

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL

**ANÁLISE DE CRESCIMENTO E VALOR PROTÉICO DE
CULTIVARES DE SORGO**


VANEZA DE SÁ TEIXEIRA

Manaus, AM

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL

**ANÁLISE DE CRESCIMENTO E VALOR PROTÉICO DE
CULTIVARES DE SORGO**

The seal of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central figure of a woman's face, possibly representing a personification of the Amazon region, surrounded by a laurel wreath. Above the face are three stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written in a circle around the top, and "IN UNIVERSA SCIEN" is visible at the bottom. The seal is rendered in a light gray, semi-transparent style.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Orientadora: Prof^a. Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino

Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Jacobs Dias

Manaus, AM

2017

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

T266a Teixeira, Vaneza de Sá
Análise de crescimento e valor protéico de cultivares de sorgo /
Vaneza de Sá Teixeira. 2017
57 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Sônia Maria Figueiredo Albertino
Coorientador: Fábio Jacobs Dias
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade
Federal do Amazonas.

1. Sorgum bicolor. 2. fotossíntese. 3. parâmetros fisiológicos. 4.
proteína bruta. I. Albertino, Sônia Maria Figueiredo II. Universidade
Federal do Amazonas III. Título

VANEZA DE SÁ TEIXEIRA

**ANÁLISE DE CRESCIMENTO E VALOR PROTÉICO DE
CULTIVARES DE SORGO**

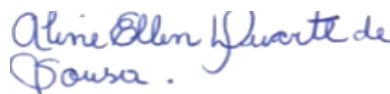
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração Produção Vegetal.

Aprovada em 27 de abril de 2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino, Presidente
Universidade Federal do Amazonas



Prof^a. Dra. Aline Ellen Duarte de Sousa, Membro
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Ernesto Oliveira Serra Pinto, Membro
Universidade Federal do Amazonas

DEDICATÓRIA

A minha querida filha Amanda, pela compreensão da minha
ausência neste período de pesquisa;

A minha família, aos meus irmãos e em especial a minha
querida mãe, pelo apoio, palavras de conforto encorajamento e
orações, e por estar presente em todos os momentos da minha
vida;

A todos, que de certa forma, ajudaram-me, apoiaram-me,
incentivaram-me.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me conceder essa oportunidade, pois sei que é uma parte do seu propósito em minha vida, sem ele nada poderia fazer.

À minha família que mesmo com a distância, sempre me apoiou, me deu palavras de incentivo e força para concluir este estudo.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical pela possibilidade de realização do mestrado.

À Comissão de aperfeiçoamento de pessoal do nível superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

À professora Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino, por aceitar ser minha orientadora, pela confiança depositada, pelos ensinamentos, pela sua generosidade e paciência, minha gratidão.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Fábio Jacobs Dias pelos ensinamentos e contribuição para realização deste trabalho.

Ao professor Dr. José Ferreira da Silva pelo suporte e logística para realização de uma parte das análises laboratoriais.

À todos os colegas da Pós Graduação e a equipe do LCPD (Anselmo Ferreira, Francisco Martins, Ajax Souza, Vilson Rocha, Bruna Nogueira, Gabriela Ferreira, Laís Alves, Fábio Souza) pelo apoio e ajuda nos momentos necessários.

Aos meus queridos David Marialva, Edson Costa e Oscarina Batalha pela ajuda nas análises laboratoriais.

À todos que contribuíram para a minha formação, tanto pessoal quanto profissional.

RESUMO

Um método bastante usado para compreender a dinâmica da produção vegetal é a análise de crescimento, que detalha as mudanças morfofisiológicas em função do tempo mediante o acúmulo de matéria seca. Estudos sobre análise de crescimento em plantas forrageiras ajudam a entender os efeitos das estratégias de manejo empregadas sob diversas condições de meio. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes morfofisiológicos por meio da análise de crescimento e do teor de proteína bruta de quatro cultivares de sorgo (BRS 800, BRS 802, BRS 810 e Qualimax). A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação no Campus da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), no período de março a agosto de 2016. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x7, constituídos de 4 cultivares de sorgo e 7 períodos de avaliação que corresponderam a 14, 28, 42, 56, 70, 84 e 98 dias após a emergência (DAE). Neste estudo foram avaliados: altura da planta, área foliar, peso da matéria seca da parte aérea, índice de área foliar, razão de área foliar, área foliar específica, razão de peso foliar, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo e também o valor proteico das cultivares. BRS 810 e Qualimax se destacou das demais cultivares quanto ao índice de área foliar, razão de área foliar, área foliar específica e taxa de crescimento relativo, sendo uma boa opção forrageira. BRS 800 apresentou a maior taxa assimilatória líquida, o que lhe confere a melhor eficiência fotossintética. Todas as cultivares apresentaram teores de proteína bruta entre 11% a 15%, o que atende às exigências nutricionais dos animais. As cultivares de sorgo devem ser utilizadas em estádios de crescimento próximos aos 50 dias, para obtenção de maior produção de forragem.

Palavras-chave: *Sorgum bicolor*; fotossíntese; parâmetros fisiológicos; proteína bruta.

ABSTRACT

A widely used method to understand the dynamics of crop production is the growth analysis, which details the morphological and physiological changes as a function of time through the accumulation of dry matter. Studies on growth analysis in forage plants help to understand the effects of management strategies employed under various medium conditions. In this sense, the objective of this work was to evaluate the morphophysiological components through growth analysis and crude protein content of four sorghum cultivars (BRS 800, BRS 802, BRS 810 and Qualimax). The research was conducted in a greenhouse at the Campus of the Federal University of Amazonas (UFAM) from March to August 2016. The experimental design Project was completely randomized in a factorial scheme 4x7, consisting of 4 sorghum cultivars and 7 evaluation periods Which corresponded to 14, 28, 42, 56, 70, 84 and 98 days after the emergency (AED). In this study, plant height, leaf area, shoot dry matter weight, leaf area index, leaf area ratio, specific leaf area, leaf weight ratio, net assimilation rate, relative growth rate, and Protein value of the cultivars. BRS 810 and Qualimax obtained the highest leaf aerial index with maximum values at 63 DAE. BRS 810 and Qualimax stood out from the other cultivars regarding leaf area index, leaf area ratio, specific leaf area and relative growth rate, being a good forage option. BRS 800 presented the highest net assimilation rate, which gives it the best photosensitive efficiency. All cultivars presented crude protein contents between 11% and 15%, which meets the nutritional requirements of the animals. Sorghum cultivars should be used in growth stages close to 50 days, in order to obtain higher forage production.

Keywords: *Sorghum bicolor*; photosynthesis; physiological parameters; crude protein.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do experimento, Manaus, 2016.....	22
Figura 2. Índice de área foliar de quatro cultivares de sorgo em função de dias após a emergência.....	32
Figura 3. Razão de área foliar das cultivares de sorgo em função de dias após a emergência...	33
Figura 4. Área foliar específica das cultivares de sorgo em função de dias após a emergência	35
Figura 5. Razão de peso foliar das cultivares de sorgo em função de dias após a emergência. .	37
Figura 6. Taxa assimilatória líquida das cultivares de sorgo em função de dias após a emergência.....	39
Figura 7. Taxa de crescimento relativo das cultivares de sorgo em função de dias após a emergência.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química das amostras do solo, na profundidade de 0-20 cm, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM, 2016.	23
Tabela 2. Acúmulo de matéria seca da parte aérea (MPSA) (g.cm^{-2}) de quatro cultivares de sorgo em sete períodos de avaliação, Manaus, 2016.	28
Tabela 3. Área foliar (dm^{-2}) de quatro cultivares de sorgo em sete períodos de avaliação, Manaus, 2016.	30
Tabela 4. Altura da planta (cm) de quatro cultivares de sorgo em sete períodos de avaliação, Manaus, 2016.	30
Tabela 5. Média de proteína bruta de quatro cultivares de sorgo, aos 56 DAE Manaus, 2016.	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	11
2.1	Geral.....	11
2.2	Específicos	11
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1	Características gerais do sorgo.....	12
3.2	Fenologia e estádios de desenvolvimento do sorgo	14
3.3	Análise de crescimento	16
3.4	Valor nutritivo da forragem	20
4	MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1	Localização	22
4.2	Preparo do solo, calagem e adubação	22
4.3	Delineamento experimental e tratamentos.....	23
4.4	Condução do experimento	23
4.5	Avaliações de crescimento.....	24
4.6	Características morfofisiológicas.....	24
4.7	Nitrogênio total e proteína bruta	26
4.8	Análise estatística	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6	CONCLUSÃO.....	44
7	REFERÊNCIAS	45
	ANEXOS.....	53

1 INTRODUÇÃO

Na pecuária brasileira, a maioria dos sistemas de produção de ruminantes, são baseados na utilização extensiva de pastagens. O sistema de manejo a pasto é considerado a forma mais prática e econômica de alimentação, pois é fonte de nutrientes e, às vezes, o único alimento fornecido aos animais (DIAS et al., 2008, RIBAS e MACHADO, 2010). No entanto, é altamente influenciado pelos efeitos edafoclimáticos, visto que, estes ocasionam sazonalidade forrageira concentrando aproximadamente 80% da produção no período das águas e 20% no período seco (EUCLIDES et al., 2007).

A baixa disponibilidade e qualidade das forragens são fatores que contribuem para redução da produção animal. Isto decorre devido a menor ingestão de matéria seca, digestibilidade e valor nutritivo do alimento ingerido (HABIB et al., 2016). Nesse contexto, o uso de forragem cultivada pode reduzir o efeito sazonal na produtividade e na qualidade das pastagens, aumentando a eficiência e a sustentabilidade produtiva e econômica da atividade pecuária (RIBAS e MACHADO, 2010). Existem várias espécies forrageiras anuais que podem ser usadas nos sistemas de produção a pasto de forma a complementar a alimentação no período de escassez.

O sorgo é uma dessas espécies que tem se destacado como forrageira resistente aos fatores ambientais adversos. Apresenta elevada produção de matéria seca por área e bom valor nutritivo. Além de ser tolerante ao estresse hídrico, produzindo grãos após período de estiagem (PEDREIRA et al., 2003; MACEDO et al., 2012).

O cultivo do sorgo está em expansão no Brasil e seu uso é difundido na alimentação animal na forma de silagem, corte verde e pastejo, além da produção de grãos, que podem ser utilizados na alimentação de ruminantes e monogástricos (RIBAS, 2010).

Atualmente, no mercado nacional estão disponíveis cultivares de sorgo adaptados a diversas condições climáticas. No entanto, a idade fisiológica e a fertilidade do solo associadas às condições de ambiente às quais a plantas estão submetidas influenciam o seu crescimento e valor nutritivo (ZANINE e SANTOS, 2005).

Um método bastante usado para compreender a dinâmica da produção vegetal é a análise de crescimento, que detalha as mudanças morfofisiológicas em função do tempo mediante acúmulo de matéria seca. Esta determinação é importante, uma vez que, as folhas são as principais responsáveis pela captação de energia luminosa e pela produção de biomassa por meio da fotossíntese (SEVERINO et al., 2004; CONCENÇO et al., 2011).

