



**FORRAGEM HIDROPÔNICA DE MILHO E MILHETO
CULTIVADOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS
ORGÂNICOS**

HACKSON SANTOS DA SILVA

2021



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

FORRAGEM HIDROPÔNICA DE MILHO E MILHETO
CULTIVADOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS
ORGÂNICOS

Autor: Hackson Santos da Silva
Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Março / 2021

HACKSON SANTOS DA SILVA

**FORRAGEM HIDROPÔNICA DE MILHO E MILHETO
CULTIVADOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS ORGÂNICOS**

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

Orientador: Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira
Co-orientador: Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Março/2021

633.2 Silva, Hackson Santos da.
S58f Forragem hidropônica de milho e milheto cultivados em diferentes substratos orgânicos. / Hackson Santos da Silva. - Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2021.

41fl.

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Fábio Andrade Teixeira e coorientação do Prof. D. Sc. Fabiano Ferreira da Silva.

1. Hidroponia – Forragem - Substratos orgânicos vegetais. 2. Milho - Forragem hidropônica – Produção e nutrição. 3. Milheto - Forragem hidropônica – Produção e nutrição. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Teixeira, Fábio Andrade. III. Silva, Fabiano Ferreira da. IV. Título.

CDD(21): 633.2

Catálogo na fonte:

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

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Alimento alternativo - Produção animal
2. *Zea mays*
3. *Pennisetum glaucum*

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

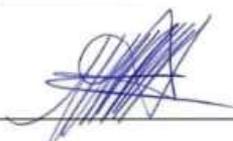
Título: "Forragem hidropônica de milho e milheto cultivados em diferentes substratos orgânicos".

Autor (a): Hackson Santos da Silva

Orientador (a): Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira

Coorientador (a): Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva

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

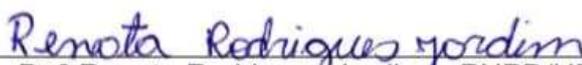


Prof. Dr. Fábio Andrade Teixeira – UESB

Orientador



Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro - UFRB



Dr.ª Renata Rodrigues Jardim – PNP/UESB

Data de realização: 01 de março de 2021.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.*

Madre Teresa de Calcutá

A Deus, por me permitir concluir mais uma etapa da minha vida.

*Aos meus pais, familiares e amigos, em especial, àqueles que estiveram ao meu lado
aqui em Itapetinga.*

Aos meus mestres, pela disponibilidade e presença durante minha formação.

...DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelas bênçãos concedidas em minha jornada acadêmica.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), por possibilitar o desenvolvimento deste trabalho, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Dr. Fábio Teixeira e Dra. Renata Jardim pela orientação, paciência e pelos conhecimentos adquiridos que contribuíram para minha formação durante o curso.

Ao corpo docente e técnico da universidade, que se fizeram presentes nessa caminhada, contribuindo em minha formação tanto pessoal quanto profissional.

À turma do grupo de pesquisa em forragicultura, pelo trabalho, pela troca de experiência e pela alegria garantida durante os meses de experimento.

A Tiago, ao meu avô Pedro e meu tio padre Zé Silva (*in memoriam*), que partiram durante a minha trajetória, mas que continuam vivos em meu coração.

A Thatiane, Lucas, Tarcísio e Junior, pela amizade e incentivo durante toda a fase do curso.

À minha família, meu alicerce. Minha avó, tios e primos, que mesmo de longe fizeram parte dessa história. Minha mãe, devo a você todo o meu amor e gratidão, pois, sem o seu apoio, esse sonho nunca seria realizado.

BIOGRAFIA

Hackson Santos da Silva, filho de Evanildes Oliveira Santos e Osvaldo de Jesus da Silva, nasceu em Valença - Bahia, no dia 26 de janeiro de 1993.

Em dezembro de 2018 concluiu o curso de Zootecnia na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

Em março de 2019 iniciou o mestrado em Produção de Ruminantes, pelo programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), realizando estudos na área de forragicultura e pastagem, sob a orientação do professor Dr. Fabio Andrade Teixeira.

Em março de 2021 submeteu-se à banca examinadora para defesa final da dissertação, para obtenção do título de mestre em Zootecnia.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xiii
I- REFERENCIAL TEÓRICO.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Caracterização da espécie.....	2
1.2.1. <i>Zea mays</i> (L.).....	2
1.2.2. <i>Pennisetum glaucum</i> (L.).....	3
1.3. Forragem hidropônica na produção animal.....	3
1.4. Aspectos que influenciam a produção da forragem hidropônica.....	5
1.4.1. <i>Idade de colheita e densidade de semeadura</i>	5
1.4.2. <i>Substratos orgânicos</i>	6
1.4.3. <i>Solução nutritiva</i>	9
1.5. Referências bibliográficas.....	12
II- OBJETIVO.....	17
2.1. Objetivo geral.....	17
2.2. Objetivos específicos.....	17
III- MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Local e período experimental.....	18
3.2. Tratamentos, preparo do canteiro e semeadura.....	18
3.3. Irrigação e fertirrigação.....	21
3.4. Colheita e variáveis analisadas.....	21
3.4.1. <i>Parâmetros de germinação</i>	22
3.4.2. <i>Produção de matéria natural e matéria seca</i>	23
3.4.3. <i>Análise Bromatológica</i>	23
3.4.4. <i>Eficiência de uso da água e eficiência de conversão</i>	23

3.5. Análise estatística.....	24
IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
V- CONCLUSÃO.....	37
VI- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
VII- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 01 Função dos macro e micronutrientes presentes nas plantas.....	9
Tabela 02 Caracterização químico-bromatológica das sementes de milho, milho e substratos orgânicos utilizados no ensaio experimental para a produção de forragem hidropônica.....	20
Tabela 03 Caracterização físico-química dos substratos orgânicos utilizados no ensaio experimental para produção de forragem hidropônica.....	20
Tabela 04 Caracterização físico-química dos substratos orgânicos utilizados no ensaio experimental para produção de forragem hidropônica.....	23
Tabela 05 Índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de germinação (GER) e altura (ALT) da forragem hidropônica de milho e milho cultivados em diferentes substratos orgânicos.....	26
Tabela 06 Produção de massa fresca da parte aérea (PMFA), produção da massa fresca da base (PMFB), produção de massa fresca total (PMFT) da forragem hidropônica de milho e milho cultivados em diferentes substratos orgânicos.....	28
Tabela 07 Produção de matéria seca da parte aérea (PMSA), produção de matéria seca da base (PMSB) e produção de matéria seca total (PMST) da forragem hidropônica cultivada em diferentes substratos orgânicos.....	30
Tabela 08 Eficiência do uso da água (EUA) e eficiência de conversão (EC) da forragem hidropônica de milho e milho cultivados em diferentes substratos orgânicos.....	32
Tabela 09 Teor de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDN _{cp}), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da forragem hidropônica completa de milho e milho cultivados em diferentes substratos orgânicos.....	34

Tabela 10 Teor de cinzas (CZ) e matéria orgânica (MO) da forragem hidropônica completa de milho e milheto cultivados em diferentes substratos orgânicos.....	36
---	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01. Disponibilidade de nutrientes em diferentes valores de pH do solo.....	10
Figura 02. Dados de umidade relativa, temperatura máxima, mínima e média do período experimental.....	18
Figura 03. Distribuição das unidades experimentais em casa de vegetação.....	19
Figura 04. Preparo, monitoramento e armazenagem da solução nutritiva.....	21
Figura 05. Colheita da forragem hidropônica.....	22

RESUMO

SILVA, Hackson Santos. **Forragem hidropônica de milho e milheto cultivados em diferentes substratos orgânicos**. Itapetinga, BA: UESB, 2021. 41f. Dissertação. (Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).*

O objetivo desta pesquisa é avaliar a produção e o valor nutritivo da forragem hidropônica de milho e milheto cultivados em diferentes substratos orgânicos. O experimento foi realizado de abril a julho de 2020, com instalação dos canteiros em casa de vegetação localizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Itapetinga, Bahia. O estudo adotou o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3, com o uso de duas gramíneas, milho (*Zea mays*) e milheto (*Pennisetum glaucum*), e de três substratos orgânicos, bagaço de cana de açúcar (*Saccharum* sp.) - (BC), capim elefante picado (*Pennisetum purpureum*) - (CE) e capim braquiária picado (*Brachiaria decumbens*) - (CB), com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais, as quais possuíam uma área de 0,49m² e espaçamento de 0,3m. O experimento foi conduzido por quinze dias, com uma densidade de 2kg de semente/m², e irrigado com água e solução nutritiva comercial. Na sequência, avaliaram-se os parâmetros de germinação, altura, produção e valor nutritivo da forragem hidropônica (FH). Mediante essa análise, notou-se que, independente da gramínea utilizada, o BC influenciou de forma negativa os parâmetros de germinação, e, dentro desse mesmo substrato, o milho apresentou melhores índices de germinação que o milheto. Já para a variável altura de plantas, entre os substratos à base de capim picado, a FH do milheto exibiu um valor inferior à do milho, e no BC, por sua vez, foi registrado o menor valor de altura. Para a produção de massa seca, a fração aérea obteve destaque com o uso do milheto, por outro lado, a fração base e produção de massa seca total do milho foram superiores à do milheto, nos substratos BC e CE. Com o substrato BC, o milho demonstrou maior produção de massa seca total (3,01kg/m²), sendo influenciado diretamente pela fração base, o que refletiu em melhor eficiência de uso da água e de conversão. Quanto aos substratos compostos por capim picado, menores valores de fibra em detergente neutro foram identificados tanto no milho quanto no milheto. O cultivo do milheto propiciou valores mais altos de conteúdos fibrosos e proteicos, a saber, o milheto cultivado em CE, com 57,84% e 21,97%, em CB, com 64,24% e 17,88% e em BC 68,16% e 19,88, respectivamente. Tratando-se dos aspectos energéticos, a FH do milho foi superior à do milheto, apresentando maior teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) na utilização do CE (64,11%). Os substratos e espécies de gramíneas afetam os parâmetros avaliados, em que o uso do BC acarretou em maior produção total de massa seca na FH para a gramínea do milho. Os substratos à base de capim picado refletiram em FH com reduzido teor de fibras, altos teores de NDT, além de elevado teor proteico, conferindo a esses tratamentos valor nutritivo satisfatório à produção de ruminantes.

Palavras-chave: alimento alternativo, hidroponia, *Zeamays*, *Pennisetum glaucum*

*Orientador: Fábio Andrade Teixeira, D.Sc. UESB e Co-orientador: Fabiano Ferreira da Silva, D.Sc. UESB.

ABSTRACT

SILVA, Hackson Santos. **Hydroponic forage of maize and millet cultivated in different organic substrates.** Itapetinga, BA: UESB, 2021. 41f. Dissertation. (Master in Animal Science, Area of Concentration in Ruminant Production)*.

