



## Qualidade de forragem de milho hidropônico cultivado em diferentes substratos de subproduto

Quality of hydroponic forage corn cultivated on different by-product substrates

Geane Cordeiro Fonseca<sup>1</sup> , Graziela Paula de Araújo<sup>2</sup> , Natan Lima Abreu<sup>1\*</sup> , Raimundo Vagner de Lima Pantoja<sup>1</sup> , Angélica Lucélia da Silva Nascimento<sup>1</sup> , Letícia de Abreu Faria<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia, Paragominas, PA, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT, Brasil

\*Correspondente: [natanlima17121997@gmail.com](mailto:natanlima17121997@gmail.com)

### Resumo

O cultivo hidropônico de milho é uma alternativa eficiente, rápida e viável para períodos de escassez de alimentos; entretanto, ainda são poucas as informações sobre os parâmetros qualitativos e quantitativos da biomassa produzida, principalmente no que diz respeito aos substratos. Este trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos produtivos e qualitativos do milho hidropônico para ração cultivado em diferentes substratos com um período de cultivo de 15 dias. Quatro substratos foram avaliados: 1) sementes de açaí inteiras fermentadas, 2) sementes de açaí trituradas, 3) bagaço de cana-de-açúcar e 4) feno de Tifton moído, com cinco repetições em delineamento de blocos ao acaso. A temperatura do substrato foi monitorada durante o período de produção. Após a colheita, no dia 15, foram avaliados o comprimento das raízes (RL), o comprimento da parte aérea, o teor de matéria seca da biomassa (BDM), o rendimento da biomassa seca, a produtividade da massa seca da forragem, a proteína bruta (PB) e o teor de cinzas. Não houve correlação entre período de crescimento e temperatura do substrato. O RL não foi afetado pelos substratos, o BDM foi menor no tratamento 3, o PB não foi influenciado e o teor de cinzas foi maior no tratamento 1. Em geral, o melhor desenvolvimento foi observado no tratamento 1 devido à ausência de distinção quanto aos parâmetros qualitativos (PB e cinzas) e maior granulometria das sementes inteiras de açaí que afetam a densidade de massa e aeração do substrato, permitindo maior rendimento de biomassa seca.

**Palavras-chave:** caroço de açaí; coproduto da agroindústria; nutrição animal; produção de forragem.

### Abstract

Hydroponic corn cultivation is an efficient, fast, and feasible alternative for periods of food scarcity; however, there is still little information on the qualitative and quantitative parameters

Recebido  
31 de julho de 2021.

Aceito  
3 de novembro de 2021.  
Publicado  
6 de dezembro de 2021.

[www.revistas.ufg.br/vet](http://www.revistas.ufg.br/vet)

Como citar - disponível no site,  
na página do artigo.

of the produced biomass, especially with regard to substrates. This study aimed to evaluate the productive and qualitative aspects of hydroponic feed corn grown on different substrates with a cultivation period of 15 days. Four substrates were evaluated: 1) fermented whole açai seeds, 2) crushed açai seeds, 3) sugarcane bagasse, and 4) ground Tifton hay, with five replications under a randomized block design. Substrate temperature was monitored during the production period. After harvesting on day 15, roots length (RL), shoot length (SL), biomass dry matter content (BDM), dry biomass yield, forage dry mass productivity, crude protein (CP), and ash content were assessed. There was no correlation of growth period and substrate temperature. RL was not affected by substrates, BDM was lower in treatment 3, CP was not influenced, and ash content was higher in treatment 1. In general, the best development was observed in treatment 1 because of the absence of distinction regarding qualitative parameters (CP and ash) and higher granulometry of whole açai seeds which affects mass density and substrate aeration, thus allowing higher dry biomass yield.

**Keywords:** açai seed; agroindustry by-products; animal nutrition; forage production.

---

## Introdução

A pecuária desempenha um papel importante na segurança alimentar global; no entanto, as mudanças climáticas complicaram a produção de rações primárias para o gado. Assim, novas alternativas de produção são essenciais para que o setor se mantenha competitivo, lucrativo e sustentável<sup>(1)</sup>.