Entre os nutrientes limitantes à produção animal, os compostos nitrogenados assumem prioridade durante o período seco do ano, quando os baixos teores na pastagem limitam a atividade dos microrganismos ruminais, afetando a digestibilidade e o consumo de forragem, o que pode acarretar baixo desempenho animal (SILVA, 2009). Como há diferenças genéticas e adaptativas entre as espécies forrageiras disponíveis, torna-se importante a busca por materiais cada vez mais adaptados, produtivos e de boa qualidade.

Pesquisas sobre o crescimento do sorgo e diferenças fenológicas e nutricionais entre as cultivares ainda são escassas, tendo em vista que a espécie ainda é pouco difundida como alternativa forrageira para corte e pastejo no Amazonas. Portanto, torna-se relevante a busca por informações para selecionar as melhores cultivares com base no seu potencial agrônomo e valor nutritivo, afim de auxiliar nas estratégias de manejo que garantam melhores índices de produção animal ao longo do ano.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os componentes morfofisiológicos por meio da análise de crescimento e o teor de proteína bruta de quatro cultivares de sorgo para pastejo.

2.2 Específicos

Analisar os índices de crescimento das cultivares de sorgo em diferentes intervalos de tempo;

Quantificar o teor de proteína bruta das cultivares de sorgo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Características gerais do sorgo

O sorgo é uma planta da família Poaceae, gênero *Sorghum* e espécie *Sorghum bicolor* L. Moench. Originário da África, foi introduzido no Brasil no século XX, apresentava como principais estados produtores Goiás e Minas Gerais. Trata-se de uma espécie tropical de dias curtos exigente em clima quente, cuja temperatura ideal para seu desenvolvimento oscila entre 33 a 34°C, sendo sua produtividade afetada negativamente em temperaturas acima de 38°C e abaixo de 16°C (BARBOSA, 2007; MAGALHÃES et al., 2012).

É uma planta autógama, com baixa taxa de fecundação cruzada, apresenta metabolismo C4 com altas taxas fotossintéticas. A inflorescência é do tipo panícula, com eixo central ou raquis, que possui diversas formas, de acordo com as diferentes variedades. Devido as suas características xerofíticas e ao eficiente mecanismo morfológico, a planta de sorgo tem habilidade de se manter dormente durante o período de seca, restabelecendo seu crescimento imediato após condições favoráveis (MAGALHÃES et al., 2012; VON PINHO et al., 2014).

Segundo a FAO (2012), o sorgo é considerado o quinto cereal mais produzido no mundo, depois do milho, trigo, arroz e cevada. Seu cultivo vem ganhando destaque, pois ocorre numa ampla faixa de latitude, mesmo onde outros cereais têm produção antieconômica, como em regiões muito quentes, muito secas ou, ainda, onde ocorrem veranicos (MAGALHÃES et al., 2011).

O sorgo é classificado quanto as características agronômicas em 5 tipos: forrageiro, utilizado na produção de silagem; sacarino para produção de açúcar e etanol; granífero para produção de grão, adaptado à colheita mecânica; corte e pastejo usado para pastejo extensivo e o tipo usado para produção de vassouras. A diferença entre eles está na altura e proporção

de colmo, folhas e panícula, o que reflete na produtividade, na composição bromatológica e no valor nutritivo da planta (MACHADO, 2009; VON PINHO et al., 2014).

A cultura do sorgo possui características semelhantes a do milho na sua composição química e no seu valor nutritivo, porém, apresentam vantagens quanto à exigência em fertilidade do solo, resistência a estiagem, tolerância a pragas e doenças, perfilhamento obtendo boa capacidade de rebrota (PINTO, 2008).

A cultura do sorgo ainda apresenta baixos níveis de produtividade no território nacional, sendo assim, pesquisas vêm desenvolvendo híbridos com alta produtividade de forragem e grãos. Deste modo, a escolha do genótipo mais adequado é fundamental para o estabelecimento de um sistema de produção mais eficiente. A eficiência da seleção do material genético pode ser reforçada pela observação de um conjunto de informações para a cultura no interior de cada região (PINHO et al., 2015).

Dentre as cultivares de sorgo disponíveis no mercado, o uso de híbridos simples tem predominado. Esses materiais apresentam ampla adaptabilidade e estabilidade de produção. Características como altura da planta, diâmetro do colmo e ângulo foliar são utilizadas no intuito de selecionar cultivares adaptados a cada região, assegurando boa produtividade (PORTUGAL et al., 2003; TARDIN et al., 2012).

O programa de melhoramento genético de plantas forrageiras desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo, lançou no mercado vários híbridos de sorgo para corte e pastejo na alimentação de ruminantes, entre eles o BRS 800, BRS 802 e BRS 810 são alternativas para sistemas de produção de forragem à disposição dos pecuaristas.

O BRS 800 apresenta produção de forragem de alto valor nutritivo, velocidade de crescimento e grande capacidade de perfilhamento e de rebrota, apresenta alta tolerância à seca e a temperaturas elevadas. Sua eficiência está comprovada na alimentação de bovinos de

leite e corte, podendo ser utilizado como pastejo direto, fenação, corte verde, silagem pré-secada e formação de palhada (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2010).

O BRS 802 apresenta alto potencial de produção de matéria seca em cortes ou rebrotas sucessiva, podendo alcançar produtividade superiores a 20 ton/ha⁻¹ de matéria seca. Apresenta fácil estabelecimento a partir de semente de alto poder germinativo e vigor, rápido crescimento e extraordinária capacidade de rebrota e perfilhamento. Já o BRS 810 tem ciclo anual, desenvolvendo-se durante a estação do verão e alcança de 1,5 a 3,7 m de altura. Apresenta alta capacidade de rebrota, alto valor nutritivo, sendo adaptada à produção de biomassa sob condições de estresse ambiental (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2010).

O sorgo qualimax proveniente da empresa AGROCERES, é um sorgo muito utilizado para produção de silagem, resistente ao tombamento, tem ciclo semi precoce, alta resistência às principais doenças da cultura do sorgo, alta capacidade de rebrota podendo ser utilizado para pastejo (AGROCERES, 2016).

Para corte verde, o ponto ideal de colheita do sorgo é quando a planta atinge o estágio de emborrachamento ou idade de 50 a 55 dias pós-semeadura. Para pastejo e fenação, esse ponto ideal está entre 0,80 m a 1,00 m de altura. Sendo assim, o conhecimento do padrão diferencial de acúmulo de matéria seca e de nutrientes, durante o ciclo da cultura do sorgo, permite avaliar as necessidades de adequadas práticas de manejo (RIBAS, 2010; MAGALHÃES et al., 2012).

3.2 Fenologia e estádios de desenvolvimento do sorgo

A fenologia das plantas refere-se ao estudo das suas fases de desenvolvimento e permite compreender a relação entre as características morfológicas e fisiológicas e os fatores do ambiente, especialmente os de ordem climática (VENTURA et al., 2009).

A descrição fenológica constitui-se em ferramenta eficaz no manejo da cultura, já que possibilita identificar, por meio da observação dos caracteres morfológicos da planta, os eventos fisiológicos que se destacam em cada estágio de desenvolvimento, os quais se associam a uma série de necessidades do vegetal, que, uma vez atendidas, possibilitarão o normal desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, bons rendimentos (PEIXOTO et al., 2011).

Segundo Von Pinho (2014), o ciclo do sorgo pode ser dividido em três fases: vegetativa, reprodutiva e período de maturação dos grãos. A etapa de crescimento EC1 caracterizada pela germinação, aparecimento da plântula, crescimento das folhas e estabelecimento do sistema radicular fasciculado. A fase seguinte EC2 inicia-se quando o meristema apical diferencia-se em um meristema floral, e continua com o desenvolvimento da inflorescência até a antese. Nessa fase, há uma elongação rápida dos entrenós do colmo e grande expansão das folhas. A terceira etapa EC3 vai da floração à maturação fisiológica e senescência de parte das folhas.

Durante os primeiros 20 ou 30 dias após a emergência, as plantas crescem lentamente; depois, inicia-se o período de grande crescimento sendo compreendido entre 30 a 59 dias após a embebição da semente. Entre 30 e 40 dias da emergência inicia-se a fase de diferenciação floral, onde a planta deixa de produzir as partes vegetativas para formar partes reprodutivas, nesta fase o acúmulo de matéria seca são rápidos quase lineares. Após esse período, inicia-se a fase de emborrachamento onde há um rápido alongamento do colmo e da panícula, que se completa em torno dos 50 a 55 dias aproximadamente. Após a emissão da panícula, entre 60 a 70 dias após a emergência da planta, se dá o florescimento e aproximadamente aos 90 dias após a germinação, a planta atinge a maturidade fisiológica (MAGALHÃES et al., 2012; LOURENÇÃO e BAGEGA, 2012; VON PINHO, 2014).

3.3 Análise de crescimento

O termo análise de crescimento refere-se a séries de métodos quantitativos que descrevem e interpretam o desempenho de uma planta, crescendo sob condições naturais, ou controladas, dando uma aproximação explicativa, holística e integral para interpretar as formas e funções da planta (HUNT, 2003). O crescimento fundamenta-se na conversão da energia luminosa em energia química, cuja intensidade é proporcional à intercepção e captura da luz pelo dossel da cultura (GOMIDE e GOMIDE, 1999).

Dessa forma, a planta acumula biomassa durante o seu crescimento segundo o padrão sigmóide, no qual inicialmente se observa crescimento lento, seguido por uma fase de ganhos lineares e finalmente a fase de incrementos decrescentes. Este padrão da curva decorre do balanço entre disponibilidade e demanda de carbono experimentado pela planta (GOMIDE et al., 2003).

A análise de crescimento é ferramenta valiosa, que facilita a compreensão das adaptações morfofisiológicas das plantas às condições de meio e manejo a que são submetidas. O fundamento do método se baseia principalmente no fato de que cerca de 90% da matéria seca produzida pela planta ao longo do seu crescimento resulta da atividade fotossintética. Do ponto de vista agrônômico, a análise de crescimento serve para conhecer diferenças funcionais e estruturais entre cultivares de uma mesma espécie (BENINCASA, 2003).

Vários são os métodos utilizados atualmente para a determinação do crescimento vegetal em plantas, os quais podem ser destrutivos ou de laboratório em que se avalia o acúmulo de peso seco no tempo e não-destrutivos ou de campo em que se mede o aumento em altura, ou o índice de área foliar por meio de instrumentos (HUNT, 1990).

