fisiologicamente, grupos de diferentes proteínas desempenham diferentes papéis em espécies de plantas. Segundo Taiz et al. (2017), podem atuar como moléculas estruturais ou participar no transporte de assimilados, bem como atuar como reserva de nitrogênio. Essas reservas, juntamente com as reservas de carbono, são utilizadas pela planta principalmente para suportar os períodos de estresse.

De maneira geral, os colmos da massa residual das plantas desfolhadas sob uma intensidade leniente apresentaram maiores concentrações de proteína total (Tabela 5), bem como as concentrações de albumina, prolamina, glutelina (Tabela 9) e globulina (Figura 12 B). Este fato está relacionado à presença da fração de 15-20 cm presentes no resíduo das plantas desfolhadas de forma leniente, que, somadas aos demais estratos, elevam o valor da concentração de proteínas nesta massa residual. Além disso, a fração de 15-20 cm apresenta uma grande quantidade de bainha foliar, bem como de colmos menos tenros, quando comparados aos estratos abaixo dessa fração. Dessa maneira, a maior concentração de proteína nos estratos superiores da massa de resíduo do capim-Marandu pode auxiliar na rebrota da planta visto que estão localizadas próximas às zonas meristemáticas, ajudando na recomposição da área desfolhada.

Segundo Osborne (1994), as proteínas de reservas vegetais podem ser classificadas quanto a sua solubilidade, onde as albuminas, globulinas, prolamina e

glutaminas são solúveis em água, solúveis em soluções salinas, álcool e soluções alcalinas, respectivamente. Essas proteínas são encontradas, geralmente, em grãos de cereais, oleaginosas, leguminosas, raízes de tuberosas e folhas de alfalfa, e podem atuar como fornecedores de energia no processo de germinação e formação inicial da planta (González-Pérez & Arellano, 2009). Nesse contexto, essas frações de proteínas também podem atuar como reservas de nitrogênio em plantas forrageiras, visto que foram encontradas concentrações, de todas as frações, na massa de resíduo, bem como nas raízes de capim-Marandu.

Independentemente da intensidade de desfolhação e do período de rebrota, as frações de albumina, globulina, prolamina e glutelina representaram 46%, 14%, 9% e 31% da proteína total na massa residual, respectivamente. Apesar da redução da albumina após a desfolhação, em qualquer intensidade (Tabela 9 e Figura 11), não foi suficiente para reduzir a concentração total de proteínas no colmo do resíduo, visto que estas aumentaram linearmente, exceto quando desfolhadas sob uma intensidade muito severa (Tabela 5). Isso é resultado do aumento nas frações de globulina (Figura 14 A) e glutamina (Figura 12), que são o segundo e o terceiro maior grupo encontrados na massa de resíduo de capim-Marandu. Assim, mesmo com a redução após desfolha da albumina, que é o maior grupo, a elevação nas concentrações de globulina e glutamina foram suficientes para que não houvesse redução da concentração total de proteínas nos colmos do resíduo após a desfolha.

Já nas raízes, as frações de albumina, globulina, prolamina e glutelina, representaram 50%, 8%, 7% e 36% da concentração total de proteína, respectivamente. Nesse compartimento, a fração de prolamina não reduziu após desfolhação, no entanto, não foi suficiente para que a concentração total de proteínas não diminuísse durante a rebrota, já que após a desfolhação houve redução nas frações de albumina, globulina e glutelina até os 15 dias de rebrota. Como as maiores frações de proteínas presentes nas raízes de capim-Marandu são albumina e glutelina, a redução delas contribuíram para a redução total da proteína na massa radicular (Figura 4).

Assim, com base nesses resultados é possível inferir que a albumina e glutelina são as principais frações proteicas utilizadas como reserva de nitrogênio, nos colmos da massa de resíduo e raízes do capim-Marandu.