This research aims to analyze the production and nutritional value of hydroponic forage of maize and millet which are cultivated in different organic substrates. The experiment was conducted from April to July 2020, with the installation of the beds in a greenhouse located at the State University of Southwest Bahia (UESB), in Itapetinga, Bahia. This study adopted a completely randomized design in a 2 x 3 factorial scheme, using two grasses, maize (*Zea mays*) and millet (*Pennisetum glaucum*), and three organic substrates, sugarcane bagasse (*Saccharum* sp.) - (BC), chopped elephant grass (*Pennisetum purpureum*) - (CE) and chopped signal grass (*Brachiaria decumbens*) - (CB), with four replications and a total of 24 experimental units, which had an area of 0.49m² and spacing of 0.3m. The experiment was carried out for fifteen days, with a density of 2kg of seed/m², and irrigated by using water and commercial nutrient solution. Next, the germination parameters, height, production and nutritive value of the hydroponic forage (FH) were evaluated. Through this analysis, it was noticed that, regardless of the grass used, BC has had a negative effect on the germination parameters and, within this substrate, maize has presented better germination rates than millet. As for the variable plant height, among substrates based on chopped grass, the FH of millet showed a lower value than that one of maize, while in BC it was registered the lowest value of height. In the production of dry matter, the shoot fraction stood out by the use of millet. On the other hand, the base fraction and total dry matter production of maize were higher in BC and CE substrates than the one of millet. With BC substrate, maize has had the highest total dry matter production (3.01kg/m²), and it was directly influenced by the base fraction, which resulted in better water use and conversion efficiency. Concerning to the substrates composed of chopped grass, lower values of neutral detergent fiber were identified in both maize and millet. The millet cultivation provided higher values of fibrous and protein contents: millet grown in CE, with 57.84% and 21.97%; in CB, with 64.24% and 17.88%; and in BC 68.16% and 19.88, respectively. With regard to energy aspects, the FH of maize was higher than that of millet, as the maize showed the highest content of total digestible nutrients (NDT) in the use of CE (64.11%). The substrates and grass species affect the evaluated parameters, in which the use of BC resulted in higher total dry matter production in FH for the maize grass. The substrates based on chopped grass reflected in FH with reduced fiber content, high NDT content and high protein content, giving these treatments a satisfactory nutritional value for the ruminant production.

Keywords: Alternative food, hydroponics, *Zea mays*, *Pennisetum glaucum*

* Advisor: Fábio Andrade Teixeira, D.Sc. UESB e Co-Advisor: Fabiano Ferreira da Silva, D.Sc. UESB.

I REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Introdução

Em sistemas de produção onde a pastagem representa a principal fonte alimentar dos animais, o desempenho destes pode ser comprometido, afetando o rendimento de carne e leite, devido à sazonalidade climática, a qual acarreta em baixa produção de forragem em alguns períodos do ano (Sanches et al., 2015; Santos et al., 2017).

Assim, a busca por estratégias que visem minimizar os efeitos da sazonalidade sobre a forragem e suas consequências nos animais torna-se essencial para uma produção limpa e rentável. Nesse sentido, há uma frequência de estudos na academia com o propósito de fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias, como alternativas sustentáveis, que servem para a suplementação alimentar dos ruminantes e para evitar reduções na produtividade em tempos adversos.

Em meio a isso, a hidroponia tem se destacado como uma das alternativas viáveis, pois é uma técnica de cultivo sem solo que consiste em produzir alimento em um curto espaço de tempo, de 10 a 15 dias, com captação da energia solar e assimilação de minerais contidos na solução nutritiva (FAO, 2001).

Essa tecnologia tem sido amplamente divulgada em todo o mundo e adaptada à produção de forragem para servir de alimento a animais. Além do mais, propicia elevada produtividade, baixo consumo de água, menores custos de produção e elevados valores proteicos e energéticos, podendo ser ofertada na criação de grandes e pequenos ruminantes (Souza et al., 2017)

Entre as espécies vegetais para a alimentação animal, o milho e o milheto chamam atenção por serem gramíneas de ciclo rápido e oferecerem matéria seca em quantidade e bom valor nutritivo. Entretanto, essas espécies vegetais produzem menos massa seca em regiões em que o clima severo e secas prolongadas dificultam seu cultivo. (Almeida, et al.; Martins et al., 2018). Dessa forma, sua utilização na hidroponia é uma factível opção de volumoso, com alto teor proteico a ser fornecido ao animal, porquanto independe da fertilidade do solo e de chuvas para sua produção.

O aumento da produção de massa seca da forragem hidropônica (FH) é influenciado por resíduos da agroindústria e de culturas agrícolas, e também por gramíneas (capim) picadas, visto que apresentam potencial para uso como substratos na técnica de hidroponia. Esses substratos proporcionam incrementos substanciais nos teores de fibra e nutrientes necessários ao conjunto da FH (substrato + raiz + parte aérea), e permitem também o desenvolvimento adequado das raízes.

Não obstante, vale destacar que cada substrato dispõe de características intrínsecas, tais como potencial hidrogeniônico (pH), condutividade e densidade, capazes de afetar o desenvolvimento das plantas, sendo necessário o conhecimento delas para melhor adequação da espécie forrageira a se produzir. (Martinez & Silva Filho, 2006).

Ainda há pouca disponibilidade de dados quanto à qualidade de forragens hidropônicas cultivadas em diferentes substratos. Nessa perspectiva, o trabalho científico que visa fomentar essas informações é relevante, pois a FH de alta qualidade permitirá ao produtor manter e ampliar a produtividade de seus rebanhos, tornando-a mais estável, independentemente das variações climáticas sazonais.

1.2. Caracterização das espécies

1.2.1. Zea mays L.

De acordo com a classificação botânica, o milho pertence à classe Liliopsida, família Poaceae e subfamília Panicoideae, tribo *Maydeae*, ao gênero *Zea* e à espécie *Zeamays* (EMBRAPA, 1991). É um dos cereais mais cultivados do mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor e exportador. Sua utilidade como ração animal está em torno de 53% da demanda total, contra 2% da demanda para consumo humano (ABIMILHO, 2020).

Por ter grande adaptabilidade, o milho pode ser cultivado em diferentes sistemas de produção e condições climáticas, e isso reflete em ciclos distintos para a colheita e nos níveis produtivos, os quais estão em posição de liderança na região Centro-Oeste (44,8% da produção nacional em 2019/2020), seguida do Sul (33,1%), Sudeste (9,8%), Nordeste (8,3%) e, por último, do Norte (4,1%). Com relação ao nordeste, a Bahia destaca-se como o maior produtor de grãos, responsável por 44,4% (BANCO DO NORDESTE, 2020).

Apesar da versatilidade que a cultura do milho possui, quando cultivado em regiões com baixos índices pluviométricos e/ou secas prolongadas, o efeito do déficit hídrico compromete o rendimento de grãos e de massa seca (Magalhães, et al., 2002; Bastos et al. 2018). Esse efeito está relacionado com o processo fotossintético, o qual é comprometido pelo fechamento dos estômatos em situação de estresse hídrico, resultando em menor disponibilidade de CO₂ que é o precursor para todas as atividades metabólicas das plantas (Taiz & Zeiger, 2013).

1.2.3. *Pennisetum glaucum* (L.)

O milheto pertence à grande família das gramíneas Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo *Paniceae*, subtribo *Panicenae* e gênero *Pennisetum* (Brunken, 1977). Originário da África, o milheto é uma gramínea anual de ciclo curto (60 a 120 dias), cespitosa e de porte alto, entre 1,5 e 3 m, podendo chegar a 5m, e apresenta uma rápida taxa de crescimento e sistema radicular profundo. Os colmos são densamente lisos abaixo da panícula e normalmente têm entre 1 e 2 cm de diâmetro; a planta produz abundante folhagem, lisa ou de superfície pilosa, com comprimento entre 90 e 100 cm e largura de 5 a 8 cm (Durães et al., 2003; Dias-Martins, 2018).

Definido como forrageira com característica versátil, o milheto é empregado em pastejo direto, corte e silagem, e a colheita de grãos consegue atingir níveis de produtividade superiores a 5 t/ha (Durães et al., 2003; Vital et al., 2015). Sua biomassa tem um potencial produtivo que consegue chegar a 60 t ha⁻¹ de massa verde e a 20 t ha⁻¹ de matéria seca (Pereira Filho, 2019), destacando-se como o sexto cereal mais produzido no mundo, consoante FAOSTAT (2019).

Com características agrônomicas de alta resistência à seca, desempenho nutricional e adaptação a solos com baixa fertilidade, essa cultura tem sido utilizada como possível substituta do milho em dietas dos animais (Vidal et al. 2016). Entre as diversas vantagens do grão de milheto em relação ao milho, destacam-se o maior teor proteico, 12 a 14% para o milheto e 7 a 8% para o milho, e a maior digestibilidade dos aminoácidos (Rostagno et al., 2011).

1.3. Forragem hidropônica na produção animal

O termo *hidroponia* deriva das palavras gregas: *hydro*= água e *ponos*= trabalho, que significa “trabalhar com a água”. Apesar de ter surgido na Inglaterra, foi o pesquisador norte-americano William Frederick Gericke quem utilizou esse termo, em 1937, para definir o ato de plantar sem o uso de solo, impulsionado no marco da Segunda Guerra Mundial, quando a alimentação das tropas americanas era intermediada por essa técnica (Elías, 2018).

Com o passar do tempo, a hidroponia foi adaptada para o uso na alimentação animal, por meio do cultivo de espécies forrageiras de ciclo curto, e hoje é difundida no Brasil, principalmente entre os pequenos e médios produtores. A FH surgiu como uma alternativa de complemento da dieta animal em períodos de escassez de forragem, sobretudo em zonas áridas e semiáridas, onde o efeito da escassez de chuva é mais acentuado, comprometendo a pastagem e diminuindo os índices produtivos dos rebanhos (Paulino et al., 2004; Elías, 2018).

A “estacionalidade de produção das plantas forrageiras” são termos referentes à produção reduzida das pastagens em estações em que há diminuição da disponibilidade de luz, queda na temperatura média e quando a pluviosidade é drasticamente limitada. Esses três fatores impedem que as forragens cresçam de maneira uniforme durante o ano e que aconteça um crescimento vigoroso permanente, como ocorre no “verão”, ou, popularmente conhecido, na época das “águas” (Costa et al., 2005). Da mesma forma que se tem o efeito negativo sobre a produção, a qualidade nutricional da forragem também é afetada, trazendo um aumento nos constituintes fibrosos, em especial, a lignificação da parede celular secundária, o que prejudica a digestibilidade da matéria seca e no consumo dos animais (Eduardo et al., 2010).

Com o intuito de contornar as adversidades agroclimáticas sobre o desempenho animal, a FH aparece como umas das alternativas viáveis para manter a qualidade nutricional do rebanho através da alta produtividade e do baixo custo produtivo (Andrade Neto et al., 2002).

A FH é considerada uma tecnologia de produção de alimentos para animais, na qual a biomassa vegetal origina-se do processo germinativo de sementes de forrageiras, que se desenvolvem em um ciclo de 10 a 15 dias, absorvendo luz solar e minerais presentes na fertirrigação (FAO, 2001). Essa técnica não usa o solo e é cultivada em bandejas com camadas verticais ou em lonas plásticas sobre solos improdutivos. Nesse sentido, é uma alternativa estratégica para pequenas e médias propriedades que possuem

uma limitação em manter o fornecimento de volumoso ao longo do ano e colabora no ganho de peso animal.

Avaliando a proporção de forragem em dietas de ovinos e sua relação com o ganho de peso, Aguilar et al. (2009) concluíram que em dietas com 70% e 25% de FH do milho, houve incrementos significativos quanto ao peso de cabras, registrando-se 134,7 e 144,3 g.dia⁻¹, respectivamente. Esses resultados foram significativamente elevados em comparação com a dieta controle, que dispunha de feno de alfafa, milho e silagem de milho, a qual foi responsável por um ganho de peso diário de 95,5g.

Os estudos de Del Castillo et al. (2013) relatam que, com a FH de cevada, os ovinos ganharam um peso superior ao daqueles tratados com dieta à base de grãos (159 g.dia⁻¹ vs 116 g.dia⁻¹), posto que, na forragem, para cada quilo de matéria seca havia maior quantidade de proteínas e aminoácidos livres.

De modo semelhante, Ata (2016), ao estudar o efeito da FH de cevada sobre o desempenho de ovinos, relatou um ganho médio diário maior ($p < 0,05$) para cordeiros alimentados com dieta contendo FH, com 266 g.dia⁻¹, à medida que para animais alimentados com dieta controle, o ganho médio diário foi de 191 g.dia⁻¹. Valores mais altos de ganho de peso diário são importantes do ponto de vista econômico, já que esse ganho apresenta uma correlação negativa com o tempo que os animais levam até atingirem o peso de abate.