Para isto, são realizadas avaliações periódicas da quantidade de fitomassa produzida pela planta e suas estruturas (folhas, colmos, flores e grãos) e do tamanho da unidade fotossintetizante, área foliar durante o desenvolvimento da planta (BENINCASA 2003; TAIZ e ZEIGER 2009). Assim, tendo o conhecimento do peso seco total e os dados de área foliar, os índices de crescimento podem ser calculados através de fórmulas matemáticas de crescimento. Na análise de crescimento os principais parâmetros analisados são:

Índice de área foliar (IAF)

A área foliar de uma planta constitui sua matéria prima para fotossíntese e, como tal, é muito importante para a produção de carboidratos, lipídeos e proteínas. O índice de área foliar é determinado através da área da superfície total das folhas da planta por unidade de superfície de solo, mensura a intensidade de competição por luz entre plantas individuais, dentro de uma população. O índice de área foliar é um dado primário para o cálculo de outras características de análise de crescimento, o que permite ao pesquisador obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e interceptação da luz, sendo um atributo estreitamente relacionado com o manejo da pastagem e com a capacidade potencial de rebrota da forrageira, visto que trata-se de um dos fatores que determinam a produtividade. (CRESPO, 2002; BENINCASA, 2003; TAIZ E ZEIGER, 2009; KROSS et al., 2015; Barbero et al., 2013; LOPES e LIMA, 2015)

Matéria seca (MS)

A produção de matéria seca está diretamente relacionada aos processos de fotossíntese durante as fases de desenvolvimento das culturas. A captação de energia luminosa durante o crescimento das plantas e a redução do CO₂ atmosférico, através do processo fotossintético,

resulta na formação de compostos orgânicos essenciais ao acúmulo de sua biomassa, bem como à formação de novos tecidos. Com isso, o incremento de biomassa pode ser definido através de uma estrutura fisiológica simples, baseada na quantidade de radiação solar interceptada e na sua eficiência de conversão em matéria seca. Representa um dado primário para o cálculo de outras características de análise de crescimento (GARCIA et al., 2003; SEVERINO et al., 2004).

Taxa de crescimento da cultura (TCC)

A taxa de crescimento da cultura (TCC) é o acúmulo da massa seca com o tempo, é aproximadamente igual à fotossíntese da cobertura vegetal por unidade de área de solo e representa a capacidade de produção de fitomassa da cultura, isto é, sua produtividade primária. A TCC é derivada das variáveis taxa assimilatória líquida (TAL) e índice de área foliar (IAF) que representam a eficiência fotossintética das folhas e o tamanho da superfície fotossintetizadora, $TCC = TAL \times IAF$ (SILVA, 2000, BARBERO et al., 2013).

Taxa de crescimento relativo (TCR)

A taxa de crescimento relativo (TCR) representa o incremento em peso de matéria seca por peso de matéria seca já existente, num dado intervalo de tempo ($\text{g.g}^{-1}.\text{tempo}^{-1}$). Ela pode ser obtida pelo produto da taxa assimilatória líquida (TAL) pela razão de área foliar (RAF), o que a torna um importante índice do crescimento vegetal, pois combina um fator fisiológico (TAL) e outro morfológico (RAF), varia ao longo do ciclo vegetal, pois depende desses dois fatores do crescimento. Portanto, a taxa de crescimento relativo poderá ser obtida utilizando-se as equações: $TCR = TAL \times RAF$ (BENINCASA, 2003; PEIXOTO et al., 2011).

Taxa assimilatória líquida (TAL)

A TAL é o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido através da respiração, podendo ser positiva ou negativa, em função das condições a que a planta é submetida e depende dos fatores ambientais, principalmente da radiação solar. Representa ainda a eficiência do aparelho fotossintético, pois reflete o acréscimo em biomassa por unidade de área foliar/dia. Devido ao auto-sombreamento a TAL diminui com o aumento do IAF e, conseqüentemente, com o crescimento da comunidade vegetal. É aplicada quando existe uma correlação linear entre a área foliar e a matéria seca total (LAWLOR, 1995; SILVA, 2000; ALEXANDRINO et al., 2005; PEIXOTO et al., 2011).

Razão de área foliar (RAF)

Representa a relação entre a área foliar e o peso da matéria seca total da planta, ou seja, a área foliar útil para crescimento e fotossíntese, sendo considerado um componente morfofisiológico, pois corresponde à razão entre área foliar (responsável pela captação de energia luminosa e CO₂) e massa seca total da cultura, e reflete de certo modo, a partição dos carboidratos. A RAF declina enquanto a planta cresce, em função do autossombreamento, com tendência da diminuição da área foliar útil ou fotossinteticamente ativa. A razão de área foliar se decompõe em área foliar específica (AFE) e razão de peso foliar (RPF) (BENINCASA 2003; PEIXOTO e PEIXOTO, 2009).

A AFE relaciona a superfície com a matéria seca de folha. A superfície é o componente morfológico e a fitomassa é o componente anatômico, pois está relacionado com a composição interna formada pelo número e/ou tamanho de células do mesófilo foliar. A RPF se constitui numa componente fisiológica, uma vez que é, a razão entre matéria seca retida nas folhas e a matéria seca total acumulada na planta. Considerando que as folhas são o

centro de produção de matéria seca através da fotossíntese e, que o restante da planta depende da exportação dessa fitomassa, a RPF expressa a fração de matéria seca não exportada das folhas para outras partes da planta. (BENINCASA 2003; PEIXOTO et al., 2011).

Dessa forma, estudos sobre análise de crescimento de plantas forrageiras ajudam a entender os efeitos das estratégias de manejo empregadas sob diversas condições de meio (OLIVEIRA et al., 2000).

3.4 Valor nutritivo da forragem

O valor nutritivo das forragens é caracterizado como sendo o resultado do consumo voluntário da matéria seca da forragem, da sua composição química, digestibilidade e eficiência de utilização dos nutrientes absorvidos. Já a qualidade da forragem pode ser definida como o seu potencial em produzir uma resposta animal desejada ou a combinação de características biológicas e químicas que determinam seu potencial de produção, ou ainda, considerada como a combinação do valor nutritivo com o consumo da forragem (FONTANELI et al., 2012).

As variações sazonais influenciadas pelas mudanças climáticas afetam diretamente as características das pastagens, sobretudo no estado nutricional das gramíneas forrageiras, tendo em vista que, a disponibilidade de nutrientes exerce grande influência na nutrição da planta, que se reflete no desenvolvimento vegetal e na sua recuperação (BONFIM-SILVA e MONTEIRO, 2010).

As forragens devem fornecer energia, proteína e minerais em quantidades suficientes para atender as necessidades nutricionais dos animais a pasto. Deste modo, quanto maior a concentração desses nutrientes, maior o valor nutritivo da forragem (BONA FILHO, 2010).

Segundo Van Soest (1994), a idade da planta, a época de corte, o nível de adubação, as características do solo, a proporção das partes da planta, a temperatura ambiental, a umidade e

a luz, bem como a interação destes, são os principais fatores que interferem na composição química e tem efeito direto sobre o valor nutricional da planta.

O baixo valor nutritivo das plantas forrageiras tropicais, frequentemente citado na literatura, está associado ao reduzido teor de proteína bruta (PB), minerais, alto conteúdo de fibra e baixa digestibilidade da matéria seca (MELLO et al., 2003). A qualidade da forrageira é alterada a medida que a planta amadurece e essas alterações na planta levam consequentemente redução no consumo (HOFFMANN et al., 2014).

A deficiência de proteína bruta na dieta abaixo de 7% provoca redução do consumo em decorrência ao não atendimento das exigências mínimas dos microrganismos ruminais. Isso ocorre devido ao baixo teor de nitrogênio que limita o crescimento microbiano, provocando redução da digestibilidade da parede celular, do consumo e, consequentemente, afetando o desempenho animal (VAN SOEST, 1994; OBEID et al., 2007; ADESOGAN et al., 2002; BRUN-LAFLEUR et al., 2010).

Portanto, o conhecimento do valor nutricional de forrageiras não só permite o balanceamento adequado das dietas como também fornece subsídios para adoção de estratégias de manejo e para a seleção de cultivares, visando à melhoria de sua qualidade nutricional (FERREIRA et al., 2015).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, no período de março a agosto de 2016 (Figura 1).



Figura 1. Localização do experimento, Manaus, 2016.

4.2 Preparo do solo, calagem e adubação

O substrato utilizado foi coletado na profundidade de 0-20 cm, na área do setor de produção da Universidade Federal do Amazonas, procedendo-se sua análise química.

Em função dos resultados da análise química do solo (Tabela 1), foi realizado a calagem com aplicação de calcário dolomítico tipo filler com PRNT de 91% para elevar a saturação por base à 60% conforme a recomendação de adubação e calagem para o estado do Pará (CRAVO et al., 2010).

Tabela 1. Composição química das amostras do solo, na profundidade de 0-20 cm, Universidade Federal do Amazonas, Manaus-AM, 2016.

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	T	V	m	MO	Prem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
		mg/dm ³			cmolc/dm ³						%		dag/Kg	mg/L	mg/dm ³					
4,3	1,5	8	-	0,1	0,1	1,4	7,9	0,2	1,6	8,1	2,1	86,4	1,2	29,8	0,1	220,3	0,2	0,2	0,2	59,4

SB = soma de bases; t = capacidade de troca catiônica efetiva; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = índice de saturação por bases; m = índice de saturação por alumínio; MO = matéria orgânica.

A dose estimada do corretivo foi de 5,1 t.ha⁻¹ o que correspondeu a 1,417 kg de calcário dolomítico. Após a aplicação e reação do calcário, foi realizada a adubação com sulfato de amônio (95 kg.ha⁻¹), superfosfato simples (444 kg.ha⁻¹) e cloreto de potássio (103 kg.ha⁻¹).

4.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x7, constituídos de 4 cultivares de sorgo, 7 períodos de avaliação, espaçados de forma a abranger cada uma das fases da cultura, com 4 repetições, totalizando 112 unidades experimentais. Cada unidade experimental era constituída por um recipiente com duas plantas casualizadas em bancadas, na casa de vegetação.

4.4 Condução do experimento

As cultivares de sorgo utilizadas foram BRS 800, BRS 802, BRS 810 e Qualimax® provenientes do Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Milho e Sorgo e da Empresa Agrocere, respectivamente. Na semeadura foram usadas cinco sementes das quatro cultivares semeadas em sacos de polietileno com capacidade para 10 kg de solo. Aos 10 dias após a emergência (DAE), ocorreu o desbaste deixando somente duas plantas por recipiente.

A adubação de cobertura, nitrogenada e potássica com as fontes, sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente, foram realizadas aos 30 dias após o plantio, de acordo

com a recomendação de Cravo et al. (2010), para a cultura do sorgo. Nesta adubação, foi aplicado 119 mg/dm³ de sulfato de amônio e 34,48 mg/dm³ de cloreto de potássio.

Durante a condução do experimento, as plantas foram regadas de acordo com a necessidade da cultura. Para o controle de pragas foi utilizado o produto comercial Decis 25 CE® a base de Deltametrina.

4.5 Avaliações de crescimento

As avaliações foram de caracter destrutivo e tiveram início aos 14 dias após a emergência das plantas (DAE), prosseguindo-se com as mesmas a cada 14 dias, nas quais foram colhidas 2 plantas por repetição, totalizando 32 por avaliação.

Após coletadas, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e separadas de acordo com seus constituintes (folha, caule e panícula). Em seguida, a área foliar foi determinada e os valores armazenados.