Os resultados encontrados neste estudo levam a concluir que, após a desfolhação, a elevação de glutelina nos colmos da massa residual (Tabela 9 e Figura 13) pode ser um mecanismo do capim-Marandu para aumentar o potencial de emissão de folhas após a

rebrotas, visto que, segundo relatado por Seixas (2020), em folhas de capim-Marandu adubadas com 75 kg de N, a maior fração de proteína encontrada foi a de glutelina, seguida por albumina, globulina e prolamina.

As frações de albumina, globulina, prolamina e glutelina, além de serem utilizadas como proteínas de reserva na planta, principalmente de sementes e grãos, podem atuar na nutrição de ruminantes, visto que são grupos proteicos formados por aminoácidos essenciais (Aguirre Mancilla et al., 2020; Wadhwa et al., 2021). Segundo o que Wadhwa et al. (2010), a degradabilidade ruminal de globulina é mais alta, seguida por albumina, glutelina e prolamina, quando avaliaram o efeito de torta de sementes oleaginosas na nutrição de ruminantes.

Vale ressaltar que além das funções específicas das proteínas nos tecidos vegetais, elas também podem atuar como fontes de reserva de nitrogênio para a rebrota de plantas forrageiras, uma vez que, como foi verificado neste trabalho, houve uma variação em suas concentrações totais e frações ao longo do período de rebrota. Apesar de em alguns casos haver uma redução nos teores de proteínas nos primeiros dias de rebrota, a tendência a aumentar essas concentrações até os 28 dias demonstrou o aproveitamento do nitrogênio do solo fornecido pela adubação. Assim, as plantas com intensidades de desfolhação menores tendem a manter maiores concentrações de nitrogênio em suas estruturas, permitindo melhores condições de rebrota em cortes consecutivos.

V – CONCLUSÃO

O acúmulo dos componentes morfológicos é maior quando o capim-Marandu é desfolhado com intensidade moderada e leniente. A desfolhação nessas intensidades resulta em massa de resíduo com maior quantidade de folhas. Tanto as raízes quanto a base do colmo atuam como órgão de reservas orgânicas para sustentar a rebrota do capim-Marandu. Enquanto a base do colmo mobiliza reservas de amido, as raízes mobilizam as reservas de proteína. Assim, as reservas de carbono e nitrogênio atuam de maneira conjunta durante a rebrota do capim-Marandu. Adicionalmente, é possível inferir que a base do colmo é o principal fornecedor de carbono e principal armazenador de proteína, enquanto as raízes são as principais fontes de nitrogênio

Sob uma desfolhação muito severa, o capim-Marandu reduz o acúmulo de raízes durante os primeiros dias após rebrota. Além disso, sob essa intensidade de desfolhação existe maior uso das reservas de amido para sustentar a rebrota, direcionadas principalmente através da massa de colmos do resíduo.

As frações proteicas albumina, globulina, prolamina e glutelina são armazenadas em colmos e raízes de capim-Marandu e são utilizadas para a rebrota da planta após desfolhação. A albumina e glutelina são, quantitativamente, as maiores frações proteicas localizadas em órgãos de reserva do capim-Marandu.

Todas as quatro frações proteicas mencionadas estão envolvidas no processo de recuperação da área foliar após desfolhação. No entanto, a glutelina é a principal proteína envolvida na emissão de novas folhas durante a rebrota.

VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE-MANCILLA, C. L.; GODÍNEZ-GALÁN, R. Y.; RAYA-PÉREZ, J. C.; GUTIÉRREZ-BENICIO, G. M.; RAMÍREZ-PIMENTEL, J. G.; COVARRUBIAS-PRIETO, J.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, J. G. Protein content and quality of seeds in central mexican maize (*Zea mays*) accessions. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 52, n. 1, p. 14-25, 2020.

