



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PAULISTANA
CURSO BACHARELADO EM ZOOTECNIA

FRANCISCA LEANDRA DE ALENCAR CARVALHO

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO HIDROPÔNICA COM NIVEIS
DIFERENTES DE FONTES ALTERNATIVAS DE ADUBAÇÃO**

**PAULISTANA
2025**

FRANCISCA LEANDRA DE ALENCAR CARVALHO

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO HIDROPÔNICA COM NIVEIS
DIFERENTES DE FONTES ALTERNATIVAS DE ADUBAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
(monografia) apresentado como exigência
parcial para obtenção do diploma do Curso
de Bacharelado em Zootecnia do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus Paulistana.

Orientadora: Prof.^a Dra. Valéria Borges da
Silva

PAULISTANA
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Carvalho, Francisca Leandra de Alencar

C257p Produção de forragem de milho hidropônico com níveis diferentes de fontes alternativas de adubação / Francisca Leandra de Alencar Carvalho. - 2025.
35 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Paulistana, 2025.

Orientadora : Profa Dra. Valéria Borges da Silva.

1. Hidropônia. 2. Biofertilizante. 3. Sustentabilidade. I.Título.

CDD - 636.08

Elaborado por Edna Ferreira de Oliveira CRB 3/1621

FRANCISCA LEANDRA DE ALENCAR CARVALHO

PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE MILHO HIDROPÔNICA COM NIVEIS
DIFERENTES DE FONTES ALTERNATIVAS DE ADUBAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso
(monografia) apresentado como exigência
parcial para obtenção do diploma do Curso
de Bacharelado em Zootecnia do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus Paulistana.

Aprovada em: 23/07/ 2025 .

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Valéria Borges da Silva (Orientadora)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Daniel Barros Cardoso (IFPI)

Prof. Dr. Ovídio Paulo Rodrigues da Silva (IFPI)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e por me sustentar durante os desafios desse caminho.

A minha família agradecer o apoio em todos os momentos.

A minha avó, Maria de Lurdes que não está mais presente entre nós, mas sempre foi uma grande incentivadora para seguir meus sonhos.

Aos meus pais, Eronimo e Luciana que me deram tudo mesmo quando muito pouco tinham, sendo meu maior exemplo de coragem e sustentação.

A minha irmã, Maria Luana, pela presença constante em minha vida, pelo companheirismo e apoio diário, que foram fundamentais nos dias difíceis e celebrados nos dias felizes.

Ao meu namorado, Nayron, pelo apoio, incentivo e paciência durante todo esse processo, sua presença foi um porto seguro quando mais precisei.

As amizades construídas durante essa trajetória acadêmica, que tornaram a caminhada leve e juntos construímos momentos memoráveis.

A minha amiga parceira de projeto, Jane Alice pelo comprometimento e parceria durante a realização deste trabalho.

A minha querida orientadora, Valéria Borges, pela confiança, paciência e por acreditar no meu potencial quando eu mesma duvidei. Seus ensinamentos foram fundamentais.

Ao técnico, Deiverson e ao professor Ovídio Paulo pelo suporte e disponibilidade e os ensinamentos valiosos.

À rede de professores do IFPI, pela formação sólida e inspiradora. E ao Instituto Federal do Piauí, que abriu as portas para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

E a todos que mesmo indiretamente contribuíram com esse momento, muito obrigada!

RESUMO

Regiões semiáridas enfrentam desafios devido à escassez hídrica e ao alto custo de insumos para o cultivo de forragens, assim a hidroponia surge como alternativa viável para produção de alimentos com menor consumo de água e maior eficiência nutricional. Nesse contexto esse trabalho teve como objetivo avaliar a produção de forragem de milho hidropônica utilizando fontes alternativas de adubação: efluente de piscicultura e biofertilizante à base de esterco ovino. O experimento foi realizado em duas etapas, ambas conduzidas durante 20 dias até a colheita, em delineamento em blocos casualizado (DBC). Na primeira, foram testadas diferentes concentrações de efluente de piscicultura (25%, 50% e 75%) e uma testemunha apenas com água. Na segunda etapa, avaliou-se o efeito de diferentes concentrações de biofertilizante produzido com esterco ovino (15%, 30% e 45%) também comparadas com uma testemunha utilizando apenas água. Os resultados encontrados mostraram que, embora o uso de efluente não tenha apresentado diferenças estatísticas significativas, todas as concentrações resultaram em produtividades satisfatórias. Já o biofertilizante proporcionou aumento significativo na massa da parte aérea nas concentrações de 30% e 45%, evidenciando seu potencial como adubo alternativo em sistemas hidropônicos. Conclui-se que ambas as fontes são viáveis e sustentáveis, especialmente em regiões semiáridas, contribuindo para a redução de custos e o reaproveitamento de resíduos.

Palavras chaves: Hidropônia; Biofertilizante; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Semi-arid regions face challenges due to water scarcity and the high cost of inputs for forage cultivation, thus hydroponics emerges as a viable alternative for food production with lower water consumption and greater nutritional efficiency. In this context, this study aimed to evaluate the forage production of hydroponic corn using alternative fertilization sources: aquaculture effluent and biofertilizer based on sheep manure. The experiment was conducted in two stages, both carried out over 20 days until harvest, in blocks of casualized delineation (DBC). In the first experiment, different concentrations of aquaculture effluent (25%, 50%, and 75%) were tested along with a control that only contained water. In the second stage, the effect of different concentrations of biofertilizer produced with sheep manure (15%, 30%, and 45%) was evaluated, also compared with a control using only water. The results found showed that, although the use of effluent did not show statistically significant differences, all concentrations resulted in satisfactory productivity. The biofertilizer has already provided a significant increase in the biomass of the aerial parts at concentrations of 30% and 45%, highlighting its potential as an alternative fertilizer in hydroponic systems. It is concluded that both sources are viable and sustainable, especially in semi-arid regions, contributing to cost reduction and reuse of waste

Keywords: Hydroponics; Biofertilizer; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Montagem dos experimentos: Disposição das sementes nas bandejas.	25
Figura 2 - Irrigação com efluentes da piscicultura e Desenvolvimento inicial da forragem hidropônica.....	26
Figura 3 – Forragem hidropônica	27
Figura 4 – Separação e pesagem da parte aérea e sistema radicular.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias da produção de forragem de milho hidropônico com efluente de piscicultura (kg/m ²).	28
Tabela 2 - Médias da produção de forragem de milho hidropônica com diferentes doses de biofertilizante ovino (kg/m ²).	30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