1.4. Aspectos que influenciam a produção da forragem hidropônica

1.4.1. Idade de colheita e densidade de semeadura

Os teores nutricionais na FH excedem aos teores das gramíneas que compõem as pastagens, devido ao estágio de maturidade precoce em que a forragem é colhida. A idade fisiológica da planta é um importante aspecto que influencia o valor nutritivo de gramíneas forrageiras, nas quais as porcentagens de celulose, hemicelulose e lignina tornam-se elevadas com o avançar da idade, ocasionando uma redução na proporção de carboidratos solúveis e proteínas (Paciullo et al. 2001), e, como consequência, traz uma queda acentuada na digestibilidade.

A colheita da FH feita de 10 a 20 dias favoreceu as frações mais digestíveis da planta, e identificaram-se valores proteicos acima de 10%, fibra em detergente neutro em torno de 46% e uma produção de matéria seca de 2 a 3kg/m² (Almeida et al.,2020).

Logo, ciclos com 15 dias tornam-se estratégicos para obter resultados satisfatórios no cultivo de FH, pois, a depender da idade fisiológica da planta, colheitas precoces tendem a revelar baixo rendimento produtivo, enquanto nas tardias há perda no valor nutritivo, por conta da diluição dos nutrientes, que trabalha em sincronia com a ampliação do tecido fibroso (FAO, 2001, Valente et al., 2010).

No entanto, esses valores são passíveis de alterações em função da densidade de semeadura, que geralmente é recomendada na faixa de 2-3 kg/m², não havendo consenso entre os autores a respeito de um valor fixo. Em estudos experimentais com FH de milho realizados pela FAO (2001), valores de 2,2 a 3,4 kg/m² de sementes foram recomendados. Bezerra Neto et al. (2015) e Müller et al. (2006), por seu turno, recomendam uma densidade ideal de 2 kg/m² para a semeadura de milho e milheto, a fim de garantir melhor qualidade de forragem produzida. Segundo Rocha et al. (2014), em situações cujos valores ultrapassaram 2,5 kg de semente/m² houve um reflexo negativo na produção de massa seca da forragem.

1.4.2. Substratos orgânicos

A FH pode ser cultivada em bandejas com camadas verticais no interior de estufas (Viquez et al., 2017; Lozano et al., 2016; Bravo, et al. 2018) ou, de forma rústica, em solo recoberto por lona (Santana, et al., 2020; Píccolo, 2012; Campêlo, et al., 2007). Em bandeja, na ausência de substrato, o produto final corre o risco de conter um baixo teor de fibras, limitando seu uso como suplemento alimentar para os ruminantes, pois elas promovem equilíbrio ao rúmen, relacionado com a microbiota ruminal e seus processos fermentativos (Alves, et al., 2016).

Ao incorporar um substrato no cultivo, seja em bandejas ou em solo recoberto, não só os teores de fibras teriam um incremento, mas a matéria seca total da forragem seria expandida, contornando facilmente a limitação em termos de fibra no sistema hidropônico.

Consoante Oliveira et al. (2016), substrato é todo material sólido, natural ou residual, de origem mineral ou orgânica, que pode ser utilizado puro ou em misturas no cultivo intensivo de plantas, em substituição total ou parcial ao solo, servindo de suporte no desenvolvimento da planta durante todo seu ciclo. Geralmente, os substratos para a produção da FH são secos e triturados, distribuídos em camadas de 4 a 6 cm de espessura total, manifestando valores de 2 a 4 kg/m², onde as sementes são dispostas

sobre a camada inferior, posteriormente recoberta por uma camada superior do substrato (Píccolo et al., 2013).

Os substratos não apenas sustentam as plantas, mas também são responsáveis por fornecer ar, água e nutrientes, e caracterizados em fases distintas, de acordo com Lemaire (1995): fase sólida, que garante a manutenção mecânica das raízes e sua estabilidade no meio; fase líquida, que supre a planta, disponibilizando água e nutrientes; e fase gasosa, que permite a troca de gases (oxigênio e gás carbônico) entre o sistema radicular e a atmosfera. Resíduos da agroindústria e materiais existentes nas propriedades rurais, desde que reconhecidas sua qualidade e adequação para produção de FH, são alternativas viáveis nesse tipo de cultivo (Sediyama et al., 2014).

Nas características inerentes aos materiais com potencial para uso, como substratos orgânicos, destacam-se os fatores do custo, da disponibilidade para aquisição do material, da viabilidade de uso desses materiais como alimento para o animal, além das características químicas e físicas. Em relação às propriedades químicas, o pH e a condutividade elétrica têm efeito sobre a disponibilidade e absorção dos nutrientes. Quando o pH encontra-se na faixa de 5,0 a 7,0, grande parte dos nutrientes é facilmente absorvida pelas plantas (Cardoso & Andreote, 2016), entretanto, no que se refere à condutividade elétrica, existe controvérsia quanto ao melhor valor a ser adotado, estando em uma faixa de 1,5 a 3,5mS cm⁻¹ (Alberoni, 1998).

Já as características físicas, como densidade e capacidade de retenção de água, estão diretamente relacionadas ao desenvolvimento do sistema radicular e troca de gases no meio (LIZ et al., 2006). De acordo com Bosa et al. (2003), os valores ideais para a densidade de substratos agrícolas variam de 0,17 a 1,0 g cm⁻³ e refletem nas condições ideais de oxigenação das raízes. Desse modo, com o conhecimento das características dos substratos, é possível inferir quais são as situações mais adequadas para o desenvolvimento das plantas.

Das opções de substratos orgânicos oriundos de cultura agrícola ou da agroindústria, o bagaço de cana de açúcar (BC) tem sido comum na fabricação da FH (Araújo et al., 2018; Paula et al., 2011; Píccolo et al., 2013). Ele é um resíduo que vem do processo de moagem da cana nas usinas e alambiques. Normalmente, a produção do BC é utilizada como fonte alternativa na suplementação animal no período de escassez de forragens, contudo, por apresentar baixo valor nutritivo e baixa digestibilidade, seu uso torna-se inviável quando não existe um tratamento adequado (Locatelli, 2016). Como substrato no cultivo de FH, o BC tem uma melhor qualidade, por via da

associação com os componentes da FH (parte aérea, sementes não germinadas e raízes), e providencia incrementos de fibras à forragem que é colhida jovem.

Em épocas de seca, o processo de maturação das gramíneas pode ser acelerado pela influência da luminosidade e temperatura, agentes que causam uma redução na digestibilidade e nos teores de proteína bruta, coincidente ao acréscimo linear nos teores de fibras e aumento da lignificação, ocasionando em menor ingestão pelos animais. Dessa maneira, a utilização de gramíneas como substrato na produção de FH, a exemplo do capim braquiária (CB) e do capim-elefante (CE), que compõem pastos nesse período, é uma alternativa viável para o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis na propriedade.

Além do capim picado e do bagaço de cana, outros materiais, a saber, a casca de arroz e de café possui considerável potencial para uso como substrato orgânico na FH, porém, alguns estudos apontam para a necessidade de mais pesquisas e testes com diferentes substratos. Isso porque, a depender do material, este pode conter substâncias ou elementos minerais que, em grande quantidade, são capazes de afetar a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas (Rosa et al., 2006).

Campêlo et al (2007), estudando o milho hidropônico na densidade de 2,5 kg/m² produzido em diferentes substratos, constatou a eficiência dos mesmos com base nos valores de produção e valor nutritivo da forragem colhida aos 15 dias. O substrato de capim-elefante, em comparação com a palha de arroz, favoreceu a retenção de nitrogênio e contribuiu com maior teor de proteína bruta (15,30% vs 12,12%). Quanto à produção de matéria seca, obteve-se maior quantidade por intermédio do substrato casca de arroz (7,16 kg/m² vs 3,9 kg/m²). Todavia, o autor levanta um questionamento sobre a qualidade da matéria seca, em função de serem altos os valores de fibras e os teores de cinzas, pois a casca do arroz denota elevada proporção de silício em sua composição, o que poderia inibir a digestão do volumoso oferecido ao animal.

Píccolo (2012), ao avaliar a FH do milho colhida aos 15 dias, produzida em diferentes substratos orgânicos em uma densidade de semeadura de 2,5 kg/m², e aplicando solução nutritiva padrão, concluiu que, entre esses substratos, o CE e o BC tiveram os melhores desempenhos no desenvolvimento da parte aérea da FH, com um incremento de 86,6% e 69,8%, em relação ao substrato produzido com casca de café. Com relação aos parâmetros qualitativos da forragem completa (substrato, raízes e parte aérea), foram identificadas as características de qualidade elevada, com valores proteicos entre 8,6% e 9,9%, fibra em detergente neutro 54% e 47%, lignina, com uma média de 6,9%, e

percentual de digestibilidade *in vitro* da matéria seca de 51,8% a 49,9%, mediante o uso do BC e CE, nessa ordem.

1.4.3. Solução nutritiva

Da mesma forma que acontece em culturas desenvolvidas em solo, para produzir FH, as plantas cultivadas necessitam de um fornecimento de nutrientes que são disponibilizados via solução nutritiva, fonte exclusiva de aporte nutricional para atender suas exigências em toda fase de desenvolvimento, desde a germinação até a formação de biomassa (Prado, 2008). As soluções nutritivas comuns nessa técnica se baseiam na solução proposta por Hoagland & Arnon em 1938 (Hoagland & Arnon, 1950), tida como pioneira nos cultivos hidropônicos.

Essa solução, facilmente adquirida no comércio, tem um preparo simples e dispõe de todos os nutrientes (Tabela 01), em quantidades equilibradas, conforme as necessidades da cultura. É, ainda, uma das principais partes do processo de produção da forragem, em que seu uso equilibrado garante um desenvolvimento satisfatório, atuando com diferentes funções no ciclo vital da planta (Martinez & Silva Filho, 2006).

Tabela 01. Função de macro e micronutrientes em plantas.

NUTRIENTE	FUNÇÃO
C, H, O	Compõem grande parte dos compostos orgânicos das plantas.
N	Faz parte dos aminoácidos, proteínas, nucleotídeos, etc., e, como componente das enzimas, participa do metabolismo geral das plantas.
P	Componente dos nucleotídeos, fosfoproteínas, lipoproteínas, etc. Participa da síntese dos carboidratos e tem função no armazenamento de energia nas plantas.
K	Tem função na abertura e fechamento dos estômatos, atua como um regulador osmótico e na catálise de várias enzimas.
Ca	Atua na catálise de enzimas e, como componente das membranas celulares, tem um papel importante na seletividade.
Mg	Atua na catálise de várias enzimas, participa da fotossíntese como componente da molécula de clorofila.
S	Componente de aminoácidos, sulfoproteínas, grupo ativo de enzimas e coenzimas.
Fe	Participa de grupo ativo de enzimas, como a nitrogenase, e dos citocromos, atua no sistema de transporte de elétrons e é necessário à síntese da clorofila.
Cu	Atua como ativador enzimático.
Mn	Componente da manganina e desempenha função na fotossíntese e no ciclo dos ácidos tricarbóxicos.

Zn	Atua como ativador enzimático.
B	Função no transporte dos carboidratos, na síntese de hemiceluloses, lignina e RNA.
Cl	Participa da fotossíntese.
Ni	Catalisador de enzimas.
Mo	Atua no metabolismo do nitrogênio.

Fonte: Bezerra Neto & Barreto, 2012.

Teóricos, no geral, apontam variações quanto ao volume de solução nutritiva e sua associação com água em relação à cultura utilizada no cultivo hidropônico. Em trabalho de Campêlo et al. (2007), o plantio do milho hidropônico em diferentes substratos recebeu, nos três primeiros dias, irrigações de água com 6 L/m²/dia e, após a germinação, fez-se a combinação de 2 L de água com 2 L de solução nutritiva dividida durante os períodos do dia. Píccolo et al. (2013), por sua vez, fizeram quatro aplicações diárias, com um volume de 4 L/m²/dia⁻¹, enquanto Muller (2006), na avaliação da FH do trigo, lançou mão de um volume de 3,5 L/m⁻²/dia⁻¹, dividido em três regas diárias.