Folhas e colmo foram acondicionados em sacos de papel, identificados e secos em estufa de ventilação forçada com temperatura de 65 °C até massa constante, para determinação do peso seco da parte aérea. De posse dos dados da área foliar e peso seco, foram calculados os índices de crescimento, conforme fórmulas descritas por Benincasa (2003) e Poorter (2001).

4.6 Características morfofisiológicas

Área foliar (AF)

Foi determinada em todas as folhas da planta coletada. Sua aferição foi feita por um integralizador de área foliar, modelo Licor Mod.L1 - 3000A.

Altura da planta (AL)

A altura da planta foi mensurada com auxílio de régua graduada em centímetros, a partir de sua base, rente ao solo até o ponto de inserção da folha mais nova totalmente expandida.

Matéria seca da parte aérea (MSPA)

Obtida pelo peso da massa seca acumulada nos diferentes órgãos da planta (colmo, folha e panícula). As amostras foram previamente identificadas e levadas para estufa sob temperatura de 65 °C, até peso constante.

Índice de área foliar (IAF)

Determinado pela razão entre área foliar da planta e a área de solo ocupado. Conforme a fórmula:

$$\text{IAF} = (\text{Af}/\text{At}) \text{ dm}^{-2} \cdot \text{g} \cdot \text{dia}^{-1}$$

Em que: Af = área foliar e At = área de solo ocupado.

Razão de área foliar (RAF)

Determinada pela relação entre a área foliar e o peso da matéria seca total da planta, conforme a fórmula:

$$\text{RAF} = \text{Af} / \text{Pt} \text{ dm}^{-2} \cdot \text{g} \cdot \text{dia}^{-1}$$

Em que: Af = área foliar e Pt = Peso da matéria seca total da planta.

Área foliar específica (AFE)

Determinada pela relação da área foliar e o seu próprio peso, como demonstrado na fórmula:

$$AFE = Af/ Pf \text{ dm}^{-2} \cdot \text{g.dia}^{-1}$$

Em que: Af = área foliar e Pf = peso foliar.

Razão de peso foliar (RPF)

Determinada pela relação entre o peso foliar total e o peso de toda a planta conforme a fórmula:

$$RPF = Pf/ Pt \text{ expresso em } = \text{g. g.dia}^{-1}$$

Taxa assimilatória líquida (TAL)

A Taxa assimilatória líquida foi determinada pela fórmula:

$$CRL/AF_{\text{média}} \text{ dm}^{-2} \cdot \text{g.dia}^{-1}$$

Onde: CRL = crescimento relativo líquido e $AF_{\text{média}}$ = área foliar média presente durante o intervalo de tempo.

Taxa de crescimento relativo (TCR)

A Taxa de crescimento relativo determinado pela fórmula:

$$TCR = (\ln P_2) - (\ln P_1) / (T_2 - T_1) \text{ g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$$

Onde: $\ln P_1$ e $\ln P_2$ são os valores de logaritmos da matéria seca de duas amostragens sucessivas; T_1 e T_2 intervalos de tempo em dias transcorrido entre as amostragens.

4.7 Nitrogênio total e proteína bruta

A análise química das cultivares de sorgo foi realizada após o quarto período de avaliação, quando as plantas estavam com 56 dias. Para isso, folhas foram secas em estufa a 55 °C por 72 h e posteriormente moídas utilizando moinho tipo Willey, peneiradas com crivo de 1mm.

A proteína bruta foi quantificada por meio da determinação do nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, conforme Silva e Queiroz (2012) envolvendo três etapas: digestão, destilação e titulação.

Primeiramente as amostras foram digeridas em ácido sulfúrico até conversão em sulfato de amônia. Após este processo, o sulfato de amônio foi destilado em destilador de nitrogênio Marcone-MA036 em meio básico (NaOH 60%), liberando gás amônia (NH₃). A amônia que se desprende na reação foi coletada em frasco contendo ácido bórico (H₃BO₃) como indicador.

O borato de amônio foi titulado com uma solução padrão de ácido clorídrico (HCL) 0,1 N até a viragem do indicador. O teor de proteína bruta foi calculado por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total encontrado pelo método de Kjeldahl pelo fator de conversão (6,25) que converte o nitrogênio à proteína bruta conforme a fórmula:

$$PB = NT \times F_n$$

Onde : NT = teor de nitrogênio total na amostra, em percentagem; F_n = 6,25.

4.8 Análise estatística

Os dados de altura da planta, matéria seca e área foliar, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Skott-Knott a 1 e 5% de probabilidade utilizando o programa Estatístico ASSISTAT versão 7.7. Os índices de crescimento foram ajustados a um modelo de regressão com auxílio do software Table Curve.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância das características estudadas para as quatro cultivares de sorgo em sete períodos de avaliação encontram-se nos anexos 1, 2, 3 e 4. Para o fator cultivar, apenas o acúmulo de matéria seca da parte aérea não apresentou significância dentre as variáveis estudadas. Quanto aos períodos de avaliação, foi significativo para todas as variáveis. A interação entre esses dois fatores não foi significativa para todas as variáveis, exceto para área foliar.

Em todas as cultivares, o acúmulo de matéria seca foi acentuado até aos 84 DAE, tornando-se mais lento a partir deste ponto. Independente dos períodos, não houve diferença quanto ao desempenho das cultivares no acúmulo de matéria seca (Tabela 2).

Tabela 2. Acúmulo de matéria seca da parte aérea (MPSA) (g.cm^{-2}) de quatro cultivares de sorgo em sete períodos de avaliação, Manaus, 2016.

Cultivares	Períodos (DAE) ¹							Médias
	14	28	42	56	70	84	98	
BRS800	0,16aD	0,45aD	0,94aD	3,41aC	5,20aB	8,76aA	8,45bA	3,91 a
BRS802	0,18aE	0,41aE	1,25aD	3,32aC	4,55aB	9,45aA	9,81aA	4,14 a
BRS810	0,16aE	0,33aE	1,02aD	3,07aC	5,23aB	8,88aA	8,70bA	3,91 a
Qualimax	0,19aF	0,35aF	1,22aE	3,22aD	5,00aC	8,55aB	9,60aA	4,02 a
Médias	0,18E	0,39E	1,11D	3,26C	5,00B	8,91A	9,14 ^a	

¹Dias Após a Emergência. Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Geralmente, as culturas anuais, em condições adequadas, têm acúmulo diferencial de biomassa durante os vários estádios de desenvolvimento, sendo este acúmulo, inicialmente lento (10-15%) seguido de incremento acentuado (60-80%) no período de crescimento, tornando-se lento novamente (10-15%) na fase final (LUCCHESI, 1987, BENICASA, 2003). Esse comportamento foi observado com o sorgo nesta pesquisa, onde o acúmulo de matéria

seca foi lento até aos 14 DAE, aumentando até aos 84 DAE, voltando a ter crescimento lento dos 84 aos 98 DAE, quando estabilizou o ciclo.

A matéria seca do sorgo varia muito de acordo com a idade de corte. Das frações da planta, a panícula é a que mais contribui para o seu incremento, seguido dos colmos e das folhas (RODRIGUES, 2007), tal fato que pode justificar o aumento em mais de 55% a partir dos 70 dias, nessa fase a planta direciona assimilados para o enchimento dos grãos. Já no período inicial, investe muito na formação de folhas, raiz e caule.

Em estudo com sorgo cultivado na região norte de Minas Gerais, foi observado que a partir do estágio fenológico de 7 folhas expandidas (30 DAE) houve incremento acentuado da matéria seca, alcançando sua máxima produção aos 92 DAE (ORTIZ et al., 2011), semelhante ao observado neste estudo.

O aumento da matéria seca se deve, principalmente, ao acúmulo de compostos orgânicos formados com a incorporação do CO₂, além da absorção de nutrientes pelas raízes (CAIRO et al., 2008). Peixoto e Peixoto (2009) complementam, afirmando que com o desenvolvimento do sistema radicular e a expansão das folhas, a planta inicia os processos anabólicos dependentes da fotossíntese aumentando de forma linear seu crescimento e consequentemente a matéria seca dos diferentes órgãos como folha, colmo e panícula.

Quanto a área foliar, as cultivares apresentaram aumento com o avanço dos dias de avaliação até atingirem médias máximas aos 56 DAE (Tabela 3). Após esse período, a área foliar decresceu, provavelmente em decorrência do estágio de crescimento em que as plantas se encontravam (EC2) e que, a partir do início da floração que ocorreu aos 50 dias aproximadamente, a planta deixou de investir em folhas e investiu em inflorescência, tornando-se drenos preferenciais.

Tabela 3. Área foliar (dm²) de quatro cultivares de sorgo em sete períodos de avaliação, Manaus, 2016.

Cultivares	Períodos (DAE) ¹							Médias
	14	28	42	56	70	84	98	
BRS800	3,85 aE	15,96 aD	23,18 aD	65,27 aA	45,98 aB	36,42 bC	23,19 bD	30,55 b
BRS802	4,19 aF	14,11 aE	27,53 aD	59,91 aA	50,38 aB	37,79 bC	33,39 aC	32,47 b
BRS810	4,03 aF	14,39 aE	29,15 aD	64,36 aA	54,88 aB	46,28 aC	34,88 aD	35,42 a
Qualimax	4,74 aF	14,00 aE	29,10 aD	59,59 aA	50,95 aB	43,33 aC	37,67 aC	34,20 a
Médias	4,20 G	14,61 F	27,24 E	62,28 A	50,55 B	40,95 C	32,28 D	

¹Dias Após a Emergência. Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott

Dentro dos períodos de avaliação, até aos 70 DAE não houve diferença significativa entre as cultivares. A diferença foi observada com o declínio da área foliar de BRS800 e BRS802 em relação às demais cultivares aos 84 dias. Já no último período de avaliação somente o BRS 800 teve área foliar inferior aos demais cultivares. Segundo Cruz et al. (2010), as plantas com maior área foliar possibilitam maior captação da energia solar e conversão desta em matéria seca, podendo refletir em maior produtividade.

Em relação à altura da planta (Tabela 4), todos as cultivares apresentaram aumento expressivo com o avanço dos DAE. Até aos 42 dias não foram observados diferenças significativas entre as cultivares, no entanto, a partir dos 70 dias até o último período de avaliação, BRS 802 e BRS810 apresentaram melhor desempenho, em relação à BRS 800 e Qualimax.

Tabela 4. Altura da planta (cm) de quatro cultivares de sorgo em sete períodos de avaliação, Manaus, 2016.