DAG – Dias Após a Germinação

FDA – Fibra em Detergente cido

FDN – Fibra em Detergente Neutro

IFPI – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

kg/m² – Quilograma por metro quadrado

MPAF – Massa da Parte Aérea Fresca

MRF – Massa da Raiz Fresca

NFT – Nutrient Film Technique

NPK – Nitrogênio, Fósforo e Potássio

PB – Proteína Bruta

PH – Potencial Hidrogeniônico

TABS – Testemunha Absoluta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Hidropônia.....	14
2.2 Produção de Forragem Hidropônica.....	16
2.3 Morfologia e Exigências do Milho Para Produção de Forragem	17
2.4 Uso de Resíduos Orgânicos como Fonte de Nutrientes	20
2.4 Qualidade da Forragem Produzida.....	22
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 Local do experimento	24
3.2 Tratamentos	24
3.3 Instalação do experimento	25
3.4 Delineamento experimental e teste de de estatística.....	26
5 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro possui características climáticas marcadas por condições de altas temperaturas, chuvas escassas e irregulares distribuídas entre cinco e oito meses, com precipitação média de 250 a 800 mm anual. A maioria dos sistemas produtivos da região são dependentes de chuva (sequeiro) (BRASIL ESCOLA, 2025; MOURA et al., 2007).

No Nordeste brasileiro, nos sistemas de base familiar para a produção de grãos, o milho (*Zea mays*), se destaca por sua importância econômica, social e cultural para os pequenos e médios agricultores, sendo bastante utilizado na alimentação humana e animal (MORENO, 2023). A cultura do milho é uma das principais alternativas de cultivo em áreas de sequeiro, sua produção para a formulação de dietas destinadas à produção animal nos diferentes sistemas produtivos (SOUSA, 2024).

O milho é o principal ingrediente na formulação de rações, correspondendo a 40% do custo final, principalmente na alimentação de suínos e aves de corte. Além disso, diz respeito a uma importante fonte de energia, e em sua composição pode ser encontrada, vitaminas, sais minerais, proteínas, carboidratos, óleos e açúcares (SILVA, 2021).

Nos sistemas de produção predominantes na região, um grande desafio é a restrição hídrica. Cada vez mais tecnologias alternativas que permitem uma maior produção nessas condições de escassez, vem ganhando relevância e utilização (EMBRAPA, 2019). Devido à escassez hídrica e a demanda por uma alimentação de qualidade, a produção de forragem hidropônica pode ser considerada uma opção eficiente para atender às exigências nutricionais na dieta dos animais (Bombana & Gai, 2019).

A forragem hidropônica apresenta-se como uma alternativa de baixo custo para os pequenos pecuaristas em regiões de deficiência hídrica, como no Nordeste. Devido ao baixo consumo de água e alto valor nutritivo, esse sistema contribui significativamente para o aumento da produção dos rebanhos em regiões como o nordeste brasileiro (SOUSA, 2019). É uma técnica de cultivo de plantas sem uso

do solo, que são nutridas por uma solução nutritiva balanceada, podendo ser aplicada em diferentes sistemas, como na produção de forragem para alimentação animal por possuir alta digestibilidade e alto teor proteico (NASCIMENTO et al., 2017). Podendo ser substituído até 40% da ração convencional na alimentação de cordeiros, sem prejuízos ao ganho de peso diário indicando viabilidade zootécnica e econômica do sistema (CANTÓN-CASTILLO et al., 2023). Ainda, estudos com frangos de corte da linhagem Cobb-500 indicam que a suplementação com até 10,5% de forragem hidropônica de cevada pode melhorar o desempenho zootécnico reforçando o potencial de aplicação da forragem hidropônica também em não ruminantes (SHARMA et al., 2024).

Esta técnica é utilizada no Brasil em diferentes regiões, por exemplo no Nordeste, tanto para produção de hortaliças quanto de forragens para alimentação animal. É uma técnica simples que apresenta uma diversificação de benefícios (MAIA et al., 2014).

As vantagens do cultivo em sistema hidropônico estão relacionadas à baixa necessidade de mão de obra, ciclos curtos de produção. A produção de forragem hidropônica surge como uma alternativa destinada a alimentação animal como alimento de elevado valor proteico e energético (COMPRE RURAL, 2022). O crescimento acelerado das plantas nesse sistema de cultivo, o desenvolvimento das raízes e parte aérea com um baixíssimo teor de fibras e alto teor de aminoácidos na forma livre favorece a digestibilidade e o aproveitamento dos animais (FEEDING et al., 2023).

O período curto de produção desse sistema de cultivo de forragens, permite vários ciclos anuais e o fornecimento de um volumoso com alta qualidade, altamente palatável. Além disso, pode ser utilizado como uma estratégia alimentar em períodos de escassez de alimentos para o fornecimento a ruminantes e não ruminantes. Apresenta-se como uma alternativa viável para enfrentar épocas de estiagem (BORGES et al., 2021).

No caso da forragem hidropônica de milho a colheita ocorre a partir de 15 dias após a germinação, período em que a planta apresenta bom desenvolvimento e qualidade nutricional (SILVA et al., 2021). O material possui uma composição bromatológica adequada com teores equilibrados de proteína bruta, fibra e energia, além

de uma produção expressiva de matéria seca, mostrando-se como uma opção promissora a ser utilizada na alimentação animal em regiões com restrições de recursos hídricos (ALMEIDA et al., 2021).

Entre as alternativas sustentáveis de adubação, destaca-se a utilização de água residuária da piscicultura como fonte hídrica e de nutrientes às plantas, mostrando-se eficaz na melhoria da qualidade da forrageira, promovendo o crescimento vegetal e o aumento do teor de nutrientes, além de contribuir para a sustentabilidade ambiental por meio do reuso de resíduos (SÁTIRO et al., 2023).