Alguns fatores, como temperatura, pH e condutividade elétrica, devem ser controlados na solução nutritiva para que a planta consiga aproveitar os nutrientes disponíveis no momento da fertirrigação. Alberoni (1998) enfatiza o efeito desses fatores sobre o desenvolvimento da planta. Em sua opinião, temperaturas acima de 30°C tendem a diminuir na absorção dos nutrientes, valores de condutividade elétrica ideais estão na faixa de 1,5 a 3,5 µS/cm⁻¹ e o pH abaixo de 3,5 afeta a sobrevivência da planta, o qual influencia fortemente na disponibilidade e absorção dos nutrientes (Figura 01).

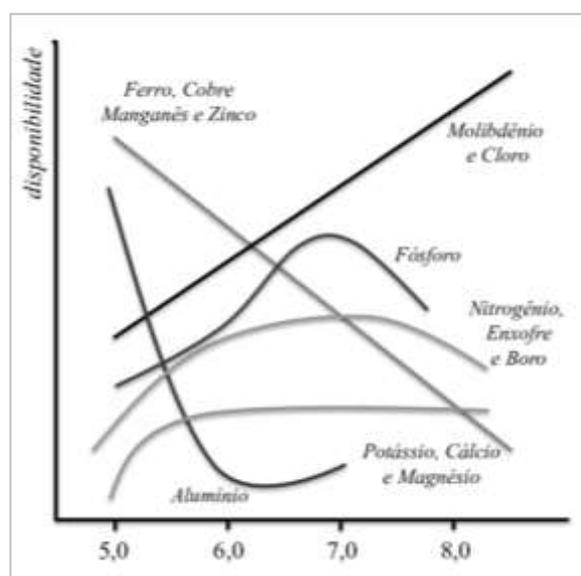


Figura 01. Disponibilidade de nutrientes em diferentes valores de pH do solo. Fonte: Cardoso & Andreote, 2016.

O pH está relacionado com os níveis de acidez e alcalinidade da solução, e a condutividade elétrica é uma estimativa do teor total de sais presentes (Braccini, et al. 1999) que podem ser monitorados facilmente pelo produtor por meio de equipamentos portáteis. Essas características químicas estão fortemente associadas com a eficiência de aproveitamento dos nutrientes pelas plantas.

O pH controla a disponibilidade dos nutrientes, otimizando a absorção da maioria deles na faixa de 5,5 a 5,8. Assim, torna-se necessário o monitoramento do pH, evitando valores abaixo de 5,0 e acima de 7,0, pois algumas plantas têm a possibilidade de manifestar deficiências de nutrientes devido à redução em sua absorção.

Por outro lado, os valores de concentração de sais afetam a produtividade, absorção de água e nutrientes, variando conforme a cultura utilizada. Em soluções nutritivas comerciais para FH (milho, sorgo, trigo, aveia e cevada), os fabricantes recomendam um valor em torno de 700 a 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$.

1.5. Referências bibliográficas

ABIMILHO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO. Estatísticas. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em: 08 dez. 2020.

AGUILAR, R. L.; AMADOR, B. M.; QUEZADA, G. R. El forraje verde hidropónico (FVH): una alternativa de producción de alimentos para el ganado en zonas áridas. **Interciencia**, v. 34, n 2, p. 121-126, 2009.

ALBERONI, R. B. **Hidroponia: como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo – alface, rabanete, rúcula, almeirão, chicória, agrião**. São Paulo: Nobel, 1998, 102 p.

ALMEIDA, J. C. C.; VALENTIM, J. K.; FARIA, D. J. G.; NORONHA, C. M. S.; VELARDE, J. M. D. S.; MENDES, J. P.; PIETRAMALE, R. T. R.; ZIEMNICZAK, H. M. Bromatological composition and dry matter production of corn hydroponic fodder. **Acta Sci., Anim. Sci.**, v.43, 2020.

ALMEIDA, M. C. R.; LEITE, M. L. D. M. V.; SÁ JÚNIOR, E. H.; CRUZ, M. G.; MOURA, G. A.; MOURA, E. A.; SÁ, G. A. S.; LUCENA, L. R. R. Crescimento vegetativo de cultivares de milho sob diferentes disponibilidades hídricas. **Magistra**, v. 29, n. 2, p. 161-171, 2018.

ALVES, A.R; PASCOAL, L.A.F; CAMBUÍ, G.B; TRAJANO, J.S; SILVA, C.M; GOIS, G.C.Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. **Pubvet**. v.10, n.7, p.568-579, 2016.

ANDRADE NETO, C.O.; MELO FILHO, C.P.; MOURA, L.R.B.; MIRANDA, R.J.A.; PEREIRA, M.G.; MELO, H.M.S.; LUCAS FILHO, M. Hidroponia com Esgoto Tratado – 78 Forragem Hidropônica de Milho, **Anais...**, Vitória: ABES, p.1-8, 2002.

ARAÚJO, V.S; COELHO, F. C.; CUNHA, R. C. V.; LOMBARDI, C. T. Forragem hidropônica de milho cultivada em bagaço de cana e vinhoto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.7, n.3, p.251-264, 2008.

ATA, M. Effect of Hydroponic Barley Fodder on Awassi Lambs Performance. **Journal of Biology, Agriculture and Health care**, v. 6, n. 8, p. 60–64, 2016.

BANCO DO NORDESTE. Produção de Grãos do Nordeste em 2020. DEE – Diário Econômico ETENE (Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste), Ano III, nº 3, Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/etene/diario-economico>. Acesso em: 07 de mar de 2021.

BASTOS, M.; Lima, L.; Gusmão, J.; Cardoso, M.; Avila, C.; Bernardes, T. A survey of maize hybrids for whole-plant silage in a hot climate. In: XVIII INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, p. 458-459, Boon, Germany, 2018.

BEZERRA NETO, E. **Hidroponia. Cadernos do Semiárido: Riquezas e oportunidades**. Recife, n. 6, p. 15-87, 2015.

BOSA, N; CALVETE, E.O; KLEIN, V. A. Development of young plants of gypsophila in different substrates. **Horticultura Brasileira**. v.21, n. 3, p. 514-519, 2003.

BRACCINI, M. SO C. L; BRACCINI, A. DEL.E; MARTINEZ, H.E.P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Semina**, v.20, n.1, p48-58, 1999.

BRAVO, F. S.; VIQUEZ, C.R. Efecto de lanutrición mineral en el rendimiento y las características bromatológicas del forraje verde hidropónico de maíz. **Pastos y Forrajes** v.41 n.2, p.106-113, 2018.

BRUNKEN, A. V. A systematic study of Pennisetum Sect Pennisetum (graminea). **American Journal of Botany**, v.64, n.2, p.161-176, 1977.

CAMPÊLO, J. E. G.; OLIVEIRA, J. C. G.; ROCHA, A. S.; CARVALHO, J. F.; MOURA, G. C.; OLIVEIRA, M. E.; SILVA, J. A. L.; MOURA, J. W. S.; COSTA, V. M.; UCHOA, L. M. Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 276-281, 2007.

CARDOSO, E.J.B.N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba - SP: Esalq, 2016.

COSTA, K. A. P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P.; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.

DEL CASTILLO, F. S.; PÉREZ, E. D. C. M.; MAGAÑA, E. M.; GÓMEZ, J. M. Producción de forraje hidropónico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso de borregos. **Revista Chapingo Serie horticultura**, v. 19, n. 4, p. 35-43, 2013.

DIAS-MARTINS, A. M.; PESSANHA, K. L. F.; PACHECO, S.; RODRIGUES, J. A. S.; CARVALHO, C. W. P. Potential use of Pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: food security, processing, health benefits and nutritional products. **Food Research International**, v. 109, p. 175-186, 2018.

DURAES, F.O.M; MAGALHÃES, P.C; SANTOS, F.G.dos; **Fisiologia da planta milheto**. Sete Lagoas: Embrapa, 2003, 16p. (Circular técnica).

EDUARDO, H. B. K. M.; MÁRIO, F. P.; SEBASTIÃO, C. V. F.; MORAES, K. A. A.; DETMANN, E.; SOUZA, M. G. Avaliação nutricional de estratégias de suplementação para bovinos de corte durante a estação da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 608-616, 2010.

ELÍAS, J. L. La producción hidropónica de cultivos. **Idesia (Arica)** V.36, n 2, p. 139-141, 2018.

EMBRAPA, Unidade de Execução de Pesquisa de Ambito Estadual de Dourados (MS). Milho: informações técnicas. Dourados , 198p., 1991.

FAO. Oficina Regional para America Latina y el Caribe. **Forraje verde hidropônico: manual tecnico.** Santiago, 2001.79 p.

FAOSTAT (2017).Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Data–Crops-Production. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/>. Acessado em 23 de nov de 2020.

HOAGLAND DR; ARNON DI. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Calif: Agric. Exp. Stat. **Circular** 347, 1-32p., 1950.

KOLLET, J. L.; DIOGO, J. M.S.; LEITE, G. G..Rendimento forrageiro e composição bromatológica de variedades de milho (Pennisetum glaucum (L.) R. BR.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1308–1315, 2006.

LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Acta Horticulturae**, n.396, p.273-284, 1995.

LIZ, R.S. **Análises físicas e químicas de substrato de coco verde para a produção de mudas de hortaliças.** 2006. 69 f. Tese (Mestrado) – Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB, Brasília, Distrito Federal.

LOCATELLI, Tamara. Produção de forragem hidropônica de milho cultivado sobre bagaço de cana-de-açúcar e capim napier com diferentes soluções nutritivas. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, Campos dos Goytacazes, 2016.

LOZANO, N. V. A.; OROZCO, R. L.; ALEGRIA, A. C.; CEVALLOS, J. H. A.; REYES, Y. G. Evaluación de diferentes sistemas de producción de biomassa hidropónica de maíz. **Ctro. Agr.** v.43 n.4, p.57-66, 2016.

MAGALHÃES, P. C; DURÃES, F. O. M. **Cultivo do milho Germinação e Emergência.** Minas Gerais: Embrapa, 2002. 9 p. (Boletim técnico).

MARTINEZ, H.E.P.; SILVA FILHO, J.B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas.** 3ª ed. Viçosa, Editora UFV, 2006.

MARTINS, M. A.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D. A.; ALVALÁ, R. C.; GIAROLLA, A.; GAROFOLO, L. L.; JUNIOR, J. L. S.; PAOLICCHI, L. T. L. C.; PINTO, G. L. N. Improving drought management in the Brazilian semiarid through crop forecasting. **Agricultural Systems**, v. 160, p. 21-30, 2018.

MÜLLER, L.; SANTOS, O. S.; MANFRON; P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; HAUT, V.; DOURADO NETO, D.; MENEZES, N. L. de; GARCIA, D. C. Forragem hidropônica de milho: produção e qualidade nutricional em diferentes densidades de semeadura e idades de colheita. **Ciência Rural**, v.36, p.1094-1099. 2006.

MÜLLER, L.; SOUZA, O. DOS S.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; HAUT, V.; DOURADO NETO, D.; MENEZES, H. L. DE; GARCIA, D. C. Produção e composição bromatológica de forragem hidropônica de milho, Zea Mays L., com

diferentes densidades de semeadura e data de colheita. **Zootecnia Tropical**, Venezuela, v. 23, n. 2, p.105-119, 2005.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; SOUZA NETA, M. L.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; SILVA, O. M. P.; GUIMARÃES, I. P. Desempenho de cultivares de rúcula sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p.67-73, 2012.

