

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**WAGNER ALBERTO REICHERT**

**LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE BROMATOLOGIA DE MILHO (*Zea mays*) E  
AVEIA (*Avena sativa* L.) EM CULTIVO HIDROPÔNICO COMO ALTERNATIVA DE  
ALIMENTAÇÃO PARA BOVINOS DE LEITE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**WAGNER ALBERTO REICHERT**

**LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE BROMATOLOGIA DE  
MILHO (*Zea mays*) E AVEIA (*Avena sativa* L.) EM CULTIVO  
HIDROPÔNICO COMO ALTERNATIVA DE ALIMENTAÇÃO PARA  
BOVINOS DE LEITE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2019**

WAGNER ALBERTO REICHERT

**LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE BROMATOLOGIA DE  
MILHO (*Zea mays*) E AVEIA (*Avena sativa* L.) EM CULTIVO  
HIDROPÔNICO COMO ALTERNATIVA DE ALIMENTAÇÃO PARA  
BOVINOS DE LEITE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Helena Dias da Silveira

PATO BRANCO

2019

**Reichert, Wagner Alberto**

**Levantamento bibliográfico sobre bromatologia de milho (*Zea mays*) e aveia (*Avena sativa* L.) em cultivo hidropônico como alternativa de alimentação para bovinos de leite / Wagner Alberto Reichert.**

**Pato Branco. UTFPR, 2018**

**37 f. : il. ; 30 cm**

**Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Helena Dias da Silveira**

**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2019.**

**Bibliografia: f. 39 – 44**

**1. Agronomia. 2. Bovinos de leite. 3. Hidroponia 4. Plantas forrageiras. 5. Plantas – Meios de cultivo. 6. Ruminantes. I. Silveira, Marta Helena Dias da, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. III. Título.**

**CDD: 630**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
*Campus Pato Branco*  
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias  
**Curso de Agronomia**



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso - TCC**

**LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE BROMATOLOGIA DE MILHO (*Zea mays*) E AVEIA (*Avena sativa* L.) EM CULTIVO HIDROPÔNICO COMO ALTERNATIVA DE ALIMENTAÇÃO PARA BOVINOS DE LEITE**

por

WAGNER ALBERTO REICHERT

Monografia apresentada às 16:00 horas do dia 10 de julho de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lisiane Fernandes Soares**  
UTFPR *campus* Pato Branco

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene de Lurdes Feronato**  
UTFPR *campus* Pato Branco

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Helena Dias da Silveira**  
UTFPR *campus* Pato Branco  
Orientadora

**Prof. Dr. Jorge Jamhour**  
Coordenador do TCC

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *campus* Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Dedico este trabalho a Deus, pelo dom da Vida e pelos dons a mim concedidos para a capacidade de aprendizagem, as quais consagro em seu Nome. Também a todos os apoiadores da minha trajetória acadêmica, a minha família e amigos que juntos sempre estiveram a meu lado.

A Instituição de ensino UTFPR *campus* Pato Branco, em especial ao curso de Agronomia, o qual me proporcionou conhecimento científico e também pessoal, além de amizades e relações pessoais as quais levarei comigo o restante da vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da Vida, pela saúde e proteção ao longo de minha jornada acadêmica, por me iluminar com força e perseverança para superar os desafios diários e as provações as quais enfrentei.

Agradeço a minha família a qual amo incondicionalmente e que sempre me apoiou e esteve ao meu lado quando precisei, me incentivando e torcendo por esta conquista.

Agradeço aos meus colegas de classe e amizades conquistadas durante a graduação, a todos que efetivamente me auxiliaram, compreendendo minhas dificuldades e por vezes me levantando frente aos desafios, de forma especial aos nobres colegas André Luiz Simonetti, Igor Frizon, Maurício Lazzari e Tatieli Simionatto, agradeço de coração.

Agradeço a instituição Jornal Diário do Sudoeste, por me prover emprego e renda durante o período de graduação, possibilitando assim dar sequência no curso e chegar com êxito ao final deste período.

Agradeço a instituição UTFPR *campus* Pato Branco pela oportunidade de cursar Agronomia e de forma especial aos professores, que me motivaram e cativaram para seguir esta carreira profissional.

Agradeço a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram, mesmo de forma indireta, torcendo e orando por mim para que eu chegasse ao final desta etapa com sucesso, alcançando o título de Engenheiro Agrônomo.

## RESUMO

REICHERT, Wagner Alberto. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE BROMATOLOGIA DE MILHO (*Zea mays*) E AVEIA (*Avena sativa* L.) EM CULTIVO HIDROPÔNICO COMO ALTERNATIVA DE ALIMENTAÇÃO PARA BOVINOS DE LEITE. 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

O presente trabalho tem por objetivo estudar a qualidade bromatológica das culturas de milho e aveia cultivados de forma hidropônica com diferentes substratos através de revisão bibliográfica. Para os estudos com o cultivo de milho hidropônico, foram estudados trabalhos que usaram substratos com bagaço de cana (*Saccharum officinarum*), capim napier (*Pennisetum purpureum* cv. *Napier*) e casca de arroz (*Oryza sativa* L.), com densidade de semeadura de 2,0 a 2,5 kg.m<sup>-2</sup> e colheita até 41 dias. Para o cultivo de aveia hidropônica, foram selecionados dois trabalhos, para mensurar a presença ou ausência de substrato no cultivo. Foram feitas avaliações e quantificações das variáveis massa verde (MV), massa seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA). Os estudos demonstram que houve diferença no uso do substrato, assim como o tipo a ser utilizado, mas que a melhor eficiência nutricional deve ser alcançada quando utilizado em conjunto com solução nutritiva adequada a cada espécie de planta.