Da mesma forma, a aplicação de esterco ovino tem demonstrado aumento na biomassa vegetal e produtividade em sistemas de cultivo sem solo, o que confirma a viabilidade como alternativa orgânica de adubação das culturas (ANDRADE et al., 2024). Objetivou-se avaliar a produção de forragem hidropônica de milho, utilizando água residuária de tanque de piscicultura e diferentes níveis de biofertilizante elaborado com esterco ovino, como fonte de adubação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Hidropônia

O sistema hidropônico se aplica a técnicas de cultivo sem a utilização de solo, onde os nutrientes são fornecidos através da água fazendo uso de soluções nutritivas de acordo com a necessidade de cada planta. A palavra hidroponia é originada das palavras gregas água (hidro) e cultivo (ponos), cultivo na água. A técnica evoluiu de uma ferramenta de pesquisa para um sistema produtivo e é utilizada em estudos de nutrição de plantas e comercialização de alimentos (GUEDES, 2019).

O cultivo em ambientes protegidos permite o controle de fatores ambientais como aparecimento de pragas, doenças e até mesmo adversidades climáticas. Se apresentando como um futuro promissor, a hidroponia abre portas para uma agricultura eficiente, sustentável e mais produtiva. No Brasil esse sistema de cultivo se popularizou para a produção de hortaliças, no entanto qualquer vegetal pode ser

cultivado em hidroponia. As frequentes estiagens na região nordeste fazem com que a técnica seja utilizada em vários estados para a produção de verduras e de forragens, que são utilizadas tanto na alimentação humana quanto na alimentação animal sendo considerado uma evolução agrícola (BEESE et al., 2024).

O cultivo hidropônico minimiza o desperdício de nutrientes, permitindo maior produtividade de forma rentável, garantindo disponibilidade de produtos constantemente (MENEGAES et al. 2015). A forma de cultivo melhora a qualidade de produção, alinhando-se a práticas agrícolas sustentáveis diminuindo impactos ambientais (CARDOSO 2022).

Os métodos de cultivo hidropônico podem ser divididos em dois grupos, sendo eles passivos e ativos. No método passivo não há a necessidade de bombeamento mecânico, a água e nutrientes não circulam, ou seja, ficam retidos. É um método simples e depende da absorção do material para que as raízes sejam nutridas. Já nos sistemas ativos, a circulação da água e nutrientes acontece com auxílio de uma bomba. A solução nutritiva é o meio pelo qual as plantas receberam os nutrientes em cultivo sem solo, para o crescimento e desenvolvimento. A solução é misturada com água e assim fornecidas às raízes das plantas. Ao entrar em contato com as raízes além dos nutrientes necessários para o crescimento, mas também compostos orgânicos. Não existe uma única solução nutritiva que atenda as exigências nutricionais de todas as culturas, na formulação de uma solução nutritiva é levada em consideração uma série de fatores, desde o estágio fenológico da planta até os fatores ambientais (VILAR, 2022).

As plantas precisam receber nutrientes em quantidade e proporções adequadas em todas as fases de crescimento para obter alta produtividade, por isso é essencial o uso de uma solução que atenda às necessidades da cultura cultivada. Uma solução balanceada precisa obter todos os nutrientes que a planta necessita, potencial osmótico entre 0,5 e 1,2 atm, e PH entre 5,5 e 6,5. No cultivo hidropônico as plantas recebem os macronutrientes, nitrogênio, fósforo potássio, cálcio, magnésio e enxofre e os micronutrientes, boro, cloro, cobre, ferro, manganês, zinco e molibdênio, através da solução nutritiva. Nesse contexto, é importante conhecer as exigências nutricionais da cultura escolhida para a obtenção de sucesso no sistema (VELÁZQUEZ-GONZÁLEZ et al., 2022).

2.2 Produção de Forragem Hidropônica

O termo refere-se ao cultivo de plantas forrageiras por meio da germinação e crescimento das sementes em sistemas sem solo sob condições controladas de luz, temperatura e umidade. A produção ocorre geralmente em bandejas ou prateleiras que são dispostas em ambientes fechados. A forragem é composta pelo broto germinado que inclui raiz, coleóptilo, caule e folhas formando um “tapete vegetal” que pode ser consumido pelos animais. A forragem se destaca pela palatabilidade e qualidade nutricional, além disso o cultivo favorece a economia de água, sendo uma alternativa sustentável em regiões que apresentam escassez hídrica (PASTORELLI et al., 2024).

O cultivo da forragem hidropônica possui vantagens quando comparada como os sistemas de cultivo convencional, quando se fala em espaço para a produção de forragem, um dos principais benefícios é a redução da área necessária, além disso o tempo de produção é significativamente menor, permitindo a colheita a partir de 8 dias de cultivo, isso é possível porque na técnica hidropônica os nutrientes são fornecidos diretamente a planta, acelerando o processo de crescimento. Outro fator importante é que no cultivo sem solo, dispensa a utilização de produtos químicos como inseticidas, herbicidas, fungicidas e promotores de crescimento artificial (AL-HASHIMI, 2011).

Essa forma de cultivo proporciona significativa economia de água, sendo uma técnica adequada para cultivo no semiárido brasileiro. A hidroponia designa-se como uma tecnologia altamente recomendada para áreas com restrição de recursos hídricos, precisamente pelo uso eficiente de água (RODRIGUES et al., 2024).

Diversas espécies podem ser utilizadas como forrageiras na alimentação animal, sendo elas divididas de acordo com o período de desenvolvimento, verão ou inverno, com o ciclo de vida, anual ou perene e com a família botânica, sendo as mais utilizadas, gramíneas e leguminosas devido ao valor nutritivo,

disponibilidade e adaptabilidade (EMBRAPA, 2024). Exemplo de leguminosas mais utilizadas como forrageiras em sistemas de cultivo sem solo, são alfafa, trevo e feijão-caupi, entre as gramíneas estão a cevada, aveia, trigo, sorgo e milho. Entre as gramíneas o milho hidropônico se destaca pelo seu rápido crescimento, boa aceitação e alta palatabilidade entre as diferentes espécies de animais e contribui para um melhor desempenho zootécnico já que possui baixo teor de fibra e alto teor energético (PASTORELLI et al., 2024).

O sistema de cultivo de forragem hidropônica é chamado de forragem verde hidropônica (FVH) ou, simplesmente, FVH. Essa técnica consiste em cultivo em bandejas, com fornecimento diário controlado de solução nutritiva, para a produção de forragem fresca e nutritiva para animais.