OLIVEIRA, M., OGATA, R., DE ANDRADE, G. A., SANTOS, D. D. S., SOUZA, R., GUIMARÃES, T., DA SILVA JUNIOR, M. C., PEREIRA, D. DE. S. & RIBEIRO, J. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Editora Rede de Sementes do Cerrado, 124 p. 1ed, 2016.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, D. S.; SILVA, E. A. M. Composição química e digestibilidade in vitro de lâminas foliares e colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 31, p. 964-974, 2001.

PAULA, L.; ROLIM, M. M.; NETO, E. B.; SOARES, T. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F. Crescimento e nutrição mineral de milho forrageiro em cultivo hidropônico com soro de leite bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 9, p. 931-939, 2011.

PAULINO, V.T., POSSENTI, R., LUCENA, M.A.C., VEDOVE, D.J.F.D., SOUZA, C.R.T. J, JÚNIOR, C.F., NATAL, V. Crescimento e avaliação químico bromatológica de milho cultivado em condições hidropônicas. **Revista Científica eletrônica de Agronomia**, v.5, n.3, p.1-5, 2004.

Pereira Filho, I. A. Cultivo do Milheto. 5 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 23 de nov de 2020.

PÍCCOLO, M. A. **Forragem verde hidropônica de milho produzida em substratos orgânicos residuais utilizando água residuária de bovino**. 2012. 77 f. Tese (Doutorado) - Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro.

PÍCCOLO, M. A.; COELHO, F. C.; GRAVINA, G. A.; MARCIANO, C. R.; RANGEL, O. J. P. Produção de forragem verde hidropônica de milho, utilizando substratos orgânicos e água residuária de bovinos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 4, p. 544-551, 2013.

PRADO, R.M. **Manual de Nutrição de Plantas Forrageiras**. 1ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 500p. 2008.

ROCHA, R. J. S. Produtividade e Composição Química da Forragem Hidropônica de Milho em Diferentes Densidades de Semeadura no Substrato Casca de Arroz. **Revista Científica de Produção Animal**, v.16, p. 26–30, 2014.

ROSA, S.D.V.F.; SANTOS, C.G.; PAIVA, R.; Melo, P.L.Q.; VEIGA, A.D.; VEIGA, A.D. Inibição do desenvolvimento *in vitro* de embriões de Coffea por cafeína exógena. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p. 177-184, 2006.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F. de; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. de T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252 p.

SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RICKLI, M. E.; FASOLIN, J. P.; SOARES, M. R. C.; GOES, R. H. T. B. Produtividade e valor nutritivo do capim Tifton85 irrigado e sobressemeado com aveia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n. 2, p.126-133, 2015.

SANTANA, D. C.; AREVALO, A. C. M.; SILVA, P. R.; KRAESKI, M. J.; ZANUNCIO, A. S.; TORRES, F. E. Cultivo de forragem hidropônica de inverno no ecótono cerrado pantanal. **Research, Society and Development**, v.9, n.6, p. 1-16, 2020.

SANTOS, G. O.; FARIA, R. T.; RODRIGUÊS, G. A.; DANTAS, G. F.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F. Forage yield and quality of marandu grass fertigated with treated sewage wastewater and mineral fertilizer. **Acta Scientiarum**, v.39, n. 4, p.515-523, 2017.

SEDIYAMA, N. A. M.; SANTOS, C. I. dos.; LIMA, C. P. de. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 829-837, 2014.

SOUZA, D. M. D. O.; VIDAL, D. A.; ÉDER-SILVA, E.; ALENCAR, A. P. Produção de Forragem Hidropônica de Milho usando Aquaponia. **Acta Kariri Pesq. e Des. Crat**, Ceara, v. 2, n. 1, p. 62-68, dez. 2017.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Poto Alegre-RS: Artemed, 2013, 954p.

VALENTE, B.S.M.; CÂNDIDO, M.J.D.; CUTRIM JUNIOR, J.A.A.; E S PEREIRA, E.S; BOMFIM, M.A.D.; FEITOSA, J.V. Composição química bromatológica, digestibilidade e degradação *in situ* da dieta de ovinos em capim-tanzânia sob três frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.113-120, 2010

VIDAL, M. P.; PEREIRA, A. S. C.; AFERRI, G.; SILVA, S. L. Desempenho e características da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo grãos de diferentes cereais. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, n. 2, p. 134-142, 2016.

VÍQUEZ, C. R.; BRAVO, F. S. Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. **Agronomía Costarricense**, v. 41, n. 2, p. 79-91, 2017.

VITAL, A.F. M; SANTOS, D; SANTOS, R.V. Características agronômicas do milheto adubado com diferentes fontes orgânicas. **Revista AGROTEC**, v. 36, n. 1, p. 303-309, 2015.

II OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este trabalho teve por objetivo avaliar a produção e o valor nutritivo da forragem hidropônica do milho e do milheto produzidos em diferentes substratos orgânicos.

2.2. Objetivos específicos

1. Quantificar a produção de matéria natural e matéria seca do milho e do milheto produzidos em sistema hidropônico com diferentes substratos orgânicos.
2. Verificar as características de germinação do milho e do milheto produzidos em sistema hidropônico com diferentes substratos orgânicos.
3. Avaliar a composição bromatológica do milho e do milheto produzidos em sistema hidropônico com diferentes substratos orgânicos.
4. Determinar a eficiência do uso da água e a eficiência de conversão do milho e do milheto produzidos em sistema hidropônico com diferentes substratos orgânicos.

III MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e período experimental

O experimento foi executado de abril a julho de 2020, com instalação de canteiros em casa de vegetação localizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* Juvino Oliveira, com coordenadas geográficas: 15°38'46" de latitude sul, 40°15'24" de longitude oeste e altitude de 280 m, município de Itapetinga, Bahia.

A temperatura e a umidade do ar durante o período experimental foram monitoradas diariamente através de termo-higrômetro de máxima e mínima, instalado no interior da casa de vegetação (Figura 02).

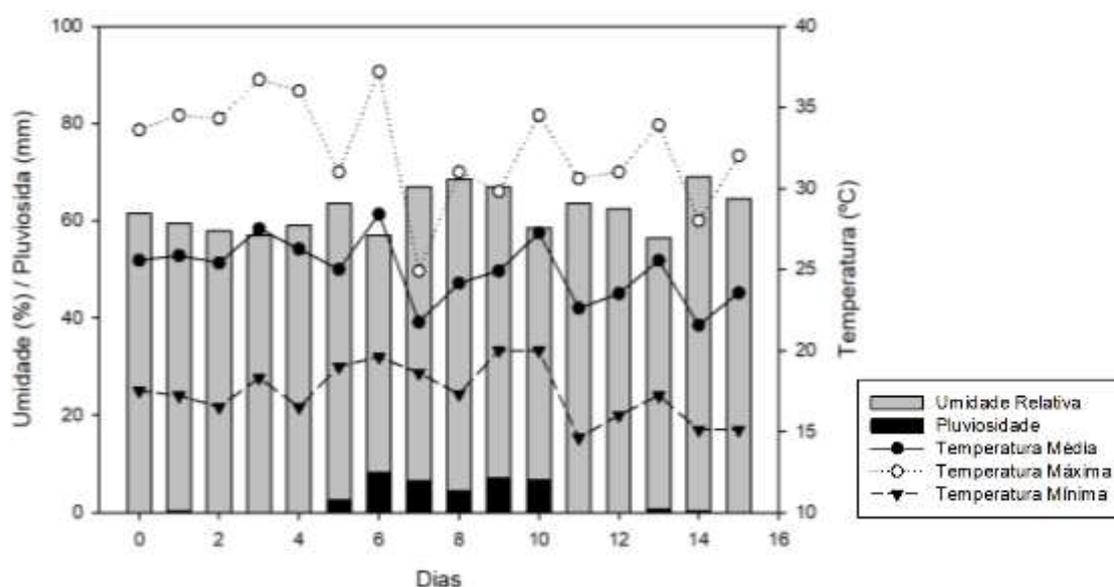


Figura 02. Dados de umidade relativa, temperatura máxima, mínima e média do período experimental.

3.2. Tratamentos, preparo do canteiro e semeadura

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x3, com duas espécies de gramíneas (milho e milho) e três substratos orgânicos (bagaço de cana de açúcar, capim-elefante e capim braquiária picados), com quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais.

As sementes de milho (*Zea mays*) e milho (*Pennisetum glaucum*) vieram do comércio da região e apresentam índices de germinação superiores a 85%. Os substratos testados, bagaço de cana de açúcar (*Saccharum officinarum*), capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e capim braquiária (*Brachiaria decumbens*), foram obtidos na cidade de Itapetinga, sendo secos ao ar, triturados em máquina forrageira e dispostos nos canteiros.

Os canteiros, denominados unidades experimentais (UE), possuíam uma área de 0,49 m² (0,85 m x 0,58 m) e espaçamento de 0,3 m entre eles, construídos sobre lona de polietileno de 150 micra, disposta sobre a área, com a finalidade de evitar o contato direto do substrato com o solo. Sobre a lona foi feito o acondicionamento dos substratos com uma camada de 4 cm de espessura, totalizando aproximadamente 1,2 kg de cada substrato por unidade experimental (representando em massa seca valores de: 0,382 kg para bagaço de cana, 0,411 kg para capim-elefante e 0,360kg para capim braquiária), irrigados com 3 litros de água, 24 horas antes do plantio (Figura 03).



Figura 03. Distribuição das unidades experimentais em casa de vegetação. Fonte: arquivo pessoal.

Antes da semeadura, as sementes passaram por processo de assepsia utilizando solução comercial de hipoclorito de sódio (Q-boa®) a 2%, por 10 minutos, com posterior lavagem em água de rede urbana para remover resíduo de hipoclorito. Por último, submeteram-se à quebra de dormência por embebição em água, a fim de

acelerar a germinação, dispondo de 3 litros desse líquido para cada repetição. Esse procedimento constitui-se da imersão das sementes, por 24h, com posterior drenagem, como preconizado por Roversi (2004). Para as sementes do milho, a imersão durou cerca de 12h, não sendo recomendável ultrapassar esse tempo, porquanto foi observada uma correlação negativa entre o período de imersão e a quantidade de plântulas normais (Roversi, 2008).

Após a pré-germinação, distribuíram-se as sementes na densidade 2 kg/m², ou seja, em cada UE foi plantado 0,98 kg de sementes, dispostas sobre uma camada de substrato de 2,5 cm de espessura, cobertas por outra camada de 1,5 cm.

Além disso, foram feitas as caracterizações químico-bromatológica dos substratos e sementes (Tabela 02) e físico-química dos substratos (Tabela 03).

Tabela 02. Caracterização químico-bromatológica de sementes de milho, milho e substratos orgânicos utilizados no ensaio experimental para a produção de forragem hidropônica.

Item	Milho	Milho	BC	CE	CB
MS (%)	87,69	88,19	31,88	34,28	30,04
	% na MS				
MM	2,56	4,88	2,04	8,50	9,20
MO	98,44	95,12	97,95	91,49	90,73
PB	9,67	15,94	2,38	4,41	6,69
FDN	9,79	20,40	63,44	72,12	70,83
FDA	4,01	7,14	43,75	53,85	48,50
LIG	1,32	1,48	7,69	11,37	9,46
NDT	79,70	75,28	57,33	53,71	54,25

BC= bagaço de cana de açúcar. CE= capim-elefante. CB= capim braquiária decumbens. MS= matéria seca. MM= matéria mineral. MO= matéria orgânica. PB= proteína bruta. FDN= fibra em detergente neutro. FDA= fibra em detergente ácido. LIG= lignina. NDT= nutrientes digestíveis totais.

Tabela 03. Caracterização físico-química dos substratos orgânicos utilizados no ensaio experimental para a produção de forragem hidropônica.

	Substratos		
	BC	CE	CB
Potencial hidrogeniônico	3,52	6,80	8,00
Condutividade elétrica (µS/cm)	1.880	2.940	4.896
Densidade (kg/m ³)	516,7	510,05	339,23

BC= bagaço de cana de açúcar. CE= capim-elefante. CB= capim braquiária decumbens.