ALDERMAN, P. D.; BOOTE, K. J.; SOLLENBERGER, L. E.; COLEMAN, S. W. Carbohydrate and nitrogen reserves relative to regrowth dynamics of 'Tifton 85' bermudagrass as affected by nitrogen fertilization. **Crop science**, v. 51, n. 4, p. 1727-1738, 2011.

ALEXANDRINO, E.; MOSQUIM, P.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; VAZ, R.; DETMANN, E. Evolução da biomassa e do perfil da reserva orgânica durante a rebrotação da "Brachiaria brizantha" cv. Marandu submetida a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 2, p. 190-200, 2008.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248, 1976.

CABRAL, C. E.; MOTTA, A. M.; SANTOS, A. R.; GOMES, F. J.; PEDREIRA, B. C.; CABRAL, C. H. Effects of timing of nitrogen fertilizer application on responses by tropical grasses. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 9, n. 2, p. 182-191, 2021.

CARVALHO, A. L. S.; MARTUSCELLO, J. A.; ALMEIDA, O. G. D.; BRAZ, T. G. S.; CUNHA, D. N. F. V. D.; JANK, L. Production and quality of Mombaça grass forage under different residual heights. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, p. 143-148, 2017.

CARVALHO, B. H. R.; MARTUSCELLO, J. A.; ROCHA, G. O.; SILVA, N. A. M.; BORGES, G. S.; SANTOS, M. E. R. Tillering dynamics in spring and summer of marandu palisade grass pastures previously used under deferred grazing. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, p. 1422-1430, 2021.

CARVALHO, C. A. B.; SILVA, P. H. F.; ZANELLA, P. G.; DIAVÃO, J.; PAIVA, A. J. Morphogenetic and structural traits of tillers and herbage accumulation of Tanganyika grass under shading levels. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 23, p. 01-15, 2022.

COOLEY, K. D.; SOLLENBERGER, L. E.; KOHMANN, M. M.; BLOUNT, A. S.; DUBEUX JR, J. C.; SILVEIRA, M. L.; SILVA, L. S.; ARYAL, P. Rhizoma peanut herbage and root-rhizome responses to extended regrowth periods. **Crop Science**, v. 60, n. 5, p. 2802-2813, 2020.

COSTA JUNIOR, W. S.; ALEXANDRINO, E.; PAULA NETO, J. J.; REZENDE, J. M. Effect of post-grazing residual leaf blade-length on the regrowth vigor of Piatã grass

grazed under intermittent stocking. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 271-282, 2019.

COSTA, N. L.; JANK, L.; MAGALHÃES, J. A.; BENDAHAN, A. B.; RODRIGUES, B. H. N.; SANTOS, F. J. S. Forage productivity and chemical composition of *Panicum maximum* cv. Mombaça under defoliations intensities and frequencies. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, 2021.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAN, M. L. (Eds.). **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. v.1, p.477-512.

FARIA, D. A.; AVELINO, A. C. D.; CABRAL, C. E. A.; ABREU, J. G.; BARROS, L. V.; CABRAL, C. H. A.; DANTAS, V. G. V.; GUARNIERI, S. F.; BEHLING NETO, A.; ASSIS, L. M. B. Investigating the optimal day for nitrogen fertilization on Piatã palisadegrass and Quênia guineagrass after defoliation. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 34, n. 6, p. 1-11, 2019.

FORT, F.; VOLAIRE, F.; GUILIONI, L.; BARKAOUI, K.; NAVAS, M. L.; ROUMET, C. Root traits are related to plant water-use among rangeland Mediterranean species. **Functional Ecology**, v. 31, n. 9, p. 1700-1709, 2017.

GARCÍA-FAVRE, J.; LÓPEZ, I. F.; CRANSTON, L. M.; DONAGHY, D. J.; KEMP, P. D. The Growth Response of Pasture Brome (*Bromus valdivianus* Phil.) to Defoliation Frequency under Two Soil-Water Restriction Levels. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 300, 2021a.