Cultivares	Períodos (DAE) ¹							Médias
	14	28	42	56	70	84	98	
BRS800	9,83 aE	17,86 aD	20,87 aD	32,80 aC	51,62 bB	65,17 bA	58,92 bA	36,73b
BRS802	9,72 aE	17,31 aD	22,81 aD	35,70 aC	66,86 aB	87,92 aA	88,12 aA	46,93a
BRS810	8,96 aE	16,53 aD	20,75 aD	35,57 aC	69,55 aB	83,93 aA	86,50 aA	45,97a
Qualimax	9,67 aD	16,02 aD	19,30 aC	25,40 bC	41,70 cB	51,53 cA	51,61 bA	30,75c
Médias	9,55 F	16,93 G	20,93 D	32,39 C	57,43 B	72,14 A	71,29 A	

¹Dias Após a Emergência. Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

O crescimento lento no início pode ter sido em função do desenvolvimento dos diferentes órgãos das plantas, os quais dependeram das reservas da semente para se desenvolver. A partir desse estágio, houve um ritmo de crescimento acelerado ao longo dos períodos avaliados, estabilizando-se aos 84 dias. As cultivares que apresentaram maiores alturas foram BRS802 e a BRS810, com valores médios de 88 e 86 cm aos 98 DAE.

A altura é de fundamental importância, por estar normalmente correlacionada com as características de produção, que podem ser influenciadas por fatores edafoclimáticos de onde o sorgo é cultivado. Dessa forma, o desempenho de uma mesma cultivar pode apresentar variações de um local para outro, de um ano para outro ou quando se varia a época de semeadura (COSTA, 2004; PIMENTEL, 2005; GUIMARÃES JR. et al., 2009).

O índice de área foliar apresentou comportamento crescente tendo seu ponto máximo aos 63 DAE para todas as cultivares, decrescendo até o último período avaliado (Figura 2). Em estudo sobre o efeito da adubação nitrogenada nas taxas de crescimento de sorgo granífero, cultivar BRS 305, também foram encontrados picos máximos de IAF próximo aos 60 dias com decréscimo após esse período, independente do tratamento empregado (SILVA e LOVATO, 2008).

Resultados semelhantes também foram observados por outros autores em cultivares de grão-de-bico sob condições de irrigação, onde o valor máximo foi aos 63 dias (AZIMI et al., 2015) e em milho, cultivar BR106, aos 70 dias (SILVA et al., 2016), demonstrando que IAF pode variar em função do ciclo de cada cultura. As diferenças observadas entre os valores de IAF podem ser genéticas, mas também, influenciadas pelas variações nas condições ambientais e de crescimento (DIAWARA, 2012).

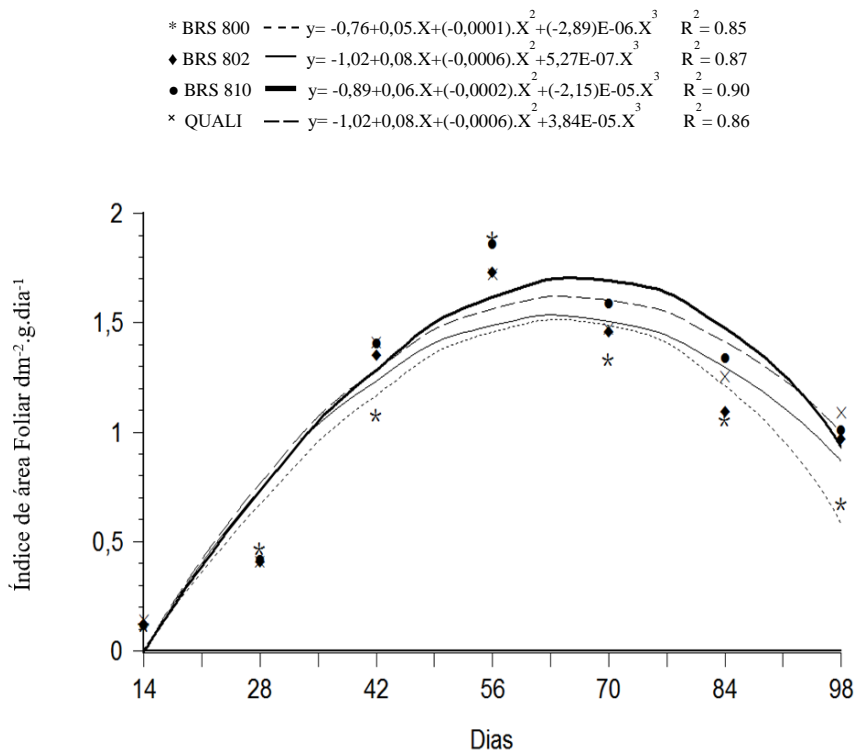


Figura 2. Índice de área foliar de quatro cultivares de sorgo em função de dias após a emergência.

O decréscimo observado a partir dos 63 DAE, pode ser devido a redução da área foliar causada pela senescência das plantas, além do sombreamento, morte e queda foliar (CAMPOS et al., 2008). Com o aumento da interceptação da luz solar, ocorrem simultaneamente, incrementos no rendimento da planta, até ser atingido um platô, quando as folhas mais velhas entram em senescência e são sombreadas pelas mais novas, acarretando a diminuição da eficiência fotossintética com menores taxas de crescimento (COSTA, 2004).

Em relação as cultivares, BRS 810 e Qualimax obtiveram índices de área foliar superiores às demais. Isto pode estar relacionado às maiores médias de área foliar dessas cultivares (Tabela 3), uma vez que, plantas com maior área foliar possibilitam maior captação da energia luminosa. Portanto, quanto maior o IAF, maior será a atividade fotossintética, o crescimento e o rendimento da cultura.

O IAF representa a síntese das características morfogênicas e estruturais da planta, é consequência do balanço entre processos que determinam a oferta (fotossíntese) e a demanda (respiração, acúmulo de reservas, síntese e senescência de tecidos) dos fotoassimilados que

estabelecem o ritmo de crescimento (PONTES et al., 2010). É um atributo que expressa o potencial de rendimento da forragem, pois está relacionado à capacidade de rebrotação, sendo um dos principais fatores que determinam a produtividade.

A razão de área foliar que expressa a área foliar responsável pela produção de 1 g de matéria seca vegetal, teve aumento crescente até aproximadamente aos 30 DAE, para todas cultivares (Tabela 3).

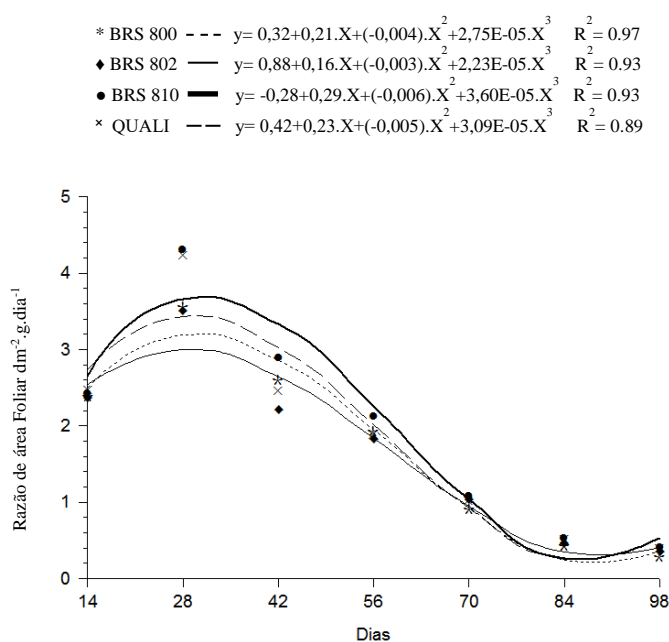


Figura 3. Razão de área foliar das cultivares de sorgo em função de dias após a emergência.

Durante o crescimento vegetativo há maior alocação de assimilados para produção de folhas, aumentando a captação de luz incidente para o crescimento rápido da planta, o que justifica a alta RAF observada nos períodos iniciais de avaliação.

A partir dos 30 DAE foi observado declínio da RAF, sendo mais expressivo após os 42 DAE, provavelmente devido ao aumento da intercepção luminosa. Andrade et al. (2005), avaliando índices de crescimento do capim elefante Napier, também observaram redução com o avanço da idade, devido às variações na relação fonte/dreno e queda com a maturidade da planta.

Segundo Benincasa (2004), o decréscimo da RAF é atribuído ao investimento de fotoassimilados para desenvolvimento de órgãos não fotossintetizantes como colmo, bainha e raiz, baixando sua eficiência fotossintética, já que a matéria seca total aumenta e sua capacidade de armazenar fotoassimilados apresenta pouca variação.

Comportamento semelhante foi observado por Silva e Lovato (2008) em sorgo granífero BRS 305 e por Falqueto et al. (2009) no crescimento de cultivares de arroz, com decréscimo deste parâmetro a partir dos 42 DAE, decorrente do surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias, além do autossombreamento, senescência e queda de folhas.

Neste estudo, o BRS 810 e o QUALIMAX foram as cultivares que apresentaram maior razão de área foliar. Esta diferença pode estar relacionada com a anatomia de suas folhas, pois obtiveram maiores áreas foliares, o que refletiu na sua RAF. Esse efeito, é considerado resultante da capacidade da planta em se adaptar a diversas condições de luminosidade, assim quanto maior luminosidade, menor área foliar necessária para produzir 1 g de matéria seca (Cairo et al., 2008).

Em relação a área foliar específica (AFE) que relaciona a superfície da folha com a matéria seca da própria folha (Figura 4), pode-se observar comportamento semelhante das cultivares ao longo do desenvolvimento das plantas, com maiores valores no início do ciclo da cultura, decrescendo após os 28 DAE, em função do acúmulo de matéria seca e consequente aumento do peso da folha. Estes resultados estão de acordo com os observados por Silva et al. (2005) na cultura de cana-de-açúcar e Lopes et al. (2013) em capim-brachiária.

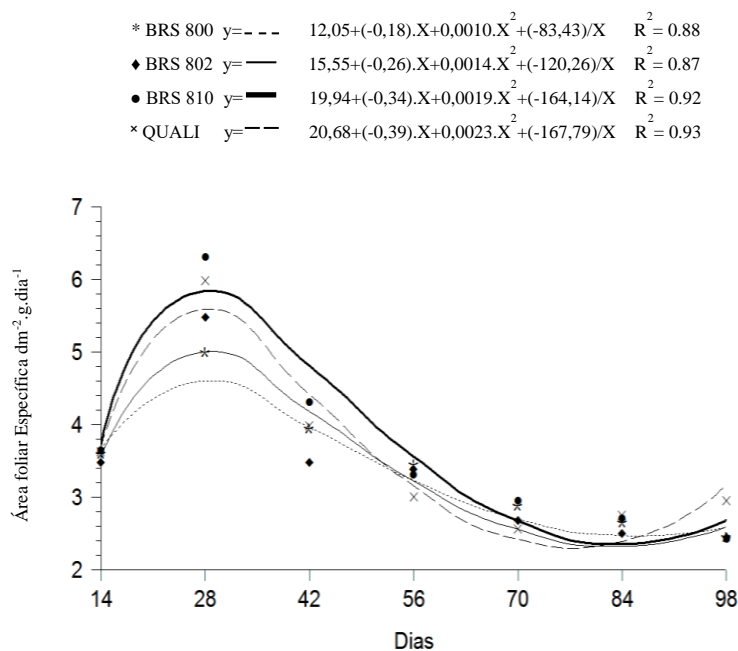


Figura 4. Área foliar específica das cultivares de sorgo em função de dias após a emergência

As cultivares BRS 810 e o QUALIMAX obtiveram maior AFE aos 28 DAE, demonstrando diferenças anatómicas em suas folhas que apresentaram maior área foliar (Tabela 3). Possivelmente, as folhas dessas duas cultivares sejam menos espessas e com maior plasticidade, podendo ser mais adaptadas à mudanças nas condições de luminosidade a que forem expostas, em comparação com as demais cultivares.