3.3. Irrigação e fertirrigação

O sistema adotado foi o hidropônico aberto, sem reaproveitamento da solução aplicada. Servindo-se de um regador convencional, a irrigação foi efetuada apenas com água ($5 \text{ L/m}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$, dividido em quatro vezes ao dia) durante os três primeiros dias após a semeadura.

Quando iniciada a germinação (três dias após o plantio), procedeu-se à irrigação com 1 L/m^2 de água, executada nos horários de 8h e 10h, e à fertirrigação com 4 L/m^2 , que aconteceu no turno da tarde em três horários, a saber, 12h, 14h e 16h, portanto, em cada unidade experimental foram fornecidos diariamente um volume de 1,96 L de solução nutritiva e 0,49 L de água. A fertirrigação nutritiva ocorreu durante 10 dias e foi suspensa um dia antes da colheita, quando a forragem passou a receber apenas irrigação com água (2 L), para a remoção de sais e evitar o encharcamento do substrato no momento da colheita.

Foi utilizada uma solução nutritiva comercial recomendada para a produção de forragem (SaladaShop[®] – kit completo), preparada diariamente, seguindo a recomendação do fabricante e armazenada em recipiente plástico (Figura 04). Antes da irrigação, a temperatura e a condutividade elétrica eram monitoradas por medidor de TDS & IC (B-MAX[®]), e o pH aferido por meio de pHmetro portátil (ATC – 009), os quais apontaram valores médios de 23°C , $1180 \mu\text{S/cm}$ e 5,7, respectivamente.



Figura 04. Preparo, monitoramento e armazenagem da solução nutritiva. Fonte: arquivo pessoal.

3.4. Colheita e variáveis analisadas

A colheita sobreveio no 15^o dia após o plantio, caracterizado como período estratégico, onde a produção e a qualidade da forragem estariam com valores satisfatórios. Antes disso, tomaram-se as medidas de altura em dois pontos

representativos de cada unidade experimental, com a ajuda de uma régua graduada a partir da distância entre o limite superior de suas folhas até a base formada de substrato, expressa em centímetros. Em seguida, coletaram-se amostras da forragem completa (parte aérea + substrato + raízes + sementes não germinadas), da parte aérea e da base (substrato + raízes + sementes não germinadas), com o intuito de avaliar a influência do substrato sobre as mesmas (Figura 05).



Figura 05. Colheita da forragem hidropônica.

3.4.1. Parâmetros de germinação

Após a semeadura, uma área foi delimitada nas unidades experimentais com dimensões de “gerbox” (11cm x 11cm), onde sucedeu o monitoramento diário da evolução de 50 sementes. Ao quarto dia, surgiram as primeiras plântulas e, depois disso, fez-se a primeira contagem que, posteriormente, passou a ser diária, até o nono dia, quando houve a estabilização da emergência das plântulas. Com base no acompanhamento destas, foram calculados a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação de sementes, segundo a fórmula de Maguire (1962).

$$IVG = \frac{G1}{T1} + \frac{G2}{T2} + \dots + \frac{Gi}{Ti}$$

Onde:

IVG= índice de velocidade de germinação;

G1 até Gi= número de plântulas germinadas em cada dia;

T1 até Ti= tempo (dias).

3.4.2. *Produção de matéria natural e matéria seca*

Foram coletadas amostras da FH em dois pontos de cada unidade experimental utilizando o quadrado de 0,25cm x 0,25cm, posicionado no centro, descartando as extremidades das parcelas. Logo depois, efetuou-se o corte da forragem com o auxílio de tesouras, seguido da separação do material em forragem completa, parte aérea e base, sendo estas pesadas com o objetivo de determinar a massa fresca. Após a separação e pesagem, o material foi armazenado em sacos de papel, identificado e levado à estufa a 65°C por 72 horas para secagem, e, por fim, pesados novamente para determinar a massa seca.

3.4.3. *Análise bromatológica*

Após a secagem em estufa de circulação forçada e a temperatura controlada de 65°C por 72hs, a forragem completa correspondente a cada unidade experimental foi moída em moinho de facas, com peneira de 1mm para as análises químico-bromatológicas, onde determinaram-se os teores de matéria seca (MS), cinzas (CZ), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp), consoante metodologias descritas por Detmann (2012). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Análise Bromatológica da própria universidade. A estimativa de nutrientes digestíveis totais foi obtida através da equação proposta por Cappelle et al. (2001), em que: $NDT = 83,79 - 0,4171 \text{ FDN}$.

3.4.4. *Eficiência de uso da água e eficiência de conversão*

A avaliação da eficiência de uso da água (EUA), com base no processo produtivo, incluiu a lavagem das sementes, preparo do substrato, condicionamento osmótico e irrigação/fertirrigação das plântulas, conforme descritos da Tabela 04.

Tabela 04. Consumo de água no processo de produção de FH por unidade experimental.

Atividade	Quantidade de água (litros)
Assepsia e lavagem das sementes	5
Condicionamento osmótico	3

Preparo do substrato	3
Irrigação c/ água	27
Fertirrigação	40
Total	78

A variável foi determinada com base na seguinte equação;

$$EUA = \frac{RMS}{UTA}$$

Onde:

EUA= Eficiência do uso da água (kg MS/m³)

RMS= Rendimento de matéria seca total (kg MS/m²)

UTA= Uso total de água durante o processo de produção (m³)

Para a análise de eficiência de conversão do processo produtivo, definiu-se a relação entre a produção de massa seca total das FH e a quantidade de sementes e substratos, expressos com base na matéria seca.

$$EC = \frac{PMST}{SE + SB}$$

Onde:

EC= Eficiência de conversão

PMST= Produção de massa seca total (kg/m²)

SE= semente (kg/m²)

SB= substrato (kg/m²)

3.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico SISVAR, versão 4.0. O modelo utilizado inclui o efeito do fator espécies e substrato, e também a interação espécie e substrato, como descrito abaixo.

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + S_j + (G*S)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk}= valor na parcela que recebeu o nível i do fator gramínea, o nível j do fator substrato, na repetição k;

μ = média geral do experimento;

G = efeito do nível i do fator gramínea ($i = 1, 2$);

S = efeito do nível j do fator substrato ($j = 1, 2, 3$);

G*S = efeito da interação entre os níveis i do fator gramínea e dos níveis j do fator substrato;

ε = efeito do erro experimental associado às observações Y_{ijk} .

As interações, quando significativas, desdobraram-se de acordo com os fatores envolvidos, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

IV RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Germinação e altura de plântulas

Entre as espécies e substratos orgânicos ($P < 0,05$), constatou-se interação significativa, referente à variável índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de germinação (GER) e altura (ALT) (Tabela 05).

Em se tratando do efeito de substratos sobre o IVG, o bagaço de cana de açúcar influenciou de forma negativa na velocidade de germinação por unidade de tempo, sem estar sujeito à gramínea utilizada, ao passo que os substratos compostos por capim picado não diferiram estatisticamente entre si.

Quando averiguada a influência do substrato nas gramíneas, ao utilizar o BC, o milho atingiu uma média de 26,96, superior à do milheto, com IVG de 13,43. Quanto maior o IVG, maior é a capacidade de as sementes expressarem seu potencial e menos tempo elas ficam sob condições adversas, passando pelos estágios iniciais de desenvolvimento de forma mais eficiente.

Tabela 05. Índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de germinação (GER) e altura (ALT) da forragem hidropônica de milho e milheto cultivados em diferentes substratos orgânicos.

Substratos	Espécies		Média	CV ¹ (%)
	Milheto	Milho		
IVG				
Bagaço de cana de açúcar	13,43bB	26,96bA	20,19	11,07
Capim-elefante	27,38aA	27,04abA	27,21	
Capim braquiária	29,04aA	32,23aA	30,63	
Média	23,28	28,74		
GERM (%)				
Bagaço de cana de açúcar	43,50bB	76,00aA	59,75	10,40
Capim-elefante	69,50aA	67,50aA	68,50	
Capim braquiária	74,40aA	76,50aA	75,45	
Média	62,47	73,33		

	ALT (cm)			
Bagaço de cana de açúcar	20,40aA	22,05bA	21,22	
Capim-elefante	16,37aB	33,30aA	24,83	11,16
Capim braquiária	19,70aB	34,72aA	27,21	
Média	18,82	30,02		

¹Coeficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

De forma semelhante ao IVG, a porcentagem de germinação (GER) com o uso do substrato BC acarretou em menor média para o milheto. Em se tratando do milho, não foi identificada diferença entre os substratos testados. Ao comparar as gramíneas, o milho mostrou-se superior ao milheto quando aplicado o BC, com uma média de 76% de germinação, estando isso relacionado com o maior acúmulo de reservas que as sementes do milho apresentam por causa do seu tamanho, permitindo melhor germinação, mesmo em situação de uso de substrato que tenha pH ácido.

Para a germinação e emergência de plântulas vigorosas, são necessários substratos que proporcionem características essenciais a esses processos. O substrato BC foi obtido após a extração do caldo em feira livre, sendo assim, não se trata de um processo tecnificado ou industrial, que, certamente, resultou em resíduos de açúcares susceptíveis à fermentação durante o processo do cultivo hidropônico, refletindo em um valor de pH 3,52 (tabela 03).

O BC, quando comparado com os demais substratos, é um meio ácido que pode ter estabelecido efeito negativo sobre a germinação das sementes. Meios ácidos (pH menor que 3,0) ou alcalinos (pH acima de 8,0) têm sido descritos como responsáveis pelo efeito negativo sobre a germinação e desenvolvimento das plântulas (Wagner Junior et al., 2007, Eberlein, 1987).

A altura da planta infere o grau de adaptação que a FH alcançou durante a fase de crescimento. A Tabela 05 revela que a altura da planta do milheto não diferiu entre os substratos testados, apontando uma média de 18,82cm. Para o milho, notou-se uma diferença entre os substratos, pois aquele que foi cultivado com BC teve uma menor altura média, e isso está associado ao efeito do baixo valor de pH do substrato, comprometendo o desenvolvimento da planta, devido à menor disponibilidade de nutrientes ocasionada pelo pH baixo.

Em compensação, nas espécies de gramíneas o milho atingiu uma altura elevada comparada à do milheto, com os substratos CE e CB. Os menores valores de altura

identificados na FH do milho podem estar associados à diferença de tamanho dos grãos. Pelo fato de ter grãos menores, a quantidade utilizada para o milho foi maior que a do milho, o que, provavelmente, aumentou a densidade populacional e, por conseguinte, a competição por luminosidade, água e nutrientes, retardando o crescimento das plantas.

4.2. Produção de massa fresca

A interação entre espécies e substratos para as variáveis de produção de massa fresca da parte aérea, da base e total foi significativa ($p < 0,05$) (Tabela 06). A maior produção de massa fresca da parte aérea ocorreu em decorrência da utilização do substrato de CB, enquanto a menor foi identificada pelo uso do BC, independente da gramínea utilizada.

Na cultura vegetal com uso do solo, os nutrientes são melhor aproveitados pelas plantas em virtude de sua faixa de pH. A disponibilidade máxima está na faixa de 6 a 6,5, com posterior diminuição. O nitrogênio (N) favorece de forma significativa à planta em solo com pH acima de 5,5, já o fósforo (P) destaca-se com pH de 6 a 6,5 e o potássio (K) superior a 5,5 (Cardoso & Andreote, 2016).

A faixa de absorção de nutrientes no solo, em comparação com os substratos do cultivo hidropônico, sinaliza que, embora o pH do CB seja 8,0, valor relacionado à diminuição dos principais nutrientes responsáveis pelo desenvolvimento da planta (figura 02), é provável que o CB tenha retido maior quantidade de nutrientes, gerando maior produção da parte aérea. Nutrientes como o nitrogênio, o fósforo e o potássio estão diretamente relacionados com o crescimento das plantas (Malavolta, et al., 1986), e sua deficiência pode acarretar redução de altura e menor área foliar.