**Palavras-chave:** Agronomia. Bovinos de leite. Hidroponia. Plantas forrageiras. Plantas – Meios de cultivo. Ruminantes.



## ABSTRACT

REICHERT, Wagner Alberto. BULLYING ON BROMATOLOGY OF CORN (*Zea mays*) AND OATS (*Avena sativa* L.) IN HYDROPONIC CROPS AS A FOOD ALTERNATIVE FOR MILK BOVINE 37 p. Course Completion Work (Agronomy Course), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

The present work has the objective to study the bromatological quality of the corn and oat crops cultivated in a hydroponic way with different substrates through a bibliographical review. For studies on hydroponic corn cultivation, studies using substrates with sugarcane bagasse (*Saccharum officinarum*), napier grass (*Pennisetum purpureum* cv. *Napier*) and rice husk (*Oryza sativa* L.) were used. 2.0 to 2.5 kg.m<sup>-2</sup> and harvest up to 41 days. For the cultivation of hydroponic oats, two studies were selected to measure the presence or absence of substrate in the crop. Green mass (MV), dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (FDA) were evaluated and quantified. The studies show that there was a difference in the use of the substrate, as well as the type to be used, but that the best nutritional efficiency should be achieved when used in conjunction with nutrient solution appropriate to each plant species.

**Key words:** Agronomy. Dairy cattle. Hydroponics. forage plants. Plants - Growing media. Ruminants.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela comparativa da caracterização química de plantas de milho cultivado de forma hidropônica.....	32
Tabela 2 – Dados bromatológicos do cultivo hidropônico de milho.....	35
Tabela 3 – Dados bromatológicos do cultivo hidropônico de aveia.....	36

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

Ca	Cálcio
Cl	Cloro
Cu	Cobre
FDA	Fibra Detergente Ácida
FDN	Fibra Detergente Neutra
Fe	Ferro
K	Potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
MS	Matéria Seca
MV	Matéria Verde
N	Nitrogênio
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
S	Enxofre
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 GERAL.....	13
2.2 ESPECÍFICOS.....	13
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
3.1 HIDROPONIA.....	14
3.2 FORRAGEM HIDROPÔNICA.....	15
3.3 TÉCNICAS DE CULTIVO HIDROPÔNICO DE FORRAGENS.....	17
3.4 MANEJO DAS SEMENTES.....	21
3.5 COLHEITA.....	22
3.6 SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE FORRAGEM HIDROPÔNICA.....	23
3.7 PRODUTIVIDADE.....	24
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>26</b>
5.1 FORRAGEM HIDROPÔNICA DE MILHO.....	26
5.2 FORRAGEM HIDROPÔNICA DE AVEIA.....	35
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>37</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço das técnicas de alimentação e manejo, tem levado os criadores a buscarem a racionalização da criação de animais, empregando métodos eficientes e econômicos que reflitam em maior oferta de leite a menor custo para o mercado. Nesse contexto, o preço dos concentrados pode ser um fator limitante na alimentação de vacas, devendo o criador dispor de alternativas viáveis com vistas a minimizar custos (SIGNORETTI *et al.*, 1997).

Tanto a pecuária de corte quanto a de produção de leite em sistemas de produção extensivo a pasto, nas pequenas e médias propriedades podem apresentar dificuldades na oferta de alimentação de qualidade nutricional ao rebanho, em decorrência de alta dependência de fatores agroclimáticos, para a manutenção de uma boa pastagem (BARROS, 2012). Neste sentido, novas propostas vêm surgido como alternativa para solução de tal problema, visando manter a qualidade nutricional do rebanho mesmo em condições adversas, com poucas exigências de investimentos, mão de obra e disponibilidade de área na propriedade. Dentre estas técnicas, destaca-se a produção hidropônica de forragem para alimentação com volumoso aos animais.

Visto que a pequena e média propriedade tem grande importância e ocupa parte significativa da produção de carne e leite, 58 e 52% respectivamente (MÜLLER *et al.*, 2006), torna-se de grande necessidade o estudo e desenvolvimento de tecnologias que busquem garantir ao produtor, o fornecimento contínuo de alimentos de qualidade ao rebanho, sendo que a hidroponia garante uma grande produtividade por área, não exige áreas livres e/ou férteis disponíveis, apresenta baixo custo quando comparado com técnicas de fenação ou ensilagem.

A técnica de produção de forragens por hidroponia não visa substituir o sistema de produção pecuário a pasto, mas sim, surge como uma alternativa de suplementação alimentar em períodos em que a oferta de alimento no campo fica abaixo da demanda do rebanho (FLÔRES, 2009), devido a longos períodos de estiagem, pastagens em final de ciclo, períodos frios e geadas, consistindo em cultivar milho ou aveia sem o solo, em substratos alternativos, como por exemplo,

bagaço de cana, capim elefante triturado, regados com uma solução nutritiva desenvolvida para cada cultura.