A produção de forragem hidropônica se refere ao cultivo de plantas usando uma solução nutritiva em um substrato natural, ou mesmo sem substrato, durante o período inicial de crescimento das plantas forrageiras<sup>(2,3)</sup>, e esta abordagem pode ser usada quando a forragem não pode ser cultivada convencionalmente devido a condições<sup>(4)</sup>.

Forragem hidropônica é a denominação dada ao método de cultivo de plantas a partir de solução nutritiva sob substrato natural, ou mesmo sem substrato, para o crescimento inicial das plantas forrageiras<sup>(5)</sup>. Piccolo et al.<sup>(6)</sup> observaram esse acúmulo de nutrientes da solução junto com as sementes na ausência de substrato, induzindo à morte das plantas no início de seu desenvolvimento.

Usando forragem de milho, Ndaru et al.<sup>(7)</sup> relatou produção de forragem de 12 kg m<sup>-2</sup>, com teor moderado de fibra de 10% de fibra em detergente neutro (FDN) e 15% de proteína bruta (PB) após 20 dias de cultivo.

Numerosos subprodutos da agricultura ou agroindústria, como bagaço e sementes inteiras ou trituradas, podem ser usados como substratos no cultivo hidropônico para melhorar a sustentabilidade dos sistemas de produção, reduzir os impactos ambientais e aumentar a eficiência do uso dos recursos naturais. Porém, substratos para produção

de forragem hidropônica são tipicamente incluídos na biomassa final da ração animal, portanto, além de fornecer suporte e nutrientes às plantas, devem ser consumidos pelos animais.

O uso de substratos na produção de forragem hidropônica contribui para o aumento do teor de massa seca das plantas, podendo afetar o valor nutricional do produto final. Araújo et al.<sup>(8)</sup> observaram maior produtividade de milho para ração hidropônica em substratos com partículas menores, e Campêlo et al.<sup>(9)</sup> observaram menor teor de PB e maior produtividade de massa seca usando casca de arroz, seguido por maior FDN, FDA e cinza, em comparação ao capim *Pennisetum* como substrato.

A escolha do substrato depende da sua capacidade de suportar e fornecer nutrientes às plantas, bem como do seu efeito como ingrediente na alimentação animal. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os aspectos produtivos e qualitativos da produção hidropônica de milho para ração utilizando diferentes substratos.

## Material e métodos

O estudo foi realizado na área experimental da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) no Campus de Paragominas, Pará, Brasil. O experimento foi conduzido durante 15 dias na estação seca de junho a dezembro de 2019, período durante o qual a forragem é tipicamente produzida. O clima local é classificado como Aw (o clima predominante na região é o tropical quente e úmido), segundo Köppen, com temperatura média de 26,6 °C e precipitação anual de 1,805 mm, sendo o período de chuvas de dezembro a maio.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro substratos para o cultivo hidropônico do milho, com cinco repetições. Os seguintes substratos foram usados: 1) sementes inteiras de açaí fermentadas, 2) sementes de açaí trituradas, 3) bagaço de cana-de-açúcar e 4) feno de Tifton moído. Os grãos de sementes foram coletados em uma safra 2018/19.

Os grãos foram considerados de qualidade para uso industrial, com pureza de 99,98%. As impurezas consistiam de grãos e sujeira queimados, quebrados e / ou danificados. O manejo industrial convencional de grãos e sua exposição a altas temperaturas no processo de secagem exige a verificação da capacidade de germinação. Assim, a avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio de quatro repetições de 50 sementes distribuídas em duas folhas de papel germitest umedecido com água destilada (três vezes o peso do papel desidratado); uma terceira folha de papel foi utilizada para cobrir as sementes que foram colocadas em um saco transparente.

As sementes foram colocadas em germinador BOD com temperatura constante de 25 °C por quatro dias<sup>(10)</sup>, o que resultou em uma taxa de germinação de 88,5%. Considerando as taxas de pureza (P) e germinação (G), o valor cultural (VC) foi de 88,5%, utilizando a equação  $VC = (\% P \times \% G) / 100$ .

A fermentação das sementes de açaí é necessária devido à sua alta capacidade de germinação. Para isso, as sementes úmidas foram colocadas em sacos e expostas à irradiação natural por aproximadamente 30 dias, após os quais foram espalhadas na

superfície do solo em ambiente protegido para secagem.