O cultivo de forragem utilizando apenas água e solução nutritiva pode ser realizado de diferentes metodologias. Dentre elas destaca-se o Nutrient Film Technique (NFT), amplamente utilizado em cultivos hidropônicos. Esse sistema é caracterizado por um fluxo contínuo de solução nutritiva mantido por bombeamento (KARINA, 2023).

Outra metodologia amplamente utilizada no cultivo sem solo é o sistema semi-hidropônico, onde é utilizado um substrato sólido como fibra de coco ou areia, utilizada para fornecer sustento as plantas, já os nutrientes são fornecidos por meio da irrigação controlada, geralmente por gotejamento, não havendo circulação contínua de água, reduzindo a complexidade do sistema. São utilizadas prateleiras em diferentes níveis de altura (BORTOLOZZO et al., 2007).

2.3 Morfologia e Exigências do Milho Para Produção de Forragem

O milho pertence à ordem Poales, família Poaceae, cultivada em várias partes do mundo devido à sua grande adaptabilidade. A ampla variedade de genótipos disponíveis permite o cultivo em vários climas, sejam tropicais, subtropicais ou temperados. O milho pode ser utilizado tanto na alimentação humana quanto animal, devido ao alto valor nutricional, contendo quase todos os aminoácidos. Em condições favoráveis a semente germina em até 6 dias, com faixa ótima de variação de temperatura entre 24 e 30°C, sendo prejudiciais à cultura a

temperatura que atinge 40°C (BARROS; CALADO, 2014). Pode ser utilizado na alimentação animal de diferentes formas, seja como grão, silagem ou forragem verde, com destaque para proteína bruta e teor de amido, contribuindo para o desempenho dos animais além de possuir boa aceitação pelos rebanhos e pode ser utilizado em diferentes sistemas de criação (SERPA, 2020).

O milho é uma cultura que se destaca no setor agropecuário por possuir importante participação na alimentação animal sendo utilizados os grãos, para pastejo, corte verde e para produção de silagem, tanto em sistemas convencionais quanto em cultivos alternativos, como a forragem hidropônica (SILVA, 2021)

A planta do milho é uma gramínea anual, o período vegetativo se inicia após a germinação da semente e emergência da plântula e cessa com o início do período reprodutivo que inicia com a emissão do pendão. Sua estrutura morfológica é caracterizada por:

Semente: A semente é composta de pericarpo, camada que protege o grão. Endosperma, rica em amido e carboidratos constituindo a principal reserva energética e o embrião, onde está presente todo os órgãos da planta. Durante a germinação, os nutrientes do endosperma são movidos para o embrião e utilizados como fonte de energia para o início do desenvolvimento da radícula.

Raiz: O milho possui raiz fasciculada com grande capacidade de desenvolvimento, é composta por raízes primárias e raízes secundárias, são responsáveis pela sustentação da planta, absorção de água e nutrientes.

Caule: É um colmo ereto que apresenta nós e entrenós ricos em açúcar que suporta as folhas e partes florais, sendo um órgão reserva de armazenamento de sacarose.

Folhas: As folhas são estreitas e alongadas e desenvolvem-se de forma alternada ao longo dos nós. Nos estados iniciais após a emergência as folhas utilizam o endosperma como fonte de energia, após o estágio de duas folhas completamente desenvolvida a planta depende exclusivamente da fotossíntese realizada pelas próprias folhas que assume o papel principal no acúmulo de matéria seca e da manutenção do crescimento da planta.

A cultura do milho é adaptada ao clima tropical e subtropical em que o período de desenvolvimento é limitado pela água, temperatura fotoperíodo e

radiação solar. Suas exigências edafoclimáticas precisam ser adequadamente atendidas para que a cultura possa atingir o seu máximo potencial produtivo. A temperatura ideal para o desenvolvimento da cultura varia de acordo com o estágio de crescimento e desenvolvimento da planta. Em ambientes com temperatura elevada, o metabolismo da planta é acelerado, quando a temperatura está mais baixa o metabolismo tende a diminuir, essa oscilação metabólica ocorre desde que permaneçam entre os limites fisiológicos tolerados, que variam entre 10°C a 30°C. Abaixo de 10°C o crescimento é praticamente nulo e temperaturas elevadas acima de 30°C por períodos prolongados podem diminuir o rendimento dos grãos. A faixa considerada ótima para o desenvolvimento do milho situa-se entre 24°C e 30°C.

Apesar de ser uma cultura muito exigente em água, o milho pode ser cultivado em regiões onde a precipitação varie entre 250mm até 800mm anuais, a média de consumo diário de água pela planta nos estádios iniciais de crescimento raramente excede 2,5mm/dia. No período entre espigamento e maturação a exigência de água pode variar 5mm a 10mm/dia, variando com a temperatura ambiente. A ocorrência de déficit hídrico pode ocasionar danos em todas as fases. O milho é uma planta considerada C4, com alta eficiência de aproveitamento da luz e a redução da intensidade luminosa atrasa na maturação dos grãos, a radiação solar é um fator de extrema importância para o milho para que ocorra o processo fotossintético, uma vez que a maior parte da matéria seca provém da fixação de CO₂ que ocorre nesse processo (CRUZ et al., 2008).

A capacidade produtiva está diretamente relacionada com o fornecimento de nutrientes que devem ser ofertados em conjunto com a capacidade de extração da planta. Para expressar seu potencial produtivo, especialmente para produção de forragem, o milho apresenta elevadas exigências de manejo. No cultivo convencional apresenta necessidade de preparo adequado do solo, incluindo, boa aeração do solo, profundidade adequada, PH corrigido e adubação equilibrada que atenda as exigências de nitrogênio, fósforo e potássio e de micronutrientes como zinco, boro e enxofre (CRUZ et al., 2008). No cultivo hidropônico o poder germinativo da semente está diretamente relacionado com a produtividade da forragem, assim como a qualidade da fonte de fertilizante líquido utilizada (SILVA, 2021).

2.4 Uso de Resíduos Orgânicos como Fonte de Nutrientes

Adubação orgânica promove a melhoria da qualidade nutricional da forragem ao fornecer nutrientes de forma gradual e estimular a atividade aumentando a produtividade das culturas (MONTEIRO et al., 2009). O uso de biofertilizantes tem demonstrado ganhos pelas plantas tanto em produtividade quanto em valor nutricional, apresentando valores recomendados para a cultura do milho (DORNAS et al. 2021).