Sendo muito difundida no Brasil, a produção hidropônica de forragens tem sido muito utilizada por produtores principalmente da região nordeste e no estado do Mato Grosso, onde ocorre com maior frequência períodos com condições adversas para a produção de pastagem, pois segundo Andrade Neto *et al.* (2002), tal atividade está se sobressaindo pelas vantagens de independência de fatores ambientais, podendo ser produzido alimento em cultivo protegido, ciclo curto, média de 10 a 25 dias, não necessita de tratamentos com agrotóxicos, custos de instalação e produção baixos e alta produtividade por área, além de poder ser implantada em áreas opcionais, não ocupando solo que pode ser destinado a outros cultivos.

A técnica de hidroponia pode ser desenvolvida com diversas espécies, dentre elas: arroz, cevada, centeio, milheto, milho, trigo, sorgo, em diversas condições ambientais (MÜLLER *et al.*, 2006), podendo esta forragem ser ofertada a bovinos, ovinos, caprinos, coelhos, aves e outras espécies (FAO, 2001).

Trabalhos de revisão bibliográfica são de extrema importância no meio acadêmico, pois exercem função primordial em relação ao uso da informação. Sendo assim, é possível fazer uma síntese de todas as pesquisas relacionadas a uma questão específica, focada em estudos experimentais com o intuito de disseminar o conhecimento, aumentando assim a praticidade em relação a pesquisas atuais e futuras.

Para esse estudo foram selecionados os grãos de milho e aveia branca, devido ao teor nutritivo, facilidade de aquisição e cultivo; com o uso de técnica de cultivo hidropônico, que agrega praticidade, economia e alta produtividade por área de forragem. Sendo assim, essa revisão bibliográfica tem como justificativa relacionar o uso da forragem hidropônica como alternativa de suplementação alimentar para bovinos de leite, com o substrato que fornecerá melhor resultado quanto a qualidade bromatológica da forragem hidropônica de milho, e avaliar a influência na presença/ausência de substrato na análise bromatológica no cultivo de forragem hidropônica de aveia branca.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Elaborar um levantamento bibliográfico, através de revisão bibliográfica, relacionado a qualidade bromatológica da cultura de milho (*Zea mays*) em diferentes tipos de substrato, e aveia branca (*Avena sativa* L.) com presença /ausência de substrato, cultivados em regime de forragem hidropônica.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar qual dos substratos utilizados melhor se adéqua no cultivo hidropônico de milho (*Zea mays*).
- Comparar a composição nutricional em relação a presença ou ausência de substrato no cultivo hidropônico aveia branca (*Avena sativa* L.).
- Avaliar a bromatologia do cultivo hidropônico de milho e aveia branca.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 HIDROPONIA

O termo *hidroponia* deriva das palavras gregas: *hydro* = água e *ponos* = trabalho, que significa “trabalhar com a água” e o uso de soluções de adubos químicos para se criar plantas sem solo, em oposição a *geoponia* (geo = terra) atribuído à agricultura convencional com uso do solo. Essa técnica surgiu de um experimento na Inglaterra com o intuito do pesquisador John Woodward (1665-1728) em descobrir como as plantas de menta (*Mentha spicata*) conseguiam captar os nutrientes que necessitavam (DOUGLAS, 1987; FURLANI, 2004).

Em 1804, Nicolas de Saussure publicou que minerais eram substâncias importantes para o crescimento das plantas. Em 1860, Sachs e Knop foram os primeiros a elaborar fórmulas de solução nutritiva e desenvolveram a tecnologia para o cultivo de plantas nessas soluções (BETAGLIA, 2003).

O pesquisador norte-americano William Frederick Gericke, em 1937, foi o primeiro a utilizar o termo “hidroponia” para cultivo de plantas sem o uso do solo, e quem primeiro utilizou os conhecimentos de pesquisas laboratoriais no campo para fins comerciais. A nova técnica de cultivo sem solo ganhou impulso com a Segunda Guerra Mundial, com a instalação pelo exército americano de unidades de hidroponia nas bases militares a fim de produzirem legumes e verduras para consumo dos soldados. Na atualidade essa prática é utilizada em diversos países como Holanda, Inglaterra, Alemanha, Espanha, Itália, Suécia, Austrália, Japão, Canadá e Estados Unidos, em escala comercial (DOUGLAS, 1987; FILGUEIRA, 2007).

A técnica de cultivo hidropônico pode ser utilizada em diversos tipos de plantas, sendo que, seria mais adequado com plantas de porte pequeno (BEZERRA NETO; BARRETO, 2000). Na literatura é possível encontrar trabalhos com plantas medicinais, frutíferas, hortaliças, temperos, forrageiras e ornamentais, que são cultivadas em escala comercial e suas vantagens em relação ao cultivo no solo (MÜLLER *et al.*, 2006; CAMPÊLO *et al.*, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2008).



Para a implantação de um sistema hidropônico simples, é necessário que se utilize um recipiente, como bandejas de plástico ou caixas de madeira de material atóxico, com profundidade suficiente para o crescimento das raízes, com orifício na parte inferior pra drenagem da água; grânulos ou substratos, que servirão de suporte para as raízes; e água, onde serão introduzidas as soluções nutritivas de acordo com as necessidades da espécie a ser cultivada (DOUGLAS, 1987).