Martins et al. (2016) avaliando o crescimento da planta daninha *Sorghum arundinaceum* obtiveram valores máximos de AFE aos 22 dias, decrescendo até o final do experimento, o que foi próximo aos observados neste estudo.

No estágio inicial do sorgo que compreende a EC1 e vai da germinação até aos 30 DAE aproximadamente, a planta apresenta folhas jovens, pouco espessas, com alto teor de água e pouco acúmulo de matéria seca, o que lhes confere maior AFE (GUIMARÃES, 2012).

A AFE é interpretada como um indicador da espessura foliar, de certa forma, permite verificar se as plantas estão acumulando fotoassimilados em suas folhas ou se estão translocando para outros órgãos (TAIZ e ZEIGER, 2009). No geral, quanto maior o peso da

matéria seca, menor será a área foliar específica. Nesse estudo, possivelmente, as cultivares translocaram reservas para outras partes não assimilatória a próximos dos 56 DAE, no início da emergência da panícula.

Geralmente, as plantas investem relativamente grande proporção de fotoassimilados no aumento da área foliar, apresentando maior AFE e folhas com menor densidade de massa. Estas alterações amplificam a captação da luz incidente, aumentando a eficiência fotossintética da planta. Nesse sentido, as cultivares BRS 810 e Qualimax foram mais eficientes, em comparação as demais, tanto pela maior média de área foliar (Tabela 3), quanto pelo aumento da AFE (Figura 4). De acordo com Evans e Poorter (2001), o incremento na AFE é o fator que mais contribui para a maximização do ganho de carbono por unidade de massa foliar.

Quanto a razão de peso foliar (RPF), de forma semelhante aos outros índices já discutidos, as cultivares apresentaram aumento durante toda a fase vegetativa, seguido de decréscimo linear até o final do período avaliado (Figura 5). Aumentos na razão de peso foliar refletem maior alocação de assimilados para as folhas em desenvolvimento, tidas como dreno metabólico preferencial (ZEPKA, 2007).

Nas primeiras etapas do crescimento vegetativo do sorgo, a RPF tendeu a crescer, já que após a germinação das sementes, houve a produção de folhas para realização da fotossíntese. Porém, no decorrer do ciclo de vida das plantas, devido à exportação de fotoassimilados das folhas para os outros órgãos, sobretudo para os reprodutivos (flores, sementes, entre outros), a tendência de crescimento da RPF foi alterada, passando a decrescer.

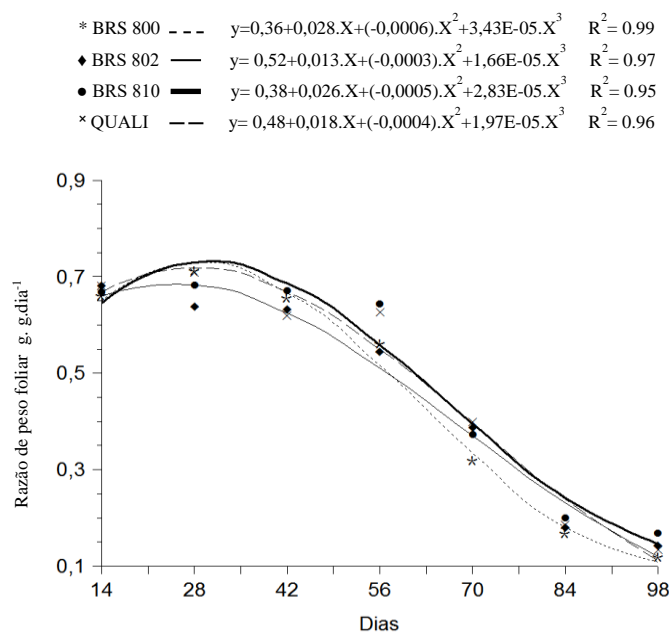


Figura 5. Razão de peso foliar das cultivares de sorgo em função de dias após a emergência.

De acordo com Cairo et al. (2008) a partir de um determinado estágio de crescimento, o aumento de peso seco da planta ocorre com maior intensidade em relação ao aumento de peso das folhas (fonte), devido à formação dos outros órgãos (dreno) e suas demandas crescentes por fotoassimilados. Com isso, a proporção entre o peso das folhas e o peso da planta torna-se cada vez menor, o que promove o declínio da RPF.

Costa (2013), ao avaliar o crescimento do sorgo volumax, registrou um declínio acentuado da RPF partir dos 22 DAE. Porém, neste estudo o declínio mais acentuado foi observado a partir dos 42 (DAE), período em que as plantas de sorgo estavam na fase de emborrachamento. Pereira et al. (2011), ao avaliarem os índices de crescimento do capim Coastcross-1 sob adubação nitrogenada, em duas idades de corte, registraram maior valor de RPF aos 28 dias em comparação à outra idade de corte (42 dias).

A capacidade dos drenos em importar fotoassimilados produzidos pelas folhas é que vai determinar o período e a intensidade de queda da RPF. Por isso, em programas de melhoramento genético voltados para a seleção de cultivares mais produtivas, costuma-se

selecionar aquelas cuja a redução da RPF se dá de forma mais rápida e intensa, indicando maior habilidade da planta em direcionar os fotoassimilados para os órgãos de maior interesse econômico.

O que significa dizer, que as cultivares de sorgo avaliadas possuem boa capacidade produtiva na formação de biomassa para pastejo, pois tiveram maior retenção de massa seca nas suas folhas. Isso pode ser evidenciado ao analisar os valores estimados para RPF de 0,75 aos 28 DAE (fase vegetativa); 0,64 aos 42 DAE (fase de emborrachamento); 0,36 aos 70 DAE (período do florescimento) e 0,13 aos 98 DAE (período final do ciclo). Considerando o valor inicial (0,75) como 100% do estimado para RPF, comparado ao valor final (0,13), constata-se que a mobilização de reservas e partição de fotoassimilados para outras partes da planta de sorgo foi maior que 80% (Figura 5).

A taxa assimilatória líquida (TAL) expressa a taxa de fotossíntese líquida ou a matéria seca produzida por unidade de área foliar por unidade de tempo e reflete a eficiência do sistema assimilador envolvido na produção do fotoassimilado, estimando a fotossíntese líquida (FALQUETO et al., 2009).

Para as quatro cultivares de sorgo, a TAL apresentou-se alta aos 14 DAE durante o início do ciclo vegetativo (Figura 6). BRS 800 registrou maior TAL, o que significa dizer que esta cultivar possui maior eficiência fotossintética, já que possuía menor área foliar (Tabela 3). Já a cultivar Qualimax teve a menor taxa, mostrando que embora houvesse área foliar disponível para fotossíntese, as taxas de assimilação líquida foram baixas.

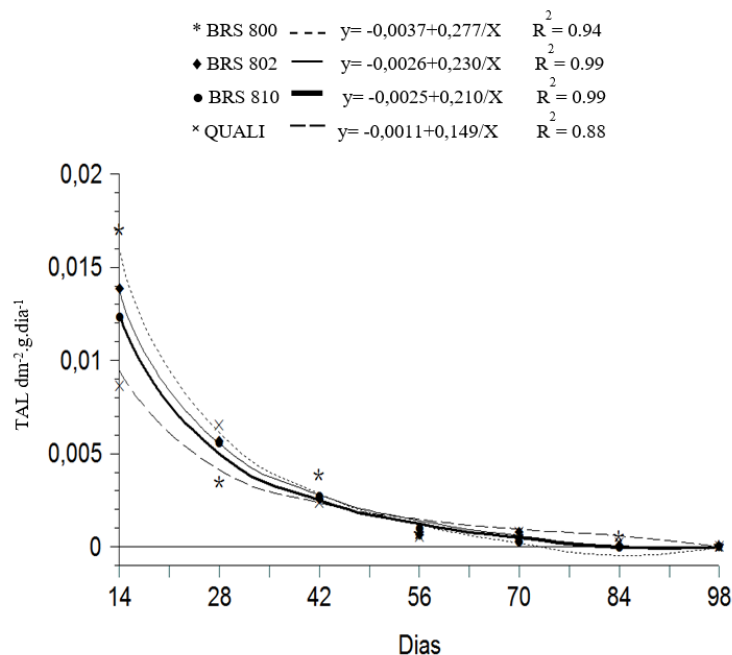


Figura 6. Taxa assimilatória líquida das cultivares de sorgo em função de dias após a emergência.

Apartir dos 14 DAE foi observado queda acentuada da TAL até o último período avaliado, devido ao aumento do IAF, pois existe uma relação inversamente proporcional entre TAL e IAF, a qual é resultante do surgimento de folhas novas com alta capacidade fotossintética, da ausência de auto-sombreamento entre estas e da baixa demanda respiratória na fase inicial.

O decréscimo nos valores da TAL, pode estar relacionado ao aumento na quantidade de folhas e ao ângulo de inserção destas no colmo, o que pode ter interferido no fluxo de luz disponível para as folhas inferiores, diminuindo a capacidade fotossintética. Com isso, provavelmente, tenha havido redução na fotossíntese líquida e aumento na taxa respiratória, visto que, a redução da capacidade fotossintética decorre do maior gasto energético com a respiração para manutenção do metabolismo vegetal (OLIVEIRA et al., 2011).

Terra et al. (2011) e Costa (2013) encontraram efeitos similares para a cultura do sorgo e Júnior et al. (2014), para o capim-tifton 85. No entanto, sendo um parâmetro fisiológico, a TAL diminui em função do próprio ritmo de crescimento da planta, com o

surgimento e alongamento foliares, proporcionando senescência das primeiras folhas formadas.

Da mesma forma, com avanço da maturidade da planta, pode ter ocorrido maior aporte de fotoassimilados para o desenvolvimento do colmo e panícula, aumentando as perdas respiratórias da planta, o que pode ter reduzido ainda mais a TAL. Assim, a TAL representa a diferença entre a matéria seca produzida pela fotossíntese e a consumida pela respiração, uma vez que, a fotorrespiração é praticamente inexistente em plantas C4, tais como o sorgo (BERTON, 2014).

Quanto a taxa de crescimento relativo (TCR), todas as cultivares apresentam valores máximos entre 28 e 42 DAE, o que indica ser a etapa de maior taxa fotossintética (Figura 7). Essa variação está de acordo com o esperado, uma vez que qualquer incremento em peso, altura ou área foliar durante determinado período, está diretamente relacionado ao tamanho alcançado no período anterior (LIMA et al., 2007).