A utilização de resíduos como fertilizantes promovem melhorias em atributos químicos, físicos e biológicos do solo, assim sendo um importante estímulo para sua utilização. O uso de fontes alternativas é uma estratégia que pode minimizar a dependência do Brasil por fertilizantes importados, contribuindo para a economia circular e o balanço de carbono favorável no solo (EMBRAPA, 2021). Uma vez que fertilizantes industriais contribuem para 2,5% da emissão de gases para o efeito estufa (MAPA, 2022).

A substituição dos fertilizantes por biofertilizantes orgânicos podem diminuir os custos dentro dos sistemas de produção. Os biofertilizantes geralmente são de baixo custo por serem provenientes da criação animal, podendo ser produzidos dentro da propriedade, tornando o cultivo mais acessível. Nesse contexto, a água residual da piscicultura surge como uma alternativa viável e eficaz para a produção de biofertilizantes, representando uma estratégia promissora para a redução dos gastos com insumos industrializados (PAIS et al. 2025).

Esterco animal como fertilizante:

O esterco é um fertilizante orgânico dos mais utilizados no cultivo das plantas por ser rico em nutrientes e por melhorar a estrutura física e química do solo, fornecendo elementos importantes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Esse material é originado das fezes de animais como vacas, galinhas, cabras e ovelhas que contém nutrientes e matéria orgânica melhorando a sua estrutura e tornando mais fértil com alta capacidade de retenção de água. Entre os principais esterco utilizados na agricultura destacam-se:

Esterco bovino: Rico em nitrogênio e é altamente utilizado pela sua boa relação carbono/nitrogênio.

Esterco de galinha (cama de aviário): Rico em nutrientes, mas muito concentrado e deve ser utilizado com cuidado para evitar a queima das plantas.

Esterco caprino e ovino: Boa concentração de nutrientes e ótima capacidade de retenção de água (PLANTE TUDO, 2023).

Em sistemas mais sensíveis como na hidroponia são utilizados biofertilizantes líquidos, originado da fermentação anaeróbica do esterco, fornecendo os nutrientes essenciais para as plantas e auxilia na redução de odores e patógenos. Os biofertilizantes auxiliam na manutenção do equilíbrio nutricional das plantas, a produção do biofertilizante pode ser realizada dentro da propriedade, onde o esterco é misturado com água em tambor ou bombona de plástico e feita a agitação três vezes ao dia, após 8 dias o fertilizante já pode ser utilizado (EMBRAPA, 2023).

A utilização desses biofertilizantes em cultivos sem solo possui várias vantagens como melhoria na estrutura do substrato, aumenta a capacidade de retenção de água. Para garantir o desenvolvimento saudável e produtivo das plantas, a escolha do biofertilizante deve ser feita de acordo com as necessidades nutricionais das plantas e com as condições de cultivo (SILVA, 2025).

Os efeitos positivos dos biofertilizantes naturais vão além de fornecer nutrientes, na sua composição existem ácidos húmicos, fúlvicos e enzima que funcionam como bio estimulantes que favorecem o desenvolvimento das raízes e parte aérea (MACHADO, 2024).

Água de Piscicultura como Fonte de Nutrientes:

O uso de água proveniente de tanques de viveiros tem se mostrado uma estratégia eficiente para a fertirrigação para a produção de forragem, por reduzir o desperdício hídrico e conter altos teores de matéria orgânica e nutrientes como nitrogênio e fósforo resultantes da excreção dos peixes e da decomposição de restos de ração que não consumidas (SÁTIRO et al., 2023). A água da piscicultura é uma opção para o reuso de águas na irrigação por fornecer nutrientes para as plantas e evita contaminação ambiental como eutrofização dos rios, através da fertirrigação com o uso de água da piscicultura reduz a utilização de resíduos

químicos. Apresenta-se como uma solução sustentável para aliar o destino correto dos efluentes proveniente da criação de peixes, minimiza os custos de produção da cultura tornando-a mais sustentável. (SARAIVA et al., 2023).

A aquaponia combinação entre a criação de peixes (piscicultura) e o cultivo de plantas sem solo (hidroponia), é o sistema em que os dejetos dos peixes servem de nutrientes para as plantas isso porque os resíduos metabólicos excretados pelos peixes são ricos em compostos nitrogenados, como a amônia, que por meio de bactérias são transformados em nitrito e, posteriormente, em nitrato, forma assimilável pelas plantas. Essas por sua vez, fazem a filtragem e ajudam na purificação da água ao absorver esses nutrientes tornando o ambiente saudável para os peixes. Essa combinação permite um uso eficiente da água, maior produtividade por área, reduz a utilização de fertilizantes químicos contribuindo para a sustentabilidade do sistema. As bactérias presentes no sistema atuam na conversão dos resíduos dos peixes em nutrientes para as plantas. (GODDEK et al., 2015).

2.4 Qualidade da Forragem Produzida

Em todos os sistemas de criação, é imprescindível avaliar a qualidade da forragem a ser fornecida para a formulação da ração dos animais. A qualidade da forragem deve considerar o valor nutritivo, o consumo pelos animais e o potencial de desempenho desses mesmos animais. A composição bromatológica das forragens, associada a taxa de degradação influencia a utilização dos nutrientes pelos animais, estando diretamente relacionado com o desempenho produtivo desses animais (ROSA, 2023).

O valor nutritivo é determinado pela concentração e digestibilidade dos nutrientes e a natureza dos produtos finais da digestão, variando em função do estágio de desenvolvimento, da espécie da planta e do manejo. Leva em consideração, o teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (SANTOS et al., 2023).

A PB são moléculas formadas por aminoácidos que possuem papel fundamental no metabolismo do animal, essenciais para o crescimento e

manutenção desses (MARQUES et al., 2024). As frações de difícil digestão dos alimentos correspondem a fração fibrosa, compondo a maior parte do volume das rações. A fração fibrosa dos alimentos corresponde aos carboidratos estruturais presentes na parede celular vegetal, como a celulose e a hemicelulose. O teor de fibra em detergente neutro (FDN) varia conforme a espécie forrageira, o estágio de maturidade da planta e as condições ambientais. No caso do milho, a planta sem a presença de grãos apresenta, em média, cerca de 65% de FDN, enquanto os grãos possuem valores próximos de 10%. Quanto maior a proporção de grãos na composição da silagem, menor será o teor de FDN total. Para a silagem de milho, os teores ideais de FDN estão entre 38% e 45% da matéria seca, faixa que favorece o equilíbrio entre digestibilidade e efetividade física da fibra. O Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) pode ser utilizado para descrever a exigência energética do animal para a formulação de uma ração (PEREIRA, 2021).