### 3.2 FORRAGEM HIDROPÔNICA

A forragem hidropônica consiste na germinação de sementes de plantas forrageiras de crescimento rápido, na ausência de solo, com colheita realizada até 15 dias após a semeadura (FAO, 2001; FLÔRES, 2009; PICCOLO *et al.*, 2013), com alta qualidade nutritiva por ser rico em fibras, proteínas, vitaminas e minerais (AL-KARAKI; AL-HASHIMI, 2012).

O baixo consumo de água e fertilizantes torna o cultivo de forragem hidropônica um grande avanço tecnológico na alimentação animal, com vantagens como produção em curto prazo, redução de mão de obra inerente à produção e conservação de forragens (FAO, 2001; MÜLLER *et al.*, 2006), baixo risco às adversidades meteorológicas, cultivo independente de estação do ano, melhor controle sobre a composição dos nutrientes fornecidos às plantas e melhor controle fitossanitário (BEZERRA NETO; BARRETO, 2000).

O uso de substâncias químicas como inseticidas, herbicidas, fungicidas e promotores de crescimento artificiais são dispensadas nesse tipo de cultivo, e possui grande vantagem em relação ao consumo de água, com consumo em torno de 2 a 3% da água demandada para a mesma produção em condições de campo (AL-KARAKI; AL-HASHIMI, 2012).

Devido a sua praticidade, a produção hidropônica de forragem surge como alternativa para produtores de gado leiteiro e de corte, em períodos em que a propriedade apresenta dificuldade na manutenção de um pasto de qualidade e que consiga suprir a necessidade do plantel, para a otimização na produção leiteira e de carne (AMORIM *et al.*, 2000). A produção hidropônica de forragens para obtenção de volumoso, é também uma alternativa para o cenário atual de produção de gado a

pasto, pois reduz a preocupação de planejamento com manejo de pastagens, tais como plantio de espécies forrageiras, adubação e práticas de conservação e recuperação de áreas de pastagens degradadas, com o objetivo de tornar mais eficiente o sequestro de carbono pelas plantas forrageiras, na tentativa de equilibrar a emissão de gases de efeito estufa na criação de bovinos, uma vez que existem indicações de que a redução das emissões de metano pela pecuária estariam ligadas ao manejo alimentar e às estratégias nutricionais, sejam estes destinados a corte ou a produção leiteira (PRIMAVESI *et al.*, 2004).

A forragem hidropônica apresenta elevado rendimento de fitomassa fresca e excelente qualidade nutricional, por se encontrar em fase inicial de formação, também se destaca por ser totalmente aproveitada, desde as folhas, caules e raízes, características que promove o aumento de sua utilização com êxito, no mundo, para suplementação da dieta de animais, não apenas bovinos, mas também cavalos, cordeiros, cabras, coelhos, aves e outros (HENRIQUES, 2000; SANTOS *et al.*, 2004; MÜLLER *et al.*, 2006).

A suplementação na dieta de ruminantes com forrageiras de cultivo hidropônico pode trazer rentabilidade ao produtor em períodos de condições adversas para o desenvolvimento de suas pastagens, segundo Campêlo *et al.* (2007), devido a sua simplicidade e o aspecto econômico, esta alternativa de alimentação se destaca quando comparada a forrageiras nativas, silagem, feno e resíduos das agroindústrias. Outras vantagens seriam o ciclo rápido para produção contínua, o desenvolvimento sob quaisquer condições climáticas e a alta produtividade por área (OLIVEIRA, 1998).

A hidroponia, portanto, trata-se de um processo acessível que oferece economia de tempo e de trabalho no cultivo, com curto período de processo de germinação das sementes, de aproximadamente entre 10 e 15 dias. O processo de germinação e desenvolvimento se beneficia da captação de energia solar e absorção de nutrientes em solução nutritiva, das quais o oxigênio e o carbono são fornecidos pelo ar, o hidrogênio pela água, e o restante dos elementos (ferro, magnésio, potássio, etc.) seria fornecido como adubo (DOUGLAS, 1987), com vantagens de dispensar todo o trabalho de preparo do solo, possuir custo menor de produção e eliminar o uso de defensivos agrícolas (HENRIQUES, 2000).

Essa técnica tem sido muito utilizada com êxito em diversos países, com destaque para algumas empresas que se especializaram nessa prática. A FodderTech é uma empresa multinacional com diversos sistemas sofisticados e especializados na produção de forragem hidropônica localizada nos Estados Unidos, Nova Zelândia e Austrália; no Peru, a empresa Forraje Hidropónico E.I.R.L instala sistemas de produção de forragem hidropônica e fornece cursos de capacitação. Em Portugal existem empresas especializadas tanto o sistema de instalação como as de fornecimento de forragem hidropônicas conforme a demanda (AGROTEC, 2015).

De acordo com pesquisas realizadas pelo Núcleo de pesquisa em Ecofisiologia e Hidroponia (NUPECH)-UFSM, diversas espécies de gramíneas podem ser cultivadas de forma hidropônica, dentre elas, destacam-se o centeio, aveia, cevada, trigo, milho e milheto, bem como experimentos que demonstram a eficiência na composição da dieta de vacas leiteiras com o incremento de forragem hidropônica, onde estas apresentaram um acréscimo na produção diária de leite de 18% (FAO, 2001).