GARCÍA-FAVRE, J.; ZHANG, Y.; LÓPEZ, I. F.; DONAGHY, D. J.; CRANSTON, L. M.; KEMP, P. D. Decreasing Defoliation Frequency Enhances *Bromus valdivianus* Phil. Growth under Low Soil Water Levels and Interspecific Competition. **Agronomy**, v. 11, n. 7, p. 1333, 2021b.

GONZÁLEZ-PÉREZ, S.; ARELLANO, J.B. Vegetable protein isolates, Editor(s): G.O. Phillips, P.A. Williams, In: **Handbook of Hydrocolloids** (Second Edition), Woodhead Publishing, 2009, cap. 15, pages 383-419,

HUOT, C.; ZHOU, Y.; PHILP, J. N.; DENTON, M. D. Root depth development in tropical perennial forage grasses is related to root angle, root diameter and leaf area. **Plant and Soil**, v. 456, n. 1, p. 145-158, 2020.

IRVING, L. J.; MORI, S. Effects of Light, N and Defoliation on Biomass Allocation in *Poa annua*. **Plants**, v. 10, n. 9, p. 1783, 2021.

JING, Q.; QIAN, B.; BÉLANGER, G.; VANDERZAAG, A.; JÉGO, G.; SMITH, W.; GRANT, B.; SHANG, J.; LIU, J.; HE, W.; BOOTE, K.; HOOGENBOOM, G. Simulating alfalfa regrowth and biomass in eastern Canada using the CSM-CROPGRO-perennial forage model. **European Journal of Agronomy**, v. 113, p. 125971, 2020.

KLIMEŠOVÁ, J.; MARTÍNKOVÁ, J.; OTTAVIANI, G. Belowground plant functional ecology: towards an integrated perspective. **Functional Ecology**, v. 32, n. 9, p. 2115-2126, 2018.

LIU, Y.; YANG, X.; TIAN, D.; CONG, R.; ZHANG, X.; PAN, Q.; SHI, Z. Resource reallocation of two grass species during regrowth after defoliation. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1767, 2018.

LU, X., JI, S., HOU, C., QU, H., LI, P., AND SHEN, Y. Impact of root C and N reserves on shoot regrowth of defoliated alfalfa cultivars differing in fall dormancy. **Grassland Science**, v. 64, n. 2, p. 83-90, 2018.

MA, Z.; CHANG, S. X.; BORK, E. W.; STEINAKER, D. F.; WILSON, S. D.; WHITE, S. R.; CAHILL JR, J. F. Climate change and defoliation interact to affect root length across northern temperate grasslands. **Functional Ecology**, v. 34, n. 12, p. 2611-2621, 2020.

MACHADO, V. D.; FONSECA, D. M.; LIMA, M. A.; MARTUSCELLO, J. A.; PACIULLO, D. S.; CHIZZOTTI, F. H. Grazing management strategies for *Urochloa decumbens* (Stapf) R. Webster in a silvopastoral system under rotational stocking. **Grass and Forage Science**, v. 75, n. 3, p. 266-278, 2020.

MEDICA, J. A. S.; REIS, N. S.; SANTOS, M. E. R. Caracterização morfológica em pastos de capim-marandu submetidos a frequências de desfolhação e níveis de adubação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, 2017a.

MEDICA, J. A. S.; SANTOS, M. E. R., REIS, N. S.; SILVA, N. A. M.; FERREIRA, J. G. Índice de horizontalidade e remoção de tecidos do capim-marandu. **Ciencia animal brasileira**, v. 18, 2017b.

MOOT, D. J.; BLACK, A.; LYONS, E.; EGAN, L. M.; HOFMANN, R. Pasture resilience reflects differences in root and shoot responses to defoliation, and water and nitrogen deficits. **Research and Practice**, v. 17, n.1, p. 331-340, 2021.