Diante dos desafios enfrentados pela produção animal no semiárido, especialmente a escassez hídrica a utilização do milho hidropônico para a produção de forragem surge como uma alternativa viável e sustentável se destacando pelo seu rápido crescimento, alto valor nutritivo e eficiência no uso da água.

3 METODOLOGIA

3.1 Local do experimento

O experimento foi realizado no viveiro de mudas do Instituto Federal do Piauí, Campus Paulistana (IFPI-Capau), localizado na cidade de Paulistana-PI (latitude 8° 8' 38" S, longitude 41° 9' 0" O, 354 m), com clima classificado como semiárido do tipo BSw^h, segundo a classificação de Köppen (Sidersky, 2017).

3.2 Tratamentos

Foram utilizadas sementes de milho, cultivadas em bandejas de plástico com dimensões de 29,6 cm x 43,5 cm. O experimento foi realizado em duas etapas diferentes descritas a seguir:

1ª etapa: Experimento para definição das melhores doses de efluente de piscicultura.

A água residual foi coletada de um tanque de produção de peixes da instituição. Foram avaliados 4 tratamentos, sendo três concentrações de água residuária de piscicultura 75%, 50%, 25% e uma testemunha absoluta (TABS), utilizando apenas água.

2ª etapa: Experimento para definição das melhores doses de biofertilizante produzido com esterco de ovino:

Foram avaliados 4 tratamentos, sendo três concentrações de biofertilizantes 45%, 30%, 15% e uma testemunha absoluta (TABS), utilizando apenas água.

O biofertilizante com esterco de ovinos foi produzido na instituição o biofertilizante foi produzido com esterco ovino coletado no aprisco, a proporção de 1kg de esterco ovino, 10 litros de água e 500g de açúcar mascavo, para antecipar a fermentação. A mistura foi deixada em fermentação por 8 dias antes de sua utilização, conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (2023).

3.3 Instalação do experimento

Em cada bandeja foram utilizadas 500g de sementes de milho, previamente deixadas de molho em água por um período de 24 horas para estimular a germinação. Após esse período as sementes foram depositadas no fundo das bandejas de forma homogênea (Figura1). Após a retirada da água permaneceram sem contato com a luz após a retirada da água, as sementes permaneceram sem contato com a luz por 4 dias, até a germinação, cobertas por lona dupla face. As sementes foram mantidas sob condições de umidade favoráveis à germinação com a utilização de um borrifador manual para garantir a germinação e evitar o encharcamento utilizando apenas água (Figura1).

Figura 1 – Montagem dos experimentos: Disposição das sementes nas bandejas.



No 6º dia após a germinação, com a emergência da plântula iniciou-se a aplicação dos tratamentos com diferentes doses da solução nutritiva (Figura 2). As aplicações de água e solução nutritiva foram feitas diretamente na bandeja utilizando inicialmente 200ml de água por bandeja, volume que foi ajustado ao longo do experimento conforme a necessidade hídrica das plantas, observada pela umidade das raízes durante 13 dias consecutivos. Após esse período a irrigação foi padronizada utilizando apenas água até o dia da colheita.

Figura 2 - Irrigação com efluentes da piscicultura e Desenvolvimento inicial da forragem hidropônica



Ao final do ciclo, aos 15 (quinze) dias após a germinação, foi realizada a colheita, com separação da parte aérea (colmo e folhas) da base (raízes e sementes não germinadas) para definição da massa fresca.

3.4 Delineamento experimental e teste de estatística

Aos 15 DAG (Dias após a germinação), as plantas foram coletadas para avaliação da parte aérea fresca (MPAF) e massa da raiz fresca (MRF).

Os experimentos foram realizados em um delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo software SISVAR e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knot ($p < 0,05$).

Figura 3 – Forragem hidropônica



Figura 4 – Separação e pesagem da parte aérea e sistema radicular



4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1: (efluentes do tanque de piscicultura)

Os valores médios de massa fresca (kg/m^2) de parte aérea e parte basal das plantas estão representados na tabela 1. Os resultados obtidos mostram que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos que receberam a aplicação de efluentes da piscicultura, para as variáveis estudadas.

Tabela 1 - Médias da produção de forragem de milho hidropônico com efluente de piscicultura (kg/m²).

TRAT	MPAF	MRF
0%	22,30 A	5,85 A
25%	20,80 A	6,29 A
50%	21,74 A	6,46 A
75%	20,20 A	6,75 A

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de e Scott & Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

A média da produção de matéria fresca foi de 22,20 kg/m² (75%), 21,74 kg/m² (50%), 20,80 kg/m² (25%) e 20,30 kg/m² para o tratamento controle (TABS), respectivamente. As médias de produção foram compatíveis com os resultados encontrados por Sousa (2019) ao conduzir um experimento com milho hidropônico utilizando diferentes substratos como bagaço de cana, feno de capim tifton, capim elefante, capim buffel e silagem de sorgo. Os autores observaram produtividade média de 22 kg/m² de forragem verde em 15 dias evidenciando o potencial do sistema hidropônico para produção de volumoso em curto prazo.

A utilização de água de tanques de piscicultura com ração comercial na produção de forragem de milho mostrou desempenho semelhante ao tratamento com água residencial, evidenciando que as rações comerciais não incrementaram efeitos para as variáveis analisadas. Apesar de não ter havido diferença significativa entre os tratamentos, os resultados indicam que o cultivo em bandejas é um sistema viável e torna-se uma técnica interessante para o produtor que busca a produção de forragem verde com oferta rápida aos animais (15 dias). O sistema é simples e o custo de produção é baixo, apresenta alta produtividade com ciclos curtos, gerando resultados rápidos.

De forma semelhante, Duarte et al. (2023), ao utilizarem efluentes oriundos da criação de tilápias em sistema aquapônico no cultivo de alface, testando diferentes formulações de ração, observaram que, embora a alface tenha apresentado bom desenvolvimento, não houve diferença significativa na produção de biomassa.