Pordomingo *et al.* (2002) concluíram que a mistura de grãos de milho e aveia, substituindo 20% do milho na dieta, resulta em melhores ganho de peso e eficiência de uso do amido em comparação a dietas somente com de grãos de milho, devido a um melhor equilíbrio de qualidade e taxas de degradação de amido com maior teor de proteína no grão de aveia.

A palavra bromatologia deriva do grego *bromatos* = alimentos e *logo* = estudo, ou seja, estudo dos alimentos em relação a sua composição química, sua ação no organismo, valor alimentício e calórico, propriedades físicas e toxicológicas (CRBM1, 2019).

### 3.3 TÉCNICAS DE CULTIVO HIDROPÔNICO DE FORRAGENS

A hidroponia se baseia em cultivar plantas, substituindo o solo por substratos dos mais diversos tipos como a palhada de material vegetal seco. Neste método de obtenção de forragem é possível cultivar plantas com crescimento rápido, através da germinação e desenvolvimento inicial de plantas que podem ser ofertadas aos animais no início de sua fase de desenvolvimento, quando

apresentam grande quantidade de aminoácidos livres, pouco conteúdo de fibras, alto teor proteico e boa digestibilidade (FAO, 2001; SANTOS *et al.*, 2004). De acordo com a FAO (2001), o consumo de forragem hidropônica traz benefícios a saúde do animal devido ao maior teor de vitaminas e proteínas, beneficiando assim a assimilação de ração e aumentando os efeitos nutritivos.

Existem vários sistemas para o cultivo hidropônico, que levam em consideração a sustentação da planta (meio líquido, substrato natural ou artificial), o reaproveitamento da solução nutritiva (circulantes ou não circulantes) e a provisão da solução nutritiva (contínua ou intermitente) (CORTEZ; ARAÚJO, 2002).

O substrato mais adequado deve ser inerte quanto ao fornecimento de nutrientes, ter pH neutro, apresentar retenção de água e porosidade adequada para oxigenação das raízes, oferecer sustentação para a muda e proteger as raízes dos danos físicos (FURLANI; BOLONHESII; FANQUIN, 1999).

O cultivo de forragens hidropônica é uma fonte com qualidade nutricional elevada, pode ser introduzido em pequenas áreas de cultivo com baixo custo de investimento em infraestrutura, apresenta baixo consumo hídrico, não necessita de sementes tratadas com agrotóxicos e adubação pesada para seu desenvolvimento, além de não requerer conhecimentos complexos por parte do produtor (FAO, 2001; ESPINOZA *et al.*, 2004).

Os nutrientes considerados essenciais para o desenvolvimento das plantas são divididos em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) (FAQUIN, 2001). As soluções nutritivas são responsáveis pelo fornecimento de minerais para as plantas, que são previamente dissolvidas em água (MARTINEZ; SILVA FILHO, 2006). Segundo Resh (1997), a solução nutritiva apropriada deve conter no mínimo todos os nutrientes, em quantidades equilibradas de acordo com as necessidades da cultura.

A solução nutritiva ideal para cada espécie vegetal é determinada a partir da necessidade de cada espécie e o estágio de desenvolvimento. Toda solução nutritiva deve conter os macro e micronutrientes minerais essenciais, dissolvidos em água em quantidade e proporção balanceada, além de apresentar um pH adequado também à espécie a ser cultivada (MARSCHNER, 1995).

De acordo com FAO (2001), a densidade ideal de semeadura na produção de forragem hidropônica, deve conter a quantidade de 2,2 a 3,4 kg.m<sup>-2</sup>. Entretanto, segundo dados obtidos por Amorim *et al.* (2001), mostram maior produção de fitomassa seca e de proteína bruta para uma densidade de semeadura de 2,0 kg.m<sup>-2</sup> no comparativo com a densidade de semeadura de 1,0 kg.m<sup>-2</sup>.

A colheita deve ser realizada num período estimado entre 16 a 20 dias, pois, colheitas consideradas precoces podem acarretar em um baixo rendimento por unidade de área e colheitas mais tardias podem resultar em acréscimo da competição entre plantas e da porção fibrosa, decréscimo do teor proteico, da palatabilidade, e da digestibilidade da fitomassa seca (SOEST, 1994; HENRIQUES, 2000). Entretanto, segundo FAO (2001) o período compreendido para a colheita deve ser entre 10 a 12 dias, sendo que, por medidas estratégicas pode-se estender este período até 15 dias.

O milho é pertencente à família *Poaceae* e à espécie *Zea mays L.* A espécie tem como centro de origem o continente americano, especificamente no México, e é cultivada em praticamente todas as regiões agrícolas do mundo, e pode ser considerada uma das culturas mais antigas do mundo, com datação de, pelo menos, cinco mil anos (MAGALHÃES *et al.*, 2002; DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2014).

A interação da seleção natural e da domesticação do milho resultaram em uma planta anual com alto índice de produção de grãos e com alta capacidade de armazenar energia devido à sua composição predominantemente de carboidratos (amido) e lipídios (óleo) rico em pró-vitamina, e apresentar baixo teor de proteína bruta (9% de PB na matéria seca), triptofano, lisina, cálcio, riboflavina, niacina e vitamina D (TEIXEIRA, 1998; MAGALHÃES *et al.*, 2002; LANA, 2005; TONISSI; SILVA; SOUZA, 2013).