A moagem das sementes de açaí e do feno de Tifton foi realizada em moinho elétrico sem peneira. O bagaço da cana-de-açúcar era obtido como subproduto industrial.

A unidade experimental compreendeu uma parcela em uma área plana de 1,0 × 0,5 m coberta com lona plástica. Os substratos foram aplicados em duas camadas de 2 cm, ou seja, uma embaixo e outra acima das sementes. A densidade de sementes foi de 2,5 kg m<sup>-2</sup> de sementes viáveis puras aplicadas nas unidades experimentais sobre a primeira camada de substrato que foi umedecida.

A fertilização foi aplicada duas vezes, ou seja, uma antes da semeadura e três dias antes da colheita, utilizando-se as fórmulas comerciais 4-14-8 e 20-0-20 diluídas em água e aplicadas a 35 gm<sup>-2</sup>.

A capacidade de absorção de cada substrato foi determinada e ajustada conforme Souza<sup>(10)</sup>, que se baseou na aplicação inicial de água a 60% da capacidade de retenção de cada substrato a 5, 4, 8 e 8 L m<sup>-2</sup> ao bagaço de cana, feno de Tifton moído, sementes de açaí trituradas e sementes inteiras de açaí fermentadas. Após a emergência dos brotos, o nível de umidade foi mantido por meio de irrigações diárias pela manhã e à tarde, de acordo com as condições de umidade observadas.

A partir do 3º ao 14º dia de cultivo, a temperatura do substrato de cultivo foi avaliada usando um termômetro de mercúrio em três pontos de cada substrato por parcela em 13:00 como nesta hora, a maior incidência de radiação solar foi observada, e os substratos foram considerados como apresentando aumento de temperatura e alta geração de calor devido à fermentação.

Quinze dias após a semeadura, as plantas inteiras (raízes e brotos) e o substrato foram coletados para avaliação. O rendimento de biomassa e o teor de matéria seca foram medidos em amostras coletadas com amostrador de 0,25 × 0,25 m no centro de cada parcela. O desenvolvimento das plantas de milho foi avaliado em 10 unidades amostradas no centro de cada parcela para medir o comprimento da parte aérea e da raiz.

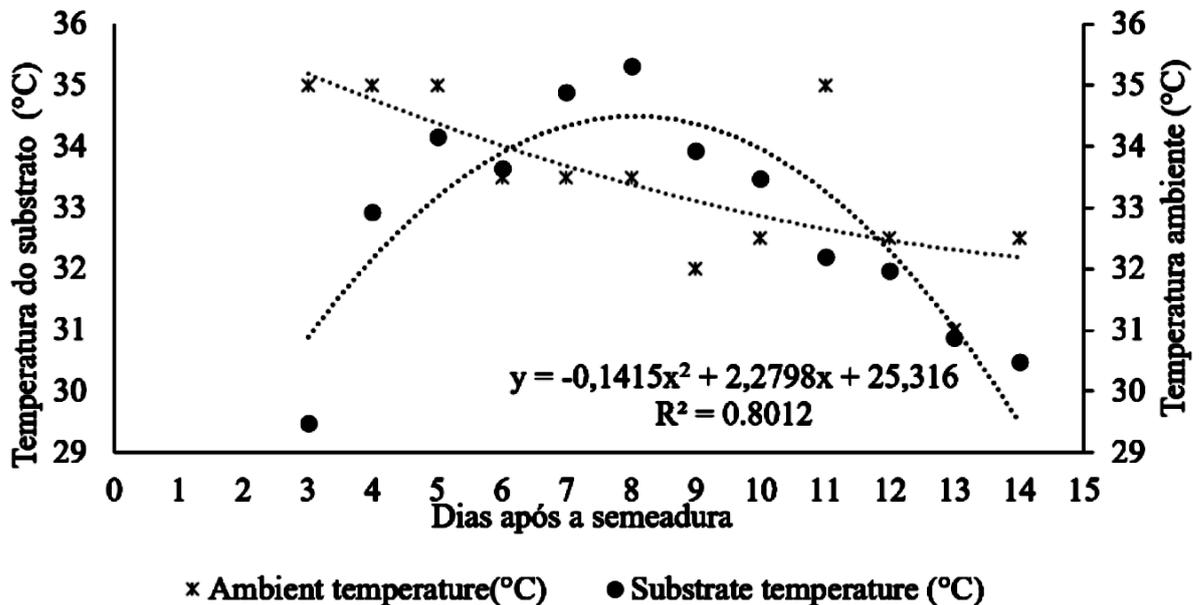
Amostras frescas de biomassa foram pesadas e colocadas em estufa com circulação forçada de ar aquecida a 65 °C por 72 h para registro do teor parcial de matéria seca (MS; # 930,15). Amostras de biomassa seca foram moídas em moinho (a 1 mm) para análise de CP (CP; # 2001.11), conforme AOAC<sup>(11)</sup>, e avaliação do teor de cinzas em mufla aquecida a 600 °C.