Os resultados encontrados por Ferreira et al. (2023) ao avaliarem o uso de efluentes da piscicultura na irrigação de três cultivares de *Panicum maximum* (Tanzânia, Mombaça e Massai), sob condições controladas em casa de vegetação demonstraram que a irrigação com efluente, embora tenha promovido produção de biomassa inferior a adubação mineral, promoveu elevação nos teores de cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco nas plantas, mantendo valores nutricionais dentro de faixas adequadas para forragens. Reforçando que a água residual da piscicultura pode ser uma alternativa viável para irrigação de gramíneas forrageiras, especialmente em regiões semiáridas com escassez hídrica.

Ainda que não tenha influenciado no desenvolvimento vegetal, a produção do milho hidropônico ainda pode ser uma alternativa vantajosa em sistemas integrados, assim os efluentes da piscicultura podem ser aproveitados no cultivo da forragem hidropônica (IANESKI e GUERIOS, 2023). A utilização de efluentes da piscicultura na produção de forragem hidropônica mostra-se tecnicamente viável, reduzindo a utilização de água e de fertilizantes comerciais, sendo uma estratégia sustentável e de baixo custo (SARAIVA; PRETO, 2023). Tenório et al. (2022) destaca que essa integração pode ser útil em cultivos na agricultura familiar reduzindo os custos com insumos, contribuindo no aumento da produtividade, tornando assim a aquaponia uma fonte alternativa de renda.

A produção forragem de milho para em um sistema aquapônico pode ser considerada uma técnica ecológica. O sistema contribui para a recirculação de nutrientes, reduzindo o desperdício, contribuindo para as boas práticas de manejo e aproveitamento de recursos (EMBRAPA, 2024). De acordo com Goddek et al. (2015) o desperdício de água é reduzido em até 90% quando comparado com a agricultura convencional, o que pode ser vantajoso. A técnica pode ser implantada em qualquer época do ano, importante para regiões com pouca disponibilidade hídrica, onde a qualidade e quantidade da forragem disponível durante a seca são fundamentais para muitos criadores, como na pecuária de subsistência (BORGES et. al., 2021).

4.2 Experimento 2 (Biofertilizante esterco ovino)

Os valores médios de massa fresca de parte aérea e parte basal das plantas estão representados na tabela 2. Os resultados obtidos mostram que houve diferença significativa ($p > 0,05$) para a variável massa da parte aérea fresca (MPAF), sendo a maior produção observada nas maiores doses de biofertilizantes T1 e T2.

Tabela 2 - Médias da produção de forragem de milho hidropônica com diferentes doses de biofertilizante ovino (kg/m²).

TRAT	MPAF	MRF
0%	27,23 B	0,65 A
15%	29,36 B	0,68 A
30%	32,43 A	0,79 A
45%	34,82 A	0,57 A

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de e Scott & Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

O resultado mostrou que as maiores doses de biofertilizante promoveram aumento significativo na produtividade da parte aérea da planta. Os tratamentos 45% de biofertilizante esterco ovino e 30% de biofertilizante esterco ovino, não diferiram entre si, porém se destacaram positivamente, apresentando as maiores médias de MPAF (34,82 kg/m²) e (32,43 kg/m²) respectivamente, sendo superiores aos tratamentos 15% de biofertilizante esterco ovino e controle (TABS), que apresentaram 29,36 kg/m² e 27,23 kg/m².

Esses resultados corroboram com os verificados por Farias et al. (2018) ao avaliar o desempenho do milho hidropônico com a utilização de biofertilizante líquido à base de esterco caprino em diferentes concentrações (C1 = 0,0%; C2 = 0,5%; C3 = 1%; C4 = 2%; C5 = 4%; C6 = 6%; C7 = 8% e C8 = 10%), relatando o aumento considerável na produção de forragem, com aumento significativo da produtividade de acordo com o aumento da concentração do biofertilizante.

Os aumentos na MPAS da forragem de milho, estão em conformidade com o estudo de Souza et al. (2014), que avaliaram a produção de mudas de *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*, utilizando esterco ovino. O trabalho mostrou que o resíduo proporcionou melhoria no desenvolvimento das plantas, atuando como fonte de nutrientes e matéria orgânica, o que favoreceu o desenvolvimento e crescimento inicial das plantas, reforçando o potencial do esterco ovino como insumo na produção vegetal, especialmente no cultivo sem solo.

De modo semelhante, Peixoto Filho et al. (2013) ao avaliarem a aplicação de diferentes tipos de esterco animal, (Frango, bovino e ovino) em cultivo de alface, observaram aumento significativo na produtividade. Os autores ressaltam que a aplicação de resíduos orgânicos, além de fornecer nutrientes, contribuem para a manutenção da fertilidade do solo e melhoram as condições físico-químicas do ambiente radicular. Esses estudos comprovam o potencial do esterco ovino como uma alternativa viável e sustentável para a nutrição vegetal, inclusive em sistemas sem solo, como é o caso da produção de forragem hidropônica.

Para a variável MRF, não houve diferença significativa entre os tratamentos, mesmo com as maiores doses de biofertilizante. O resultado mostra maior influência do biofertilizante na parte aérea do que nas raízes da planta.

Piccolo et al. (2015) avaliaram a produção de forragem verde hidropônica de milho utilizando diferentes substratos orgânicos e soluções nutritivas elaboradas com água residuária de bovinos contendo concentrações variadas de nitrogênio. Concluindo que a água residual de bovino pode substituir a solução nutritiva padrão sem necessidade de suplementação de nitrogênio, destacando a viabilidade técnica e econômica do sistema.

5 CONCLUSÃO

O uso do efluente da piscicultura, mesmo sem diferença estatística entre as doses, demonstrou viabilidade como alternativa sustentável para cultivos hidropônicos de ciclo curto.

O uso do biofertilizante ovino, nas concentrações de 30% e 45%, proporcionou aumento significativo da produtividade da parte aérea, confirmando seu potencial como fonte alternativa de nutrientes para sistemas hidropônicos.