Ao observar o efeito do fator espécies, em todos os substratos, a FH do milho apresentou uma produção de massa fresca da parte aérea inferior ($4,08 \text{ kg/m}^2$) à da FH do milho ($4,90 \text{ kg/m}^2$), e esse resultado talvez esteja associado ao menor número de sementes utilizadas, por terem um tamanho maior que as de milho.

Tabela 06. Produção de massa fresca da parte aérea (PMFA), produção de massa fresca da base (PMFB), produção de massa fresca total (PMFT) da forragem hidropônica de milho e milho, cultivados em diferentes substratos orgânicos.

Substrato	Espécies		Média	CV ¹ (%)
	Milheto	Milho		
PMFA (kg/m ²)				
Bagaço de cana de açúcar	4,45cA	2,92cB	3,68	
Capim-elefante	4,74bA	4,41bB	4,57	2,42
Capim braquiária	5,21aA	4,90aB	5,05	
Média	4,80	4,08		
PMFB (kg/m ²)				
Bagaço de cana de açúcar	11,58aB	20,92aA	16,25	
Capim-elefante	11,13aB	14,07bA	12,60	5,18
Capim braquiária	11,49aB	13,15bA	12,32	
Média	11,40	16,05		
PMFT (kg/m ²)				
Bagaço de cana de açúcar	16,03aB	23,84aA	19,94	
Capim-elefante	15,87aB	18,48aA	17,18	3,97
Capim braquiária	16,70aB	18,06aA	17,38	
Média	16,20	20,13		

¹Coefficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

No que concerne à produção de massa fresca da base, os substratos não exerceram influência sobre a produção da FH do milheto, indicando uma média de 11,40 kg/m². De forma contrária, o substrato BC na FH do milho refletiu maior produção (20,92 kg/m²). Para efeito de espécie, a FH do milho foi superior, provavelmente, por produzir mais raízes e em razão do número de sementes ter sido inferior ao do milheto, e, por essa causa, houve menor competição das plantas, favorecendo o crescimento e o desenvolvimento das raízes.

A fração base influenciou diretamente na produção de massa fresca total, tendo os maiores valores na FH de milho, tratamento que conseguiu o valor mais alto de produção da base. Os que foram encontrados neste trabalho estão entre 15,87 e 23,84 kg MF/m², os quais ultrapassam os resultados de massa fresca detectados por Muller et al. (2005), estudiosos estes que, ao compararem a produção de massa fresca da FH do milho com a do milheto no substrato de capim-elefante, identificaram médias de 19,54 e 11,60 kg MF/m², de modo respectivo.

4.3. Produção de matéria seca

A respeito da interação entre as espécies e substratos avaliados sobre a produção de matéria seca da parte aérea, produção de matéria seca da base e produção de matéria seca total (Tabela 07), ocorreu um efeito significativo ($p < 0,05$). Na produção de massa seca da parte aérea, o milho se destacou, pois os substratos testados não influenciaram negativamente sua produtividade. Estes sinalizaram uma média de $0,47 \text{ kg/m}^2$ graças ao maior número de sementes na semeadura, as quais possivelmente geraram maior quantidade de plântulas e um alto rendimento para essa fração.

De forma contrária, na FH do milho, o substrato CB superou os substratos BC e CE (média de $0,21 \text{ kg/m}^2$), exibindo uma média de produção de $0,31 \text{ kg/m}^2$. O mesmo proporcionou, ainda, um incremento de 32% sobre a produção da parte aérea e maior retenção de nutrientes nesse substrato, o que refletiu em alta eficiência de aproveitamento pelas plantas e velocidade de germinação (32,23), e, por conseguinte, em maior altura (34,72 cm) e incrementos na parte aérea.

Tabela 07. Produção de matéria seca da parte aérea (PMSA), produção de matéria seca da base (PMSB) e produção de matéria seca total (PMST) da forragem hidropônica de milho e milho, cultivados em diferentes substratos orgânicos.

Substratos	Espécies		Média	CV ¹ (%)
	Milheto	Milho		
PMSA (kg/m^2)				
Bagaço de cana de açúcar	0,44aA	0,23bB	0,33	
Capim-elefante	0,50aA	0,20bB	0,35	16,93
Capim braquiária	0,47aA	0,31aB	0,39	
Média	0,47	0,25		
PMSB (kg/m^2)				
Bagaço de cana de açúcar	1,62aB	2,78aA	2,20	
Capim-elefante	1,59aB	2,01bA	1,45	10,37
Capim braquiária	1,78aA	1,77bA	1,77	
Média	1,43	2,18		
PMST (kg/m^2)				
Bagaço de cana de açúcar	2,06aB	3,01aA	2,53	
Capim-elefante	2,09aB	2,21bA	1,80	9,89
Capim braquiária	2,25aA	2,08bA	2,41	
Média	2,21	2,43		

¹Coefficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

A produção de matéria seca da base do milho não recebeu influência dos substratos e teve uma produção média equivalente a $1,43 \text{ kg.m}^{-2}$. Por outro lado, na plantação do milho, a produção foi significativamente superior no substrato BC.

No início do experimento, os valores da fração base (substrato + sementes) em kg MS/m^2 foram: milho + BC= 2,14; milho + CE= 2,17 e milho + CB= 2,12. Milho + BC= 2,14; milho + CE= 2,16; milho + CB= 2,11. Esses valores, quando superiores aos do final do ciclo, indicam um saldo positivo para a produção da fração base, enquanto valores inferiores indicam um saldo negativo.

Com base nessa diferença, infere-se que, para a fração base, apenas o cultivo do milho no BC apresentou um resultado positivo de produção de massa seca, com incremento de 5,8%, e isso pode estar relacionado com o eminente crescimento de raízes.

Os valores da produção de massa seca total tiveram um comportamento semelhante aos dos resultados da produção de matéria seca da base, sendo influenciados fortemente por essa fração, posto que o milho cultivado no BC indicou maior produção de massa seca ($3,01 \text{ kg/m}^2$). Apesar do plantio do milho no substrato CB revelar um saldo negativo na fração base, o mesmo tornou-se positivo na produção total, por efeito da produção de massa seca da parte aérea, que foi suficiente para alavancar os valores nesse cultivo, com um incremento de 5,7%.

Nos valores encontrados, exceto quando se trata do milho com BC e milho com CB, é identificado um balanço negativo, ou seja, a quantidade de matéria seca utilizada no início excedeu a do final do ciclo de 15 dias. Esse fato é normal em produção de FH, pois as sementes ou grãos consomem sua reserva para o desenvolvimento da planta, diminuindo o teor de matéria seca contida nos mesmos, no entanto, espera-se que a produção de raízes e a parte aérea sejam suficientes para contornar essa diminuição.

De forma geral, a literatura mostra valores contrastantes de produção de matéria seca total da FH, que variam a depender da gramínea, do substrato, da densidade e idade de colheita. Na análise do cultivo do milho com FH na densidade de semeadura de $2,5 \text{ kg/m}^2$, com o substrato BC e uma solução nutritiva padrão, Píccolo et al. (2013) verificaram uma produção de matéria seca total de $4,02 \text{ kg/m}^2$. Em contrapartida, com a aplicação da mesma densidade de semeadura no cultivo do milho com o substrato de

CE, Campêlo et al. (2007) chegaram ao valor de 3,9 kg/m². De outro modo, Leila de Paula et al. (2011) detectaram uma produção de matéria seca igual a 2,10 kg/m², no trabalho com idade de colheita de 21 dias para o cultivo do milho em substrato de BC.

4.4. Eficiência do uso da água e eficiência de conversão

A água utilizada durante o período experimental foi padrão para as seis formas de cultivo, logo, as diferenças entre os valores da variável EUA representam o aumento da produtividade (kg MS/m²) da FH. Isso se confirma pela interação significativa ($p < 0,05$) para essa variável (Tabela 08), constatando melhor eficiência do uso da água na FH de milho com BC, tratamento este que suscitou em uma produção superior de massa fresca e seca total.

Tabela 08. Eficiência do uso da água (EUA) e eficiência de conversão (EC) da forragem hidropônica de milho e milheto cultivados em diferentes substratos orgânicos.

Substrato	Espécies		Média	CV ¹ (%)
	Milheto	Milho		
	EUA (kg/m ³)		Média	
Bagaço de cana de açúcar	26,48aB	38,69aA	32,58	
Capim-elefante	26,77aA	28,39bA	27,58	9,80
Capim braquiária	29,07aA	26,78bA	27,93	
Média	27,44	31,29		
	EC (kg/kg)		Média	
Bagaço de cana de açúcar	0,93aB	1,37aA	1,15	
Capim-elefante	0,93aA	0,99bA	0,96	9,75
Capim braquiária	1,03aA	0,96bA	0,99	
Média	0,96	1,10		

¹Coefficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Na apuração da eficiência de conversão dos tratamentos testados, foi evidenciada uma interação significativa entre espécies e substrato, em que o valor mais elevado da eficiência de conversão proveio do cultivo da FH de milho em substrato BC. Na Tabela 08, os valores de conversão inferiores a um mostram que o sistema de cultivo não foi eficiente em termos de produtividade, demonstrando um balanço negativo na

quantidade de matéria seca no início do processo e na pós-colheita, quando as perdas do processo germinativo foram compensadas pela produção de raízes e/ou pela parte aérea.

Segundo Magalhães & Durães (2002), no processo de germinação ocorre a digestão das substâncias de reserva presentes nas sementes, sendo essas substâncias utilizadas para o desenvolvimento da plântula em seu estágio inicial. Isso normalmente acarreta em perda de matéria seca, todavia, espera-se compensar essa perda com a produção da parte aérea e o conteúdo radicular da FH, como foi desenvolvido neste trabalho ao utilizar o milho cultivado com BC e o milheto com CB.

4.5. Valor nutritivo da forragem

As espécies e substratos avaliados ($P < 0,05$) apresentaram uma interação significativa entre as variáveis teor de matéria seca, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais, os quais são discriminados na Tabela 09.

Os teores de matéria seca encontrados por meio deste trabalho mostraram-se inferiores a 15%, levando em conta que o milheto cultivado nos substratos CB (14,78%) e BC (13,55%) e o milho cultivado no substrato CE (13,11%) sinalizaram maiores médias. É comum às plantas jovens terem em sua constituição água e nutrientes e um menor teor de matéria seca, aspectos que trazem baixa produção de matéria seca quando comparada com plantas em estágio avançado de maturidade.

Contudo, no cultivo de FH, os teores de matéria seca podem ser incrementados à medida que a idade de colheita é aumentada, se a disponibilidade de nutrientes for suficiente para o seu desenvolvimento. Caso essa idade se expanda e não aumente a disponibilidade de nutrientes, pode acontecer uma redução nos teores de matéria seca, porque, com o avançar da idade fisiológica, as plantas intensificam sua exigência nutricional (FAO, 2011). A carência de nutrientes compromete e retarda o desenvolvimento das plantas, e, por consequência, há uma redução do ritmo de crescimento (Pimentel et al., 2016), menor perfilhamento, senescência precoce, (Malavolta et al. 1986), incidindo em menor acúmulo de matéria seca.

Tabela 09. Teor de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDN_{cp}), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da

forragem hidropônica, completa de milho e milheto cultivados em diferentes substratos orgânicos.