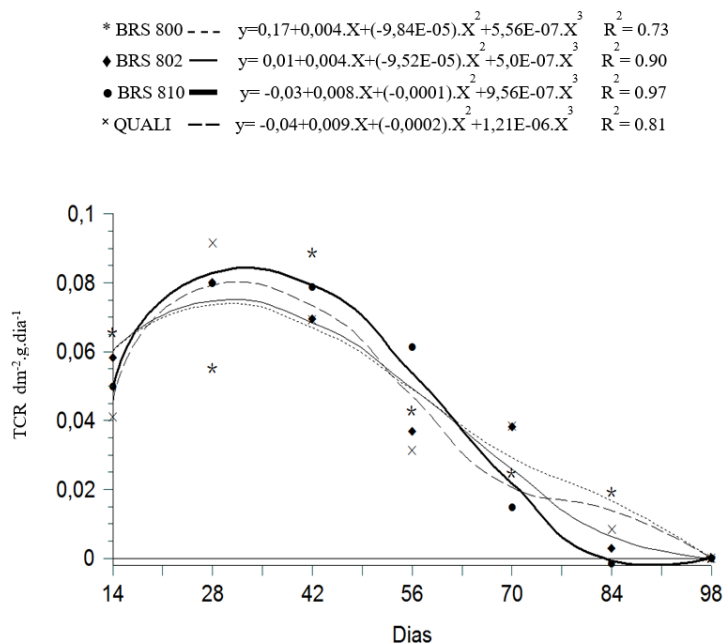


Figura 7. Taxa de crescimento relativo das cultivares de sorgo em função de dias após a emergência.

A TCR representa o incremento na matéria seca da planta e é componente da TAL e da RAF. Isso faz com que esta seja um indicador para descrever diferenças no crescimento de culturas relacionando características morfológicas e fisiológicas com as condições ambientais e de manejo (HUNT, 2003). As cultivares BRS 810 e Qualimax apresentaram maiores valores de TCR entre os períodos de 28 e 42 DAE, sendo mais influenciadas pela RAF (Figura 3), visto que, estas cultivares apresentaram as menores TAL (Figura 6).

Em geral, a tendência da TCR é a redução com o desenvolvimento do ciclo da cultura. Logo, os resultados obtidos para TCR, estão de acordo com aqueles encontrados por vários autores, mesmo trabalhando com culturas diferentes, como o milho (GARCIA et al., 2008), o arroz (ALVAREZ et al., 2012) e o capim-tifton 85 (CUTRIM JÚNIOR et al., 2014).

Terra et al. (2011), analisando o crescimento do sorgo sob diferentes populações de plantas, também observaram TCR decrescente ao longo do período de avaliação, uma vez que, após a total expansão da área foliar, ocorreu auto-sombreamento, o que reduziu a atividade fotossintética das folhas sombreadas. Essa redução, geralmente está associada ao acúmulo de matéria seca durante o desenvolvimento e à queda na habilidade relativa das plantas produzirem nova biomassa (ANTONIAZZI e DESCHAMPS 2006; FALQUETO et al., 2009). Além disto, o decréscimo da TCR, com a idade da planta, em parte, é resultado do aumento gradativo de tecidos não assimilatórios (TAIZ & ZEIGER 2009).

Para o teor de proteína (Tabela 5), Qualimax apresentou menor valor comparada as demais cultivares, as quais não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 5).

Tabela 5. Média de proteína bruta de quatro cultivares de sorgo, aos 56 dias após a emergência, Manaus, 2016.

Cultivares	% Proteína bruta
BRS 800	15,37 a
BRS 802	13,25 a
BRS 810	13,83 a
Qualimax	11,37 b

¹Dias Após a Emergência. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Skott-knott.

NEUMANN et al. (2010) avaliando híbridos de sorgo com capim sudão em diferentes idades de corte, encontraram valores de 18,25% e 14, 23% de proteína bruta na planta inteira aos 40 e 75 dias, respectivamente, para o cultivar BRS 800. Ferreira et al. (2015), avaliando o valor nutricional dos híbridos BRS 800, BRS 802 e BRS 810 em diferentes fases fenológicas, registraram valores de 13,48% a 10,9% aos 61 dias, sendo que híbrido BRS 800 foi superior aos demais, seguido de BRS 810 e BRS 802.

Ribas et al. (2010), comparou o teor de proteína bruta em híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes BMR, e observaram valores médios de 9,9% a 14,8%, respectivamente, para o corte ao 51 dias. Gontijo et al. (2008) avaliaram seis híbridos de sorgo com capim-Sudão em duas épocas de plantio e três cortes sucessivos, observaram valores médios de 16,3% para PB.

Tomich et al. (2006) comparando o valor nutritivo de híbridos de sorgo com capim-sudão manejados em regime de corte com outros volumosos utilizados no período de baixa disponibilidade das pastagens, observaram que os híbridos de sorgo se destacaram dos demais volumosos devido ao elevado valor protéico. A média de 14,5% de PB apresentada pelos híbridos AG 2501C e BRS 800 foi, aproximadamente, 75% superior aos outros volumosos, que variaram de 1,3% a 8,2%. O conteúdo de PB apresentado pelos híbridos de sorgo de corte, indica que a utilização desses cultivares pode apresentar vantagem em relação aos

demais volumosos avaliados, visto que, seu uso pode diminuir a necessidade de suplementação protéica na forma de concentrados e, conseqüentemente, redução dos custos com alimentação do rebanho.

6 CONCLUSÃO

Os parâmetros morfofisiológicos foram eficientes para analisar o crescimento das cultivares de sorgo.

As cultivares apresentaram comportamento semelhantes pelos índices de crescimento analisados.

BRS 810 e Qualimax são boas opções de forrageiras para diversificar a alimentação a pasto devido as maiores valores de IAF, RAF, AFE e TCR.

Todas as cultivares apresentaram teores de proteína bruta entre 11 a 15%, o que atende às exigências nutricionais dos animais.

7 REFERÊNCIAS

ADDAI, I. K.; ALIMYAWO, M. Graphical determination of leaf area index and its relationship with growth and yield parameters of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) as affected by fertilizer application. **Journal of Agronomy**, v. 14, n. 4, p. 272, 2015.

ADESOGAN, A. T.; SOLLENBERGER, L. E.; NEWMAN, Y. C.; J. E. Factors affecting forage quality. **Florida Forage Handbook, Department of Agronomy, University of Florida**, 2002.

AGROCERES. **Qualimax silagem de altíssima qualidade nutritiva com alta produtividade**. Disponível em:<http://www.sementesagrocere.com.br/pages/Produto.aspx?p=QUALIMAX>. Acesso em: agosto de 2016

ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S. Análise de crescimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas dos tipos tradicional, intermediário e moderno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.4, p. 397-406, 2012.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. D.; LOPES, R. D. S. et al. Análise de crescimento do capim-elefante napier adubado e irrigado. **Ciência e agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 415-423, 2005.

ANTONIAZZI, N.; DESCHAMPS, C. Análise de crescimento de duas cultivares de cevada após tratamentos com elicitores e fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1065-1071, 2006.

AZIMI, S. M.; KOR, N. M., AHMADI, M. et al. Investigation of growth analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress. **International Journal of Life Sciences**, v. 9, n. 5, p. 91-94, 2015.

BARBERO, L. M.; PRADO, T. F.; BASSO, K. B.; LIMA, L. A.; MOTTA, K. M. et al. Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens. **Vet.Not.**, Uberlândia, v.19. n.2, p.71-85, 2013.

BARBOSA, C. A. **Manual da cultura de cana e sorgo**. Viçosa: UFV, 155p. 2007

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 41 p. 2003.

BERTON, G. S. **Análise de crescimento e produtividade de sete clones de cana-de-açúcar, em cana-soca, cultivados no Município de Paranavaí-PR**. 2014. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BONA FILHO, A. **Qualidade nutricional das plantas forrageiras**. Forragicultura – UFPR, 24p. 2010.

BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A Nitrogênio e enxofre na adubação e em folhas diagnósticas e raízes do capim - braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1641-1649, 2010.

BRUN-LAFLEUR, L.; DELABY, L.; HUSSON, F.; FAVERDIN, P. Predicting energy x protein interaction on milk yield and milk composition in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, n. 9, p. 4128-4143, 2010.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 72 p. 2008.

CONCENÇO, G. I. et al. Photosynthetic characteristics of hybrid and conventional rice plants as a function of plant competition. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 803-809, 2011.

COSTA, N. de L. **Fisiologia e manejo de plantas forrageiras**. Embrapa Rondônia, 2004.

COSTA, R. Q. **Fenologia e análise de crescimento do sorgo forrageiro volumax em Vitória da Conquista–BA**. 2013. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Área de Concentração em Fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia.

CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 1ªed. ver. atual. Belém, Pa: Embrapa Amazônia Oriental. 262 p. 2010.

CRESPO, R. J. **Uso del horno microondas para la obtención del valor de materia seca em espécies forrajeras**. 2002. 48f. Tesis (Ingeniero Agrónomo) - Facultad de Ciencias, Universidad Nacional del Mar del Plata, Balcarce, Argentina.

CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C. Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 1, p. 033-042, 2010.

DIAWARA, B. **Effect of planting date on growth, development, and yield of grain sorghum hybrids**. 2012. 75f. Thesis (Tese de Doutorado) - Department of Agronomy, Kansas State University.

DIAS, F. J.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F.; OLIVEIRA, C. A. L. Efeito de fontes de fósforo sobre a digestibilidade “in vitro” da matéria seca, da matéria orgânica e nutrientes digestíveis totais do capim- Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Mombaça). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 211-220, 2008.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Sorgo para corte e pastejo**. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/produtos/produtos/brs800.html>. Acesso em: Agosto de 2016.

EUCLIDES, V. P. B. et al. Diferimento de pastos de braquiária cultivares Basilisk e Marandu na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.273-280, 2007.

EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment**, v.24, p.755-767, 2001.

FALQUETO, A. R. et al. Crescimento e partição de assimilados em cultivares de arroz diferindo no potencial de produtividade de grãos. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 453-46, 2009.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division, 2012. FAOSTAT (Food and Agriculture organization of the United Nations Statistics Division) (2014).URL <http://faostat3.fao.org/home/E>. Acesso dezembro de 2015.

FERREIRA, P. D. S.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. et al. Valor nutricional de híbridos de sorgo para corte e pastejo (*Sorghum bicolor x Sorghum sudanense*) em diferentes fases fenológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 377-390, 2015.

FONTANELI, R. S. et al. **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na região sul-brasileira**. 2ª edição, Brasília: Embrapa, vol. 1, 544 p. 2012.

GARCIA, A. G.; DOURADO NETO, D.; BASANTA, M.V. et al. Logistic rice model for matter and nutrient uptake. **Scientia Agricola**, v.60, n.3, p.481-488, 2003.

GARCIA, A. et al. Análise de crescimento de uma cultura de milho submetida a diferentes regimes hídricos. **Nucleus**, v. 5, n. 1, 2008.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 4, p. 675-680, 1999.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Índices Morfogênicos e de Crescimento durante o Estabelecimento e a Rebrotagem do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 795-803, 2003.