Todas as variáveis foram testadas quanto à normalidade usando o teste de Shapiro-Wilk antes de uma análise posterior com um nível de significância de p < 0,05, e qualquer variável que se desviou da distribuição normal foi transformada por meio do procedimento RANK do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA). A instrução PROC RANK com a opção NORMAL foi usada para produzir dados transformados normalizados. Todos os dados foram analisados usando o procedimento MIXED no SAS (SAS Inst. Inc.).

## Resultados e discussão

A temperatura dos substratos de cultivo foi ajustada para uma curva quadrática

negativa, independente dos tratamentos (Figura 1).



**Figura 1.** Temperatura do substrato de cultivo durante o período experimental.

O pico de temperatura dos substratos de cultivo ocorreu no dia 8º dia após a semeadura (Figura 1). O aumento da temperatura pode ser consequência da fermentação de sementes não germinadas ou do substrato uma vez que a umidade do substrato produziu microambientes anaeróbios. De acordo com Biaggioni et al.<sup>(12)</sup>, a respiração anaeróbia por meio da degradação das moléculas de carboidratos leva à liberação de gás carbônico e produção de calor. Além disso, os dados não seguiram o padrão de temperaturas ambiente, em particular durante a fase de pico a partir da 6º ao 10º dia, sugerindo, assim, fermentação do substrato ou dos grãos. Embora não tenha havido efeito de interação entre os tratamentos e o tempo sobre a temperatura do substrato de cultivo, as temperaturas médias diferiram entre os tratamentos (Tabela 1).

As menores temperaturas do substrato foram observadas nas sementes de açaí inteiras fermentadas (Tabela 1), sendo a média 0,89 °C menor que a dos demais tratamentos. A forma física de sementes inteiras de açaí com partículas grandes e superfície rugosa possivelmente permitiu maior circulação de ar e trocas gasosas, resultando em temperaturas mais baixas.

Os tratamentos não afetaram o comprimento da raiz (Tabela 2); a falta de efeito pode ser explicada pela fase de crescimento, pois o desenvolvimento da raiz depende menos de fatores externos durante os primeiros dias de desenvolvimento devido às reservas de nutrientes contidas nas sementes<sup>(13)</sup>.

**Tabela 1.** Temperaturas médias dos substratos de cultivo

Tratamentos	Temperatura (° C)
Sementes de açaí fermentadas	32,11 ± 1,90 b
Feno terrestre de Tifton	33,10 ± 1,86 a
Sementes de açaí trituradas	32,95 ± 1,87 a
Bagaço da cana-de-açúcar	32,96 ± 2,12 a
<i>p</i>	<0,0001
CV (%)	2,6

Médias seguidas da mesma letra não diferiram significativamente de acordo com o teste de Tukey a 5%.

**Tabela 2.** Comprimento da raiz (RL) e comprimento do caule (SL) de plantas de milho hidropônicas cultivadas em diferentes substratos por 15 dias

Tratamento	RL cm	SL
Sementes de açaí fermentadas	12,14 ± 4,30 a	14,16 ± 3,65 a
Feno terrestre de Tifton	10,66 ± 2,34 a	11,02 ± 1,33 ab
Sementes de açaí trituradas	9,69 ± 2,76 a	11,77 ± 1,59 ab
Bagaço da cana-de-açúcar	9,25 ± 3,41 a	9,73 ± 0,98 b
<i>p</i>	0,5326	0,0329
CV (%)	31,5	18,5

Médias seguidas da mesma letra não diferiram significativamente de acordo com o teste de Tukey a 5%.