Na alimentação de bovinos leiteiros, o milho é utilizado como fonte de amido, e quando utilizado na dose correta, pode melhorar as características de fermentação ruminal, porém quando utilizado em excesso, o milho pode acarretar problemas metabólicos. Estudos indicam que a combinação de fontes de proteína de alta degradabilidade com fontes de amido, que são facilmente degradáveis, aumentam a eficiência microbiana e, conseqüentemente, o aumento do fluxo de

proteína no intestino delgado impacta diretamente na qualidade, na produção de leite e no crescimento do gado (CRUZ *et al.*, 2010).

O consumo animal do milho no Brasil em 2018 demandou cerca de 50% de toda produção nacional (ABIMILHO, 2019). Para silagem, o milho é considerado a forrageira de melhor qualidade, com produtividade média de 20-30 t.ha<sup>-1</sup> de massa verde (ARAÚJO *et al.*, 2010). Outra forma de utilizar o milho para alimentação animal é por meio da produção de forragem hidropônica. O uso desta técnica vem crescendo e representa uma alternativa prática e econômica ao pequeno produtor, possibilitando a obtenção de forragem de grande valor proteico e energético, o ano todo (PAULINO *et al.*, 2004; AMORIM *et al.* 2005).

A aveia é uma planta da família das gramíneas, caracterizada por ser exigente em água, dividida em três espécies: a aveia preta (*Avena strigosa Schreb*), a aveia branca (*Avena sativa L*) e a aveia amarela (*Avena byzantina L*) (TONISSI; SILVA; SOUZA, 2013).

Esse cereal é cultivado para consumo humano e animal, possui fibra solúvel responsável em retardar o esvaziamento gástrico, aumentando a saciedade, e, ao entrar em contato com a água, forma géis que tornam o bolo fecal maior e mais viscoso. Dessa maneira, ocorre menor absorção de substâncias presentes, como glicose e colesterol, em consequência de uma menor ação de enzimas digestivas. Destaca-se entre os outros cereais pelo teor e qualidade proteica, por ser rica em lipídios e pela presença de ácidos graxos insaturados (TONISSI; SILVA; SOUZA, 2013).

A aveia branca é comumente utilizada na forma inteira pelos produtores, pela praticidade de fornecimento e com redução de custos em relação à moagem. Peixoto, Moura e Faria (1985) observaram que a aveia branca possui maior teor de fibra bruta em relação aos outros cereais, 10% e 3% respectivamente, fato que torna a aveia na alimentação de ruminantes como um concentrado-volumoso.

Goi *et al.* (1998) observaram que diferentes formas de processamento do grão de aveia branca (grão inteiro e seco, moído, machadado e inteiro e umedecido) não interfere no ganho de peso diário dos animais. Restle *et al.* (2009) obtiveram resultado contrário com aveia preta e observaram que havia maior ganho

de peso diário quando o grão utilizado na alimentação era moído, pois o grão de aveia preta inteiro apresenta o pericarpo que envolve o gérmen e o endosperma, sendo mais fibroso do que a aveia branca, e conseqüentemente mais resistente à digestão microbiana.

A digestão dos grãos inteiros acontece dentro do rúmen, porém a utilização do grão inteiro vai depender da habilidade do ruminante em mastigar os grãos durante a alimentação e especialmente durante a ruminação (MORGAN; CAMPLING, 1978).

### 3.4 MANEJO DAS SEMENTES

Pensando-se nas sementes a serem utilizadas para a implantação do cultivo hidropônico de forragens, deve-se levar em consideração fatores primordiais para a escolha destas, características como vigor de planta e germinação que impactarão diretamente no resultado final da produção de fitomassa seca, por isso devem ser utilizadas sementes com capacidade mínima de germinação de 80% (ANDRADE NETO *et al.*, 2003), puras, livres de tratamentos químicos, como fungicidas ou inseticidas, pois podem causar danos aos animais que ingerirem a forragem produzidas por sementes com tais tratamentos (FLÔRES, 2009).

A fim de iniciar e otimizar o processo de germinação, as sementes devem ser mergulhadas em água pura. Iniciando-se a embebição, as sementes de milho e sorgo deverão ficar submersas por um período de 12 horas, enquanto que sementes de trigo e aveia este período passa a ser de 24 horas. Após o processo de embebição, as sementes estarão turgidas, iniciando o processo de germinação, com grande exigência de gás carbônico e oxigênio, pois acentua-se a atividade respiratória das sementes, com a emissão de estruturas vegetativas, como radícula e parte aérea das plantas, para uma pré germinação, antes de serem espalhadas nos canteiros, deve-se deixar as sementes encubadas, escorrendo toda a água a qual estavam submersas por um período de 12 a 24 horas para sementes de milho e milheto, e as sementes de trigo, cevada e aveia este período passa a ser de 24 a 48 horas (FLÔRES, 2009).