Esses resultados reforçam a importância de adoção dessas práticas em regiões com escassez hídrica por pequenos produtores para a produção de forragem com baixo custo e alta eficiência.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. C. S. et al.** Bromatological composition and dry matter production of corn hydroponic fodder. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 43, p. e48800, 2021. DOI: 10.4025/actascianimsci.v43i1.48800.
- BRASIL ESCOLA.** Clima semiárido. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/clima-semiarido.htm>. Acesso em: 13 jun. 2025.
- CELEIRO URBANO.** Sistemas de cultivo de forragem hidropônica: tudo o que você precisa saber. 2024. Disponível em: <https://celeirourbano.com.br/forragem-hidroponica>. Acesso em: 14 jun. 2025.
- DUARTE, Stefano Francisco Pereira.** Formulação de rações versáteis para ajuste da relação N:P:K em sistemas de aquaponia: desempenho e higidez de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), e qualidade e quantidade na produção de biomassa de alface. 2023. 142 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023. DOI: 10.11606/D.11.2023.tde-08052023-092702.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA).** Tecnologias favorecem produção agropecuária em regiões com escassez hídrica. Transferência de Tecnologia – Manejo de Recursos Hídricos, 12 jun. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 18 mar. 2025.
- EMBRAPA.** Aquaponia residencial. Brasília, DF: Embrapa, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-tecnologias/-/tecnologia/759181/aquaponia-residencial>. Acesso em: 11 jul. 2025.
- FEEDING barley and corn hydroponic based rations improved digestibility and performance in Beetal goats.** *Journal of King Saud University – Science*, v. 35, n. 2, p. 102457, fev. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102457>. Acesso em: 14 jun. 2025.
- FERREIRA, D. A. da C. et al.** Biomass and nutrient contents in *Panicum maximum* cultivars irrigated with fish farming effluent. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 36, n. 4, p. 1011–1021, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n421rc>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- GOMES, L. A. et al.** Crescimento inicial do milho sob aplicação de esterco bovino. *Revista da Universidade Estadual de Alagoas – UNEAL*, Arapiraca, v. 11, n. 2, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://www.seer.unreal.edu.br/index.php/revistadauneal/article/view/805>. Acesso em: 12 jul. 2025.
- GODDEK, S. et al.** Challenges of sustainable and commercial aquaponics. *Sustainability*, Basel, v. 7, n. 4, p. 4199–4224, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/su7044199>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/7/4/4199>.
- IANESKI, R.; GUERIOS, E. M. A.** Eficiência do ganho de peso de galinhas caipiras utilizando o milho hidropônico. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG*, Cascavel, v. 6, n. 1, p. 120–127, jan./jun. 2023.
- MAIA, J. T. L. S. et al.** Plantas medicinais em hidroponia: uma revisão de literatura. *Revista*

Bionorte, v. 3, n. 1, p. 31-39, fev. 2014. Disponível em:

https://revistabionorte.com.br/arquivos_up/artigos/a69.pdf. Acesso em: 24 mar. 2025.

MILHO hidropônico na alimentação do gado. *Compre Rural*, 27 fev. 2025. Disponível em:

<https://www.comprerural.com/milho-hidroponico-na-alimentacao-do-gado/>. Acesso em: 1 mar. 2025.

MORENO, B. Piauí ganhará 12ª Região de Saúde composta por 16 municípios. Governo do

Estado do Piauí, Teresina, 20 dez. 2023. Disponível em: <https://www.pi.gov.br/noticia/piaui-ganhara-12a-regiao-de-saude-composta-por-16-municipios/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

MOURA, M. S. B. de et al. Aspectos meteorológicos do Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. 29 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 206).

NARESH, Carneiro et al. Papel da hidroponia na melhoria da eficiência do uso da água e da segurança alimentar. *Revista Internacional de Meio Ambiente e Mudanças Climáticas*, [S.l.], v. 14, n. 2, p. 608-633, fev. 2024. DOI: 10.9734/IJECC/2024/v14i23976. Disponível em:

<https://www.journalijecc.com/index.php/IJECC/article/view/23976>.

NASCIMENTO, Maxwel Rodrigues et al. Produção de forragem verde hidropônica de milho: uma revisão de literatura. In: *ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 22.; *ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO*, 17.; *ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR*, 11.; *ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE ENSINO DE EDUCAÇÃO E DIVERSIDADE*, 7., 2017, São José dos Campos. Anais [...]. São José dos Campos: Univap, 2017.

PEIXOTO FILHO, J. U.; FREIRE, M. B. G. dos S.; FREIRE, F. J.; MIRANDA, M. F. A.; PESSOA, L. G. M.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 419–424, 2013.

PICCOLO, M. A. et al. Produção de forragem verde hidropônica de milho, utilizando substratos orgânicos e água residuária de bovinos. *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v. 60, n. 4, p. 544–551, jul./ago. 2013. Disponível em: <https://ojs.ceres.ufv.br/index.php/ceres/article/view/4022>.

SARAIVA, L. C.; PRETO, R. A. Viabilidade técnica de um sistema aquapônico para produção de forragem animal. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, n. 4, p. 284–290, 2022. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v26n4p284-290. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/4wFQn2kLCVYxRZRtdMjh89r/?lang=pt>.

SILVA, F. L. da et al. Growth and nutritional quality of hydroponic corn fodder harvested at different ages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 50, p. e20200032, 2021. DOI: 10.1590/rbz5020200032.

SILVA, F. T. da. Alimentação. In: *AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA*. Milho. Brasília: Embrapa, 2021. Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fcs96rhz02wx5ok0eznfk8sai1dqn.html>. Acesso em: 13 jun. 2025.

SOUSA, C. R. de. Eficiência técnica na produção de milho no Piauí: análise de heterogeneidade

por macrorregiões. 2024. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

SOUZA, D. M. D. O. et al. Produção de forragem hidropônica de milho usando aquaponia. *Acta Kariri: Pesquisa e Desenvolvimento*, Crato, v. 2, n. 1, p. 1–7, 2017. Disponível em: <https://revistas.ifce.edu.br/index.php/actakariri/article/view/642>. Acesso em: 11 jul. 2025.

SOUSA, M. M. M. Produção de forragem verde de milho hidropônico com uso de água salobra. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina, 2019. Disponível em: repositório IF Sertão-PE.

TENORIO, A. N.; ACIOLI, L. R.; CERQUEIRA, D. C. O. de. Aquaponia: uma alternativa para a agricultura familiar. In: *CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – CONEDU*, 9., 2022, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa: Realize Editora, 2022. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/104870>. Acesso em: 11 jul. 2025.