O comprimento da parte aérea das plantas cultivadas em sementes de açaí inteiras fermentadas foi 45,52% maior em comparação às plantas cultivadas em bagaço de cana-de-açúcar, o que não foi significativamente diferente ( $p = 0,0329$ ) das plantas cultivadas em feno de Tifton moído e sementes de açaí trituradas (Tabela 2). Este tratamento representou o maior tamanho de partícula, o que possivelmente levou a uma maior circulação de ar no ambiente radicular, facilitando o aumento do crescimento da planta, enquanto todos os demais substratos apresentaram maior tendência ao corte. Segundo Santos<sup>(14)</sup>, substratos com alta porosidade facilitam a emergência de mudas.

O bagaço de cana tem sido estudado como substrato para o cultivo hidropônico de

forragem com resultados adequados<sup>(16)</sup>; no entanto, apresentou menor desenvolvimento individual da planta, em comparação com os tratamentos com feno de Tifton moído e semente de açaí, embora não tenha afetado a produtividade total de matéria seca da forragem (Tabela 3).

**Tabela 3.** Conteúdo de biomassa (forragem + substrato) de matéria seca (BDM), rendimento de biomassa seca (YDB) e produtividade de massa seca de forragem (FDMP) do milho hidropônico cultivado em diferentes substratos

Tratamento	BDM %	YDB kg m <sup>-2</sup>	FDMP kg m <sup>-2</sup>
Sementes de açaí fermentadas	30,04 ± 1,70 a	7,8 ± 0,84 a	1,92 ± 0,84 a
Feno terrestre de Tifton	28,74 ± 4,63 a	3,65 ± 0,75 c	3,03 ± 0,75 a
Sementes de açaí trituradas	28,84 ± 6,97 a	5,57 ± 1,31 b	2,20 ± 1,31 a
Bagaço da cana-de-açúcar	18,38 ± 2,05 b	3,21 ± 1,56 c	2,21 ± 1,56 a
p	0,0021	<0,0001	0,4893
CV (%)	16,6	23	49,7

Médias seguidas da mesma letra não diferiram significativamente de acordo com o teste de Tukey a 5%

O teor e a produção de matéria seca da biomassa podem ser influenciados pelas características físico-químicas dos substratos, como densidade e capacidade de retenção de água, além da velocidade de decomposição. Pilau et al.<sup>(16)</sup> atribuíram a maior massa seca da forragem hidropônica cultivada na casca de arroz a maiores quantidades do substrato utilizado para fornecer a mesma espessura de camada e menor velocidade de decomposição da palha de milho.

A biomassa seca total diferiu entre os substratos; entretanto, nenhum efeito sobre a matéria seca da forragem foi observado (Tabela 3). Dentre os diversos substratos avaliados para a produção de forragem hidropônica de milho<sup>(17)</sup>, a matéria seca de 85,8% da casca de arroz influenciou na produção de matéria seca da biomassa produzida.

Considerando a ausência de efeitos do tratamento na produtividade da forragem, a escolha do substrato deve ser baseada na produção de biomassa seca (Tabela 3), valor químico e nutricional da ração animal e custos de produção. No entanto, o conteúdo de PB foi semelhante entre os tratamentos (Tabela 4).

Durante os estágios iniciais de desenvolvimento, plantas como o milho hidropônico, contêm altos níveis de proteína, aumentando assim seu valor nutricional<sup>(18)</sup>. Os valores de PB observados (Tabela 4) corroboram os valores previamente relatados de milho para ração hidropônica<sup>(19)</sup>, e satisfazem as necessidades de bovinos adultos<sup>(20)</sup>. A forragem de milho é, portanto, superior às forragens tropicais típicas usadas durante a estação seca.

**Tabela 4.** Teor de proteína bruta (PB) e cinzas da biomassa hidropônica de milho cultivada em diferentes substratos

Tratamento	PC %	Cinza
Sementes de açaí fermentadas	11,17 ± 0,81 a	5,79 ± 2,32 a
Feno terrestre de Tifton	12,02 ± 1,57 a	3,98 ± 0,95 ab
Sementes de açaí fermentadas e trituradas	10,81 ± 1,40 a	3,51 ± 0,35 ab
Bagaço da cana-de-açúcar	13,50 ± 4,36 a	2,95 ± 0,62 b
P	0,3467	0,0249
CV (%)	20,66	32,83

Médias seguidas da mesma letra não diferiram significativamente de acordo com o teste de Tukey a 5%.