Substratos	Espécies		Média	CV ¹ (%)
	Milheto	Milho		
MS (%)				
Bagaço de cana de açúcar	13,55aA	12,65aA	13,69	9,98
Capim-elefante	12,80bB	13,11aA	10,71	
Capim braquiária	14,78aA	12,60aB	13,69	
Média	12,22	12,78		
FDNcp (%MS)				
Bagaço de cana de açúcar	68,16aA	60,03aB	64,09	2,18
Capim-elefante	57,84cA	54,93bB	56,38	
Capim braquiária	64,24bA	47,19cB	55,71	
Média	63,41	54,05		
PB (%MS)				
Bagaço de cana de açúcar	19,88bA	12,08bB	15,92	3,52
Capim-elefante	21,97aA	12,43bB	17,20	
Capim braquiária	17,88cA	16,88aB	17,38	
Média	19,87	13,80		
NDT (%MS)				
Bagaço de cana de açúcar	55,36cB	58,75cA	57,05	0,90
Capim-elefante	59,60aB	60,88bA	60,27	
Capim braquiária	56,99bB	64,11aA	60,55	
Média	57,34	61,25		

¹Coefficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

A parede celular é composta por celulose, hemicelulose, lignina, pectina e outros componentes, a qual define o conteúdo fibroso dos materiais para a alimentação dos ruminantes (Paciullo, 2002). Ao comparar os resultados do teor de FDNcp nos diferentes tratamentos experimentais, constatou-se que os tratamentos com o substrato BC permitiram maiores valores, estando associados à maior proporção da parte da base, composta por teores mais elevados de fibras do que os da parte aérea.

Por ter destacável produção na parte aérea, a FH do milheto obteve valores referentes ao conteúdo fibroso superiores aos da FH do milho. Eram previstos valores de FDNcp inferiores aos encontrados neste estudo, em virtude da idade de colheita ser de 15 dias, no entanto, pelo fato de a análise ter se constituído da forragem completa, o

teor de fibras presente no substrato somado ao desenvolvimento da planta acarretou em valores elevados.

No tocante ao teor de proteína bruta das gramíneas nos diferentes substratos, nota-se que, apesar de manifestar valores de fibra que ultrapassam os do milho, o milho obteve maiores teores proteicos, com valores entre 17,88e 21,97%, e destaque para o substrato CE, com um incremento de 18,62% no substrato CB e 9,51% no BC. As plantas cultivadas em substrato CE manifestaram menor teor de matéria seca, e isso pôde colaborar para ampliar a concentração de proteína, em comparação com os demais substratos.

Na avaliação do milho, constatou-se que o substrato CB colaborou para o maior teor de proteína bruta (16,88%), enquanto o BC e CE foram equivalentes e demonstraram uma média de 12,25%. Os teores mais baixos de proteína bruta na FH do milho estão relacionados com o menor teor proteico das sementes e com a menor proporção da parte aérea quando comparada com o milho. Dessa forma, o aumento da produção da parte aérea influencia diretamente na abundante quantidade de folhas e teor proteico para essa fração.

Apesar da variação na porcentagem de proteína bruta da forragem ter sido influenciada pelo teor proteico das sementes e produção de parte aérea, os valores excederam 7% em todos os tratamentos, indicando que a FH possui um bom aporte de proteína para os ruminantes. Uma das características marcantes na produção de FH é seu teor proteico, pois plantas em estágio de desenvolvimento inicial têm o crescimento relacionado ao aumento da superfície foliar, onde se concentram os maiores teores de nitrogênio (Muller et al., 2005).

Tratando-se dos aspectos energéticos que despontam como o principal limitante na nutrição animal (Medeiros et al., 2015), a FH do milho excedeu a do milho, com valores estimados de NDT variando de 58,75% a 64,11%. Entre os substratos testados, o CE e o CB foram responsáveis pelos altos teores de NDT, 59,60% para o milho e 64,11% para o milho.

Por ser uma medida estimada a partir da equação que utilizou dos valores de FDN_{cp}, era de se esperar que os tratamentos que apresentaram menores valores de fibras indicassem valores mais elevados de NDT, sendo esse resultado incrementado no cultivo do milho, pois suas sementes continham maior teor para essa variável.

Os valores da matéria orgânica e cinzas aparecem na Tabela 10. A análise estatística não constatou significância para a interação das espécies e substratos

($P>0,05$), porém, ao observar o efeito isolado de cada fator, os tratamentos diferem entre si ($P<0,05$), sendo possível identificar que a matéria orgânica do milho superou a do milheto, assim como o substrato BC excedeu os demais substratos, e isso implica em menores teores de matéria inorgânica (cinzas) para esses tratamentos.

O teor de cinzas permite conhecer a concentração de minerais na FH, visto que apontou maior média no milheto (7,47%) em relação ao milho (6,74). Em referência aos substratos CE e CB, estes não foram divergentes, exibindo uma média de 8,69% e 8,19%, superiores ao BC (4,41%).

Tabela 10. Teor de cinzas (CZ) e matéria orgânica (MO) da forragem hidropônica completa de milho e milheto cultivados em diferentes substratos orgânicos.

Item	Espécies		Substratos			CV ¹	P valor		
	Milheto	Milho	BC	CE	CB		E	S	ExS
MO	92,54	93,25	95,59A	91,30B	91,80B	0,79	0,027	0,001	0,439
CZ	7,47	6,74	4,41B	8,69A	8,19 ^a	10,34	0,027	0,001	0,439

¹CV= Coeficiente de variação; BC= bagaço de cana; CE= capim-elefante; CB= Capim braquiária; E= Espécies; S= substrato; ExS; interação entre os fatores; $P>0,05$ não significativo pelo teste F.

Diante desses resultados, vale depreender que os valores mais altos de cinzas provavelmente tenham sido influenciados pelas características bromatológicas das sementes e substratos (Tabela 02), conferindo maiores valores para o milheto e os substratos compostos por capim picado. Ademais, outro fator que justifica a superioridade dos teores de cinzas com o uso do milheto seria o uso eficiente da solução nutritiva pela espécie, o qual garantiu melhor adaptação da gramínea e rendimento de massa seca da parte aérea.

V CONCLUSÃO

A utilização do substrato bagaço de cana na produção de FH do milho apresentou-se superior com maior produção de massa seca total, refletindo de forma positiva nos parâmetros de eficiência.

Substratos à base de capim picado apresentam valor nutritivo superior, independente da espécie de gramínea utilizada para a produção de FH.

VI CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista as combinações dos tratamentos utilizados neste estudo, tanto a espécie do milho quanto a do milheto têm potencial para a produção de forragem hidropônica, apresentando valor nutritivo satisfatório.

É imprescindível a caracterização do substrato e das sementes/grãos na produção de FH, pois há uma escassez de informações, e isso dificulta nas comparações e na avaliação da eficiência produtiva, prejudicando a viabilidade dessa técnica.

Com o propósito de complementar as pesquisas existentes a respeito da forragem hidropônica, são recomendados estudos que busquem averiguar o custo de produção a longo prazo, a proporção de substituição na dieta e sua implicação no desempenho animal.

VII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, V.S; COELHO, F. C.; CUNHA, R. C. V.; LOMBARDI, C. T. Forragem hidropônica de milho cultivada em bagaço de cana e vinhoto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.7, n.3, p.251-264, 2008.

CAMPÊLO, J. E. G.; OLIVEIRA, J. C. G.; ROCHA, A. S.; CARVALHO, J. F.; MOURA, G. C.; OLIVEIRA, M. E.; SILVA, J. A. L.; MOURA, J. W. S.; COSTA, V. M.; UCHOA, L. M. Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 276-281, 2007.

CAPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. CECON, P.R. Estimates of the Energy Value from Chemical Characteristics of the Feedstuffs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.6, n.30, p.1837-1856, 2001.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para Análise de Alimentos - INCT** - Ciência Animal. 1.ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p

EBERLEIN, Charlotte V. Germination of Sorghum alnum Seeds and Longevity in Soil. **Weed Science**, v. 35, n. 6, p. 796-801, 1987.

ESPINOZA, F.; ARGETI, P.; URDANETA, G.; AREQUE, C.; FUENTES, A.; PALMA, J.; BELLO, C. Uso del forraje del maíz (Zea mays) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. **Revista Zootecnia Tropical**, v. 22, n4, p. 303-315, 2004.

FAO. Oficina Regional para America Latina y el Caribe. **Forraje verde hidropônico: manual tecnico**. Santiago, 2001. 79 p.

FARIA, T. F. R. **Levantamento exploratório das amostras de silagem de milho do banco de dados do Instituto de Zootecnia**. 2016. 74f. Dissertação (Mestrado) – Produção Animal Sustentável, Instituto de Zootecnia. APTA/SAA, Nova Odessa, São Paulo.

MAGALHÃES, P. C; DURÃES, F. O. M. **Cultivo do milho Germinação e Emergência**. Minas Gerais: Embrapa, 2002. 9 p. (Boletim técnico).

MALAVOLTA, E.; LIEM, T.H.; PRIMAVESI, A.C.P.A. **Exigências nutricionais das plantas forrageiras**. In: MATTOS, H. B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E (Ed.) Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.31-91, 1986.

MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. 1ª ed. Brasília: Embrapa, 2015. 176 p.

MÜLLER, L.; SANTOS, O. S.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; HAUT, V.; DOURADO NETO, D.; MENEZES, N. L. de; GARCIA, D. C. Forragem hidropônica de milheto: produção e qualidade nutricional em diferentes densidades de semeadura e idades de colheita. **Ciência Rural**, v.36, p.1094-1099. 2006.

MÜLLER, L.; SOUZA, O. DOS S.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; HAUT, V.; DOURADO NETO, D.; MENEZES, H. L. DE; GARCIA, D. C. Produção e composição bromatológica de forragem hidropônica de milho, Zea Mays L., com diferentes densidades de semeadura e data de colheita. **Zootecnia Tropical**, Venezuela, v. 23, n. 2, p.105-119, 2005.

PACIULLO, D. S. C.; Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v. 32, n. 2, p. 357-364, abr. 2002.

PAULA, L.; ROLIM, M. M.; NETO, E. B.; SOARES, T. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. F. Crescimento e nutrição mineral de milho forrageiro em cultivo hidropônico com soro de leite bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 9, p. 931-939, 2011.

PÍCCOLO, M. A. **Forragem verde hidropônica de milho produzida em substratos orgânicos residuais utilizando água residuária de bovino**. 2012. 77 f. Tese (Doutorado) - Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro.

PÍCCOLO, M. A.; COELHO, F. C.; GRAVINA, G. A.; MARCIANO, C. R.; RANGEL, O. J. P. Produção de forragem verde hidropônica de milho, utilizando substratos orgânicos e água residuária de bovinos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 4, p. 544-551, 2013.

PIMENTEL, R. M., BAYAO, G. F. V., LELIS, D. L., CARDOSO, A. J. S., SALDARRIAGA, F. V., MELO, C. C. V., SOUZA, F. M., PIMENTEL, A. C. S., FONSECA, D. M., SANTOS, M. E. R. Ecofisiologia de plantas forrageiras. **Pubvet**, v.10, n.9, p.666-679, 2016

ROVERSI, T. **Efeito do condicionamento fisiológico sobre o desempenho de sementes para produção de forragem hidropônica**. 2004. 113f. Tese (Doutorado) – Produção vegetal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

ROVERSI, T.; MENEZES, N. L.; SANTOS, O. S.; FRANZIN, S. M. Pré-Germinação de Sementes de Aveia Preta, Milheto e Milho. **Revista da FZVA**, v. 15, n. 1, 2008.

SOUZA, M.T.C. & Martuscello, J.A. Produtividade de cultivares forrageiros no nordeste brasileiro. **Pubvet** v. 12 n.4 p. 147, 2018.

TRINDADE, J. S.; SAENZ, E. A. C.; DIAS, MÁRCIA; BANYS, V. L.; DIAS, F. J. S.; PINHEIRO, A. A. Produtividade do milheto em três densidades de semeadura e duas alturas de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, p.10, 2017.

WAGNER JÚNIOR, A., NEGREIROS, J. R. S.; ALEXANDRE, L. D. P.; BRUCKNER, C. H. Efeito do pH da água de embebição e do trincamento das sementes de maracujazeiro amarelo na germinação e desenvolvimento inicial. **Ciênc. Agrotec**, v.31, n.4, p.1014-1019, 2007.