MORI, S.; IRVING, L. J. Defoliation affects the root competitive balance for N between *Poa annua* plants grown in a split-root box. **Grassland Research**, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2022.

OSBORNE, T. B. **The vegetable proteins**. 2.ed. London: Longmans Green and company. 1924, p.154.

PARAISO, I. G.; SILVA, D. S.; CARVALHO, A. P. S.; SOLLENBERGER, L. E.; PEREIRA, D. H.; EUCLIDES, V. P.; PEDREIRA, B. C. Herbage accumulation, nutritive value, and organic reserves of continuously stocked 'Ipyporã' and 'Mulato II' brachiariagrasses. **Crop Science**, v. 59, n. 6, p. 2903-2914, 2019.

PEDREIRA, C. G.; SILVA, V. J.; FERRAGINE, M. D.; BOUTON, J. H.; TONATO, F.; OTANI, L.; BASTO, D. C. Validating the NAAIC alfalfa grazing tolerance standard test and assessing physiological responses to grazing in a tropical environment. **Crop Science**, v. 60, n. 3, p. 1702-1710, 2020.

PEREIRA, L. E. T.; PASSOS, B. S. A.; HERLING, V. R.; LUZ, P. H. C.; AVANZI, J. C. Morphological adaptations of signal grass in response to liming and cutting severities. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, p. 673-682, 2018.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação**. Viçosa, 1999.

SEIXAS, A. A. **Metabolismo de carboidratos e proteínas: efeito da adubação nitrogenada e da desfolha no capim-Marandu**. 2020. 129p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Itapetinga.

SHEPARD, E. M.; SOLLENBERGER, L. E.; KOHMANN, M. M.; SILVA, L. S.; DUBEUX, J. C.; VENDRAMINI, J. M. Phenotypic plasticity and other forage responses

to grazing management of Ecoturf rhizoma peanut. **Crop Science**, v. 58, n. 5, p. 2164-2173, 2018.

SILVA, P. H. F.; SALES, T. B.; LEMOS, M. F.; SILVA, M. D. C.; RIBEIRO, R. E. P.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V. D. Tall and short-sized elephant grass genotypes: morphophysiological aspects cut-and-carry, and grazing management. **Ciência Rural**, v. 51, n. 9, p. 1-9, 2021.

SILVA, S. C.; PEREIRA, L. E. T.; SBRISSIA, A. F.; HERNANDEZ-GARAY, A. Carbon and nitrogen reserves in marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, n. 8, p. 1449-1463, 2014.

SILVA, V. J.; PEDREIRA, C. G.; SOLLENBERGER, L. E.; SILVA, L. S.; YASUOKA, J. I.; ALMEIDA, I. C. Carbon assimilation, herbage plant-part accumulation, and organic reserves of grazed 'Mulato II' brachiariagrass pastures. **Crop Science**, v. 56, n. 5, p. 2853-2860, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 848p.

VENTER, Z. S.; HAWKINS, H. J.; CRAMER, M. D. Does defoliation frequency and severity influence plant productivity? The role of grazing management and soil nutrients. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 38, n. 2, p. 141-156, 2021.

VOLENEC, J. J.; NELSON, C. J. Carbon Metabolism in Forage Plants. In: Moore, K. J.; Collins, M.; Nelson, C. J.; Redfearn, D. D. (Ed.). **Forage: The Science Of Grassland Agriculture**. Croydon: Willey Blackwell, 2020. cap. 4, p. 65-84.

WADHWA, M.; KAUR, N.; BAKSHI, M. P. S. Degradability of Protein Fractions of Conventional and Non-conventional Protein Supplements. **Animal Nutrition and Feed Technology**, v. 10, n. 2, p. 235-243, 2010.

WADHWA, M.; SAINI, J. K.; BAKSHI, M. P. S. Utilization of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) pomace in the ration of goats. **Animal Nutrition and Feed Technology**, v. 21, n. 2, p. 315-326, 2021.