O conteúdo de cinzas diferiu entre os tratamentos (Tabela 4). A biomassa produzida com sementes inteiras de açaí foi superior ao bagaço de cana-de-açúcar, mas não foi observada diferença entre os demais tratamentos. O maior teor de cinzas pode indicar um nível de nutrientes favorável nas plantas, provavelmente explicando o aumento do comprimento do caule (Tabela 2). Holanda<sup>(21)</sup> encontrou maior teor de cinzas em plantas com o aumento da maturidade fisiológica, o que resultou no aumento do crescimento radicular e facilitou o aumento da absorção de minerais.

Todos os substratos examinados aqui suportaram a produção de forragem hidropônica e, com exceção do feno de Tifton moído, todos os substratos eram subprodutos agroindustriais, o que é importante considerando a sustentabilidade. Embora seu desempenho quantitativo tenha sido inferior, o bagaço de cana-de-açúcar também pode ser uma alternativa viável para essa técnica de cultivo, principalmente para agricultores localizados próximos a instalações de produção de cana-de-açúcar.

O uso de um substrato depende dos custos de logística e manuseio. Os tratamentos com sementes de açaí apresentaram maior rendimento de biomassa seca (Tabela 3), o que representa uma alternativa atraente, principalmente em áreas amazônicas onde estão localizadas grandes instalações de extração de açaí. Este substrato já foi usado para o cultivo de hortaliças e frutas, principalmente pela agricultura familiar<sup>(22)</sup>, mas continua sendo um subproduto não comercializável com baixo manuseio e esforço logístico.

Avaliações adicionais de aspectos nutricionais, como digestibilidade da matéria seca e gases emitidos por ruminantes (incluindo gases de efeito estufa) são necessárias para decisões acertadas. Além disso, deve-se verificar se o maior tamanho de partícula das sementes inteiras de açaí pode resultar em menor digestibilidade da forragem devido à sua menor área superficial específica.

A biomassa, que compreende a forragem e substratos para a produção de milho

hidropônico, foi influenciada quantitativamente pelo substrato, embora a produtividade e a qualidade das plantas forrageiras tenham sido pouco afetadas. Isso sugere que a produção de forragem hidropônica é útil para a utilização de subprodutos como alternativa à produção de ração animal. Assim, mais pesquisas são necessárias sobre o manejo da produção de substratos, uso na alimentação animal e viabilidade econômica para garantir uma relação custo / benefício desejável, uma vez que tais métodos podem ser aplicados ao longo do ano, independentemente das condições climáticas.

## Conclusão

Os coprodutos agroindustriais como substratos mostraram potencial para uso na produção de milho para ração hidropônica. A semente de açaí se destacou entre os substratos testados por apresentar maior rendimento em relação à produção de biomassa aérea.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos membros da Equipe de Estudos de Forragem (GEF) pelo auxílio na montagem dos testes de campo e da Cooperativa Agroindustrial Paragominense - Coopernorte.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse

## Referências

1. Moorby JM, Fraser MD. Review: New feeds and new feeding systems in intensive and semi-intensive forage-fed ruminant livestock systems. *Animal*. 2021 Jul 24;100297.
2. Gutiérrez SF, Camacho EC. Aplicación de abono orgánico líquido aeróbico en la producción de forraje verde hidropónico, en dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Centro Experimental de Cota Cota. *Apthapi*. 2019;5(1):1430-40.
3. Maucieri C, Nicoletto C, Os E van, Anseeuw D, Havermaet R Van, Junge R. Hydroponic Technologies. *Aquaponics Food Prod Syst* [Internet]. 2019;77-110. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-15943-6\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-15943-6_4)