GONTIJO, M. H. R.; BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C. et al. Qualidade nutricional de seis híbridos de sorgo com capim sudão submetidos a épocas de plantio e cortes distintas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.7, n.1, p. 45-56, 2008.

GUIMARÃES Jr., R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S. et al. Avaliação agrônômica de genótipos de milheto (*P. glaucum*) plantados em período de safrinha. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 1, p.629-632, 2009.

GUIMARÃES, M. S. **Desempenho produtivo, análise de crescimento e características estruturais do dossel de dois capins do gênero Cynodon sob duas estratégias de pastejo**

intermitente. 2012. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

HABIB, G; KHAN, N. A.; SULTAN, A.; ALI, M. Nutritive value of common tree leaves for livestock in the semi-arid and arid reangelands of Northern Pakistan. **Livestock Science**, v. 184, p. 64-70, 2016.

HUNT, R. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. London: Unwin Hyman. 112p. 1990.

HUNT, R. Growth analysis, individual plants. In: THOMAS B, MURPHY D.J.; MURRAY D. **Encyclopaedia of Applied Plant Sciences**. London: Academic Press. p.579-588, 2003.

CUTRIM JUNIOR, J. A. A.; BEZERRA, A. P. A.; FARIAS, S. F. et al. Morfofisiologia do capim-tifton 85 manejado intensivamente sob corte. **Acta Tecnológica**, v. 9, n. 1, p. 62-69, 2014.

KROSS, A.; MCNAIRN, H.; LAPEN D.; SUNOHARA, M.; CHAMPAGNE, C. Assessment of RapidEye vegetation indices for estimation of leaf area index and biomass in corn and soybean crops. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 34, 235-248, 2015.

HOFFMANN, A.; MORAES, E. H. B. K.; MOUSQUER, C. J.; SIMIONI, T. A.; JUNIOR GOMES, F.; FERREIRA, V. B.; SILVA, H. M. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período seco. **Nativa, Sinop**, v. 02, n. 02, p. 119-130, 2014.

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

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

LOURENÇÃO, A. L. F.; BAGEGA, D. Tecnologias para a Cultura do Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), In: **Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno 2012**. Fundação MS. 2012.

MACEDO, C. H.O.; ANDRADE, A. P.; SANTOS, E. M. et al. Perfil fermentativo e composição bromatológica de silagens de sorgo em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.2, p.371-382, 2012.

MACHADO, F.S. **Avaliação agrônômica e nutricional de três híbridos de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench e de suas silagens em três estádios de maturação**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: **Cultivo do Sorgo**. 7ªed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Versão Eletrônica. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/ecofisiologia.htm>. Set/ 2011. Acesso em 25 de fevereiro de 2015.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: **Cultivo do Sorgo**. 8ªed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Versão Eletrônica. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/ecofisiologia.html>. Out./2012. Acesso em 25 de fevereiro de 2015.

MARTINS, D. A.; JAKELAITIS, A.; CARDOSO, I. S. et al. Growth and physiological characteristics of the weed false johnsongrass (*Sorghum arundinaceum* (Desv.) Stapf). **Revista Ceres**, v. 63, n. 1, p. 16-24, 2016.

MELLO, R.; NORBERG, J.L.; ROCHA, M.G; DAVID, D.B. Análise produtiva e qualitativa de um híbrido de sorgo interespecífico submetido a dois cortes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.1, p.20-33, 2003.

NEUMANN, M.; et al. Desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro (*sorghum bicolor x sorghum sudanense*) em manejo de cortes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p. 298-313, 2010.

OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; PEREIRA, D. H.; VALADARES FILHO, S. C.; CARVALHO, I. P. C.; MARTINS, J. M. Consumo e digestibilidades total e parcial de componentes nutritivos em bovinos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 921-927, 2007.

OLIVEIRA, M. A.; PEREIRA, O. G.; HUAMAN, C. A. M.; GARCIA, R.; CECON, P. R. Análise de crescimento do capim-bermuda Tifton 85 (*Cynodon spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1930-1938, 2000.

OLIVEIRA, D. et al. Índices fisiológicos de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) provenientes de sementes pré-embebidas em stimulate®. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13 p.1833-1846, 2011.

ORTIZ, A. H. T. et al. Acúmulo de matéria seca em plantas de sorgo cultivado na região norte de minas gerais. **Anais eletrônico VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar CESUMAR–Maringá–Paraná–Brasil**, 2011. Disponível em: http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/alex_henrique_tiene_ortiz3.pdf. Acesso em 2 de abril de 2017.

PEDREIRA, M.C.; et al. Características agronômicas e composição química de oito híbridos de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1083-1092, 2003.

- PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P. Dinâmica do crescimento vegetal. In: CARVALHO, C. A. L.; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F.; OLIVEIRA, G. J. C. **Tópicos em Ciências Agrárias**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, p.39-53, 2009.
- PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.1, p.51-76, 2011.
- PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, M. D.; PINTO, J. C.; SANTOS, M. E. R.; RIBEIRO, K. G.; CECON, P. R. Análise de crescimento do capim Coastcross-1 sob adubação nitrogenada em duas idades de rebrotação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2121-2128, 2011.
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Ed, p. 191, 2005.
- PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; OLIVEIRA, J. S. et al. Sorghum cultivars of different purposes silage. **Ciência Rural**, Santa Maria v.45, n.2, p.298-303, 2015.
- PINTO, C. A. S. **Produtor de sorgo**. Fortaleza: Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 50 p. 2008.
- PONTES, L. da S.; LOUAULT, F.; CARRÈRE, P.; MAIRE, V.; ANDEUZA, D.; SOUSSANA, J.F. The role of plant traits under their plasticity in the response of pasture grasses to nutrients and cutting frequency. **Annals of Botany**, v.105, p.957-965, 2010.
- POORTER, L. Light-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth of rain forest tree species. **Functional Ecology**, v. 15, n. 1, p. 113-123, 2001.
- PORTUGAL, A. F.; ROCHA, V. S.; SILVA, A. G.; PINTO, G. H. F.; FILHO, O. C. P. Fenologia de cultivares de sorgo no período de verão e rebrota na safrinha. **Revista Ceres**, v.50, n. 289, 2003.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae-their use and abuse. **Crop Science**, v.7, n.3, p.171-175, 1967.
- RIBAS, M. N. **Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim sudão, normais e mutantes BMR - portadores de nervura marrom**. 2010. 140f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gérias, Belo Horizonte.
- RIBAS, M. N.; MACHADO, F. S. Produção de forragem utilizando híbridos de sorgo com capim Sudão (*S. bicolor* x *S. sudanense*). Embrapa Milho e Sorgo. **Sistema de Produção**, 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª edição, 2010.
- RODRIGUES, J. A. S. Produção e utilização de silagem de sorgo. **Simpósio mineiro de nutrição de gado de leite**, v. 4, p. 34-48, 2007.

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S.; SATOS, J. W. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, v.8, n.1, 2004.

SILVA, L.C.; BELTRÃO, E. M.; AMORIM NETO, M. S. Análise de crescimento de comunidades vegetais. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA,. 47p. (**Boletim Técnico**, 34). 2000.

SILVA, D.K.T.; DAROS, E.; ZAMBOM, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C. et al. Análise de crescimento em cultivares de cana-de-açúcar em Cana-Soca no Noroeste do Paraná na safra de 2002/2003. **Scientia Agraria**, v.6, p.47-53, 2005.

SILVA, P. C. S.; LOVATO, C. Análise de crescimento e rendimento em sorgo granífero em diferentes manejos com nitrogênio. **Revista da FZVA**, v. 15, n. 1, 2008.

SILVA, C. V.; LANA, R. P.; CAMPOS, J. M. S.; QUEIROZ, A. C.; LEÃO, M. I.; ABREU, D. C. Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e desempenho de vacas leiteiras em pastejo com dietas com diversos níveis de concentrado e proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 7, p. 1372-1380, 2009.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2012.

SILVA, M. A., FERREIRA, W. M., ANDRADE, V., COSTA, J. Influência das condições microclimáticas no crescimento do milho BR 106, cultivado sob sementeira direta. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 383-394, 2016.

TARDIN, F. D.; MENEZES, C. B.; RODRIGUES, J. A. S.; COELHO, R. R. **Cultivares**. In: Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2. Outubro, 2012. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 8ª edição.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009.

TOMICH, T. R.; TOMICH, R. G. P.; GONÇALVES, L. C. et al. Valor nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão em comparação ao de outros volumosos utilizados no período de baixa disponibilidade das pastagens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2006.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca. New York: Cornell University, 476 p. 1994.

VENTURA, F. et al. Validation of development models for winter cereals and maize with independent agrophenological observations in the BBCH scale. **Italian Journal of Agrometeorology**. v. 3, p. 17-26, 2009.

VON PINHO, R. G.; FIORINI, I. V. A.; SANTOS, A. O. Botânica IN: BORÉM, A.; PIMENTEL, L. D.; PARRELLA, R. A. C. **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 275 p. 2014.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M. Competição entre espécies de plantas. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**. v.11, p. 103-122. 2005.

ZEPKA, A.P.S. **Germinação, vigor de sementes e crescimento de plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) submetidas a diferentes doses de pendimethalin**. 2007. 48f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ANEXOS

Anexo 1. Resumo da análise de variância (ANOVA) para acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA) de quatro cultivares de sorgo em sete períodos de avaliação Manaus, 2016.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	F
Cultivares	3	0,98	0,32	1,30 ^{ns}
Períodos de avaliação	6	1410,09	235,01	935,36**
Cultivares x P. de avaliação	18	7,92	0,44	1,75*
Tratamentos	27	1418,99	52,55	209,17**
Resíduo	84	21,10	0,25	
CV%				12,54

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo.

Anexo 2. Resumo da análise de variância (ANOVA) para área foliar (AF) de quatro cultivares de sorgo em sete períodos de avaliação Manaus, 2016.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	F
Cultivares	3	337,62	125,87	4,45**
Períodos de avaliação	6	38866,98	6477,83	229,40**
Cultivares x P. de avaliação	18	729,43	40,52	1,43 ^{ns}
Tratamentos	27	39974,04	1480,52	52,43**
Resíduo	84	2371,93	28,23	
CV%				16,02

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade e ^{ns} não significativo.

Anexo 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) para altura da planta (AL) de quatro cultivares de sorgo em sete períodos de avaliação Manaus, 2016.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	F
Cultivares	3	5037,74	1679,24	61,19**
Períodos de avaliação	6	67148,69	11191,69	407,84**
Cultivares x P. de avaliação	18	5010,88	278,38	10,14**
Tratamentos	27	77197,33	2859,16	104,19**
Resíduo	84	2304,97	27,44	
CV%				13,06

** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Anexo 4. Análise de variância (ANOVA) para proteína bruta dos cultivares de sorgo Manaus, 2016.

Fatores de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	32,79539	10,93180	7,7098**
Resíduo	12	17,01497	1,41791	
Total	15	49,81037		
CV%				8,85

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.