Após este período de incubação, as sementes serão dispostas nos canteiros previamente preparados, em solo plano com 3 a 4% de declividade, forrado com lona plástica para não ocorrer infiltração no solo, da água de irrigação fornecida as plantas, as sementes serão distribuídas nos canteiros a uma densidade de semeadura de 2,0 kg.m<sup>-2</sup> para o milho e 1,0 kg.m<sup>-2</sup> para a aveia, posteriormente a isto, as sementes devem ser recobertas com os substratos utilizados, podendo ser palha de milho, palhada de aveia, capim elefante triturado, palhada de arroz, isto a fim de protegê-las da forte incidência de radiação, bem como retardar as perdas de água pela evaporação. Segundo Flôres (2009), outra forma de retardar perdas por forte incidência solar e evaporação da solução nutritiva é durante períodos quentes utilizar sombrites para cobrir os canteiros.

O grão de milho é composto em média por 72% de amido, 9,5% de proteínas, 9% de fibra (sendo a maior parte resíduo em detergente neutro) e 4% de óleo. Entre as quatro principais estruturas físicas do grão: endosperma, pericarpo, ponta e gérmen, o último representa 11% do grão de milho e concentra 83% de lipídeos, 78% dos minerais, 26% de proteínas e 70% de açúcares. O conteúdo lignocelulósico nos grãos de milho verde e nos derivados integrais do grão seco confere ao material quantidade de fibras essencialmente do tipo insolúveis (hemicelulose, celulose e lignina), que correspondem à fibra em detergente neutro (PAES, 2006).

A aveia branca (*Avena sativa* L.) destaca-se entre os outros cereais por seu teor e qualidade protéica e por sua maior porcentagem de lipídios, os quais estão distribuídos por todo o grão. Na fração lipídica da aveia há predominância de ácidos graxos insaturados. Além disso, este cereal também é constituído de 9 a 11% de fibra alimentar total. Os conteúdos de lipídio presentes na aveia ocorrem em grandes quantidades, entre 5 e 9% do peso total do grão. A aveia possui teor protéico total entre 12,40% e 24,50% no grão descascado, e relação ao teor de carboidratos, o amido é o constituinte em maior abundância na aveia, com teores médios entre 43,7 e 61%. (SIMIONI *et al.*, 2007; TONISSI; SILVA; SOUZA, 2013).

### 3.5 COLHEITA



A altura das plantas está relacionada ao período de colheita da forragem e aos fatores ambientais como a radiação solar, solução nutritiva, umidade e a temperatura, combinados a uma boa qualidade e quantidade de sementes. Segundo FAO (2001), a temperatura ideal de germinação para o milho fica entre 25 e 28 °C enquanto que para cereais de inverno como a cevada, trigo e aveia entre 18 e 21 °C.

Para uma colheita com maior aproveitamento dos nutrientes segundo FAO (2001), o período adequado se encaixa de 10 a 12 dias após a semeadura. Dados obtidos por experimentos no NUPEC-UFSM, demonstram que o milho atingiu o comprimento de planta de 20 e 30 cm, sendo colhido em 10 e 20 dias respectivamente, já o trigo, apresentou crescimento de 18 e 23 cm para uma colheita feita aos 12 e 16 dias respectivamente.

### 3.6 SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE FORRAGEM HIDROPÔNICA

Com função principal de fixar o sistema radicular, a forragem hidropônica possui algumas características importantes como baixo custo, disponibilidade na propriedade, pH entre 5,6 e 7,0, baixa concentração de sais, volume estável, capacidade de armazenamento de água e de ar (MARTINEZ; SILVA FILHO, 2006, PÍCCOLO *et al.*, 2013), pois o substrato fornece às raízes espaço poroso para sua oxigenação, o que é fundamental para o êxito da cultura (FERMINO, 2003). A escolha do substrato ideal depende da sua adequação ao sistema e à cultura que se quer produzir (MARTINEZ; SILVA FILHO, 2006).

Dentre as características para a escolha do substrato, é importante levar em consideração a quantidade de microporos, que aumentam a capacidade de retenção de água; textura adequada, para que não haja compactação excessiva; capacidade de troca catiónica relativamente alta, no sentido de auxiliar na retenção e troca de nutrientes; e baixo peso (baixa densidade aparente), para facilitar o transporte e o manuseamento (ARAÚJO *et al.*, 2008).

Diversos estudos comprovam a influência do substrato na composição e no desenvolvimento das forragens hidropônicas, embora seu uso torne o processo produtivo mais trabalhoso devido à necessidade de colher, picar e secar o material

utilizado como substrato, é importante conhecer as características químicas e físicas do mesmo, tendo em vista a influência no desenvolvimento das forragens, principalmente em relação à contaminação. Sendo assim, a necessidade de avaliar a real importância e influência do uso do substrato orgânico na produção de forragem hidropônica se torna imprescindível, sendo que essa tecnologia também melhora a qualidade de subprodutos agrícolas que podem ser utilizados na alimentação animal (SILVA, 2017).

### 3.7 PRODUTIVIDADE

No tocante a produtividade, dados de experimentos realizados na NUPEC-UFSM, mostram que foram obtidos em média um rendimento aos 10 dias após a semeadura de fitomassa fresca equivalente a  $137,3 \text{ t.ha}^{-1}$ , o que corresponde a  $18,6 \text{ t.ha}^{-1}$  de fitomassa seca para o milho, ao passo que o trigo apresentou produtividade média equivalente a  $170,0 \text{ t.ha}^{-1}$  de massa fresca, representando  $16,0 \text{ t.ha}^{-1}$  de massa seca. Resultados obtidos por Müller *et al.* (2006), apontam uma produção de  $14,0 \text{ kg.m}^{-2}$  de fitomassa fresca de milho, com uma altura de colheita de 30 cm, sendo a colheita realizada em 14 dias após a semeadura.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi elaborado através de revisão bibliográfica a cerca do tema nos últimos 15 anos, com as palavras chaves: forragem hidropônica, substrato, suplementação. A pesquisa foi realizada do site de busca Google Acadêmico, e dentre todo material encontrado, buscou-se priorizar a utilização de artigos científicos e teses atuais, levando em consideração a importância e respaldo na comunidade científica.