4. Naik P. Effect of seed rate on yield and proximate constituents of different parts of hydroponics maize fodder. *Indian J Anim Sci.* 2017 Jan 1;87:109–12.
5. Sambo P, Nicoletto C, Giro A, Pii Y, Valentinuzzi F, Mimmo T, et al. Hydroponic Solutions for Soilless Production Systems: Issues and Opportunities in a Smart Agriculture Perspective. *Front Plant Sci.* 2019 Jul 24;0:923.
6. Píccolo MA, Coelho FC, Gravina G do A, Marciano CR, Rangel OJP. Produção de forragem verde hidropônica de milho, utilizando substratos orgânicos e água residuária de bovinos. *Rev Ceres.* 2013 Aug;60(4):544–51.
7. Ndaru PH, Huda AN, Marjuki, Prasetyo RD, Shofiatun U, Nuningtyas YF, et al. Providing High Quality Forages with Hydroponic Fodder System. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2020 Apr 1;478(1):012054.
8. Araújo J dos S, de Oliveira GF, Lima HC, da Silva JS, Santos L dos, de Souza MN, et al. Organic substrates for production of corn hydroponic forage for animal feed. *Acad J Agric Res.* 2018;6(2):38–41.
9. Campêlo JEG, Oliveira JCG de, Rocha A da S, Carvalho JF de, Moura GC, Oliveira ME de, et al. Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. *Rev Bras Zootec.* 2007;36:276–81.
10. Rocha RJS, Salviano AAC, Alves AA, Neiva JNM, Lopes JB, Silva LRF. Produtividade e composição química da forragem hidropônica de milho em diferentes densidades de semeadura no substrato casca de arroz. *Rev Científica produção Anim.* 2014;16:25–31.
11. Souza CC de, Oliveira FA de, Silva I de F da, Amorim Neto M da S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. *Rev Bras Eng Agrícola e Ambient.* 2000 Dec :4(3):338–42.
12. AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. William Horwitz, George W. Latimer J, editors. Vol. 4. Gaithersburg; 2011.
13. Biaggioni MAM, Lopes AB de C, Jasper SP, Berto DA, Gonçalves EV. Qualidade da silagem de grão úmido em função da temperatura ambiente e pressão interna de armazenagem. *Acta Sci Agron.* 2009;31(3):377–82. A
14. Tonetto CJ, Pires CC, Müller L, Rocha MG da, Silva JHS da, Frescura RBM, et al. Rendimentos de cortes da carcaça, características da carne e componentes do peso vivo em cordeiros terminados em três sistemas de alimentação. *Rev Bras Zootec.* 2004 ;33(1):234–41.
15. Santos MM dos, Costa RB da, Cunha PP, Seleguini A. Tecnologias para produção de mudas de rosa do deserto (*Adenium obesum*). *Sci J.* 2015;1(3).
16. Chaves J da S, Leal ML de A, Alves RN, Rodrigues TG, Souza FG de, Miranda AFM, et al. Avaliação da produtividade de milho hidropônico sobre substrato de bagaço de cana-de-açúcar. *Brazilian Appl Sci Rev.* 2020;4(4):2236–47.

17. Pilau FG, Bonnacarrère AC, Schmidt D, Manfron PA, Santos OS, Medeiros SLP, et al. Produção hidropônica de forragem em túnel plástico. *Rev Norte, Rolim Moura*. 2004;7:11–119.
18. Assefa G, Urge M, Anmut G, Assefa G. Effect of variety and seed rate on hydroponic maize fodder biomass yield, chemical composition, and water use efficiency. *Biotechnol Anim Husb*. 2020;36(1):87–100.
19. Almeida JCS, Valentim JK, Faria DJG, Noronha CMS, Velarde JMDS, Mendes JP, et al. Bromatological composition and dry matter production of corn hydroponic fodder. *Acta Sci Anim Sci*. 2020 Aug 19;43:e48800.
20. Lazzarini Í, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho S de C, Valadares RFD, Oliveira FA, et al. Nutritional performance of cattle grazing on low-quality tropical forage supplemented with nitrogenous compounds and/or starch. *Rev Bras Zootec*. 2013 Sep;42(9):664–74.
21. Holanda JMF de A, Lazarini E, Sanches IR. Produção de matéria seca e composição bromatológica de milho e soja hidropônicos em palha de arroz e N em cobertura. *Res Soc Dev*. 2021;10(6):e26310615765.
22. Correa BA, Parreira MC, Martins JS, Ribeiro RC, Silva EM. Reaproveitamento de resíduos orgânicos regionais agroindustriais da Amazônia Tocantina como substratos alternativos na produção de mudas de alface. *Rev Bras Agropecuária Sustentável*. 2019;9(1):97–104.