Com o intuito de elaborar esse trabalho de revisão bibliográfica, foram selecionados trabalhos que utilizaram os substratos bagaço de cana, capim napier e palha/casca de arroz no cultivo de forragem hidropônica de milho, e que fizeram análises bromatológicas parecidas, como macro e micronutrientes, massa seca (MS), massa fresca (MF) e proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA).

Para o estudo sobre o cultivo de forragem de aveia branca hidropônica, foram encontrados poucos trabalhos e, dentre os trabalhos encontrados, foram selecionados duas teses de doutorado que utilizaram parâmetros semelhantes, para que a análise comparativa pudesse ser feita, sendo que um utilizou substrato e outro não, possibilitando a análise a respeito da influência da presença/ausência do substrato nas análises bromatológicas realizadas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 FORRAGEM HIDROPÔNICA DE MILHO

Para essa revisão bibliográfica foram selecionados trabalhos que utilizaram das mesmas análises bromatológicas para que fosse estabelecido um comparativo, e diferentes tipos de substratos, bagaço de cana, capim napier e palha/casca de arroz, a fim de definir qual a influência do substrato na forragem hidropônica de milho.

A composição química e bromatológica da forragem de milho hidropônico para alimentação animal foi avaliada por Fraga *et al.* (2009), em que foram testadas três variedades em dois substratos com quatro repetições aleatoriamente em esquema fatorial. Cada tratamento foi composto por uma variedade diferente, cultivadas em dois tipos de substrato (bagaço de cana e palha de arroz), na densidade de semeadura (2 kg/m<sup>2</sup>) e com idade de corte de 41 dias, em canteiros de 1,5 x 1,0 m, revestidos por uma lona plástica. Em cada parcela foi colocada uma camada de 3 cm de bagaço de cana ou palha de arroz, o substrato foi umedecido com água pura, e as sementes foram distribuídas manualmente de forma mais regular possível de acordo com os tratamentos e cobriu-se com uma outra camada de 2 cm de substrato. As análises bromatológicas foram feitas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo sendo que as análises da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo foram executadas de acordo com as normas da Association of Official Analytical Chemists (1970). Os teores de FDN, de FDA, de LDA e de LPer foram determinados conforme Goering; Van Soest (1970). Os dados foram analisados por meio de análise de variância e teste Tukey ao nível de 5 p.100 de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico SAS (SAS, 1999).

A produtividade da forragem verde hidropônica de milho foi avaliada por Piccolo *et al.* (2013) em substratos de bagaço de cana (*Saccharum sp.*), casca de café (*Coffea canephora*) e capim napier (*Pennisetum purpureum Schum cv Napier*), e concentrações de solução nutritiva a base de água residuária de bovinos

no município de Alegria, ES. O experimento foi realizado em bandejas de polietileno de 22 x 22 x 4 cm. Os substratos foram dispostos em camadas de 2 cm, recebendo semeadura manual do milho pré-germinado, com densidade de semente de 2,5 kg.m<sup>-2</sup> de sementes, e cobertas por outra camada de 2 cm de substrato. Nos tratamentos sem substrato, as sementes foram colocadas no fundo das bandejas, distribuídas de forma homogênea. O bagaço de cana-de-açúcar foi obtido após prensagem da cana como etapa preliminar da produção de cachaça artesanal, depois secado ao ar e, posteriormente, picado em ensiladeira (tamanho médio de partícula de 2 cm). A casca de café conilon foi obtida a partir do beneficiamento do café em coco, por via seca, resultando em resíduo formado por casca e pergaminho, acumulado nas propriedades rurais da região. O capim napier foi obtido de área que não sofreu manejo de corte adequado, encontrando-se as plantas com mais de 150 dias de idade, em estado de maturação fisiológica avançado. As plantas foram cortadas manualmente, a 10 cm do solo, e picadas em ensiladeira (tamanho médio de partícula de 2 cm). Antes da instalação do experimento, os substratos foram secados em estufa com ventilação forçada, a 65 °C, até massa constante. Toda forragem, de cada unidade experimental, foi colhida 15 dias após a semeadura, com separação, da parte aérea das plantas de milho, da base (base = raízes + substratos + sementes não germinadas). Uma amostra de cada substrato foi encaminhada para análise químico-bromatológica.

Silva (2017) avaliou doses de biofertilizante Agrobio e substratos orgânicos na produção e qualidade da forragem hidropônica de milho crioulo variedade Aliança. Foram conduzidos dois experimentos, o primeiro com sete repetições e o segundo com quatro. O primeiro experimento foi constituído por três tratamentos correspondentes aos substratos bagaço de cana-de-açúcar (BC), poda de grama (PG) e sem a utilização de substrato (SS). O segundo experimento conteve seis tratamentos correspondentes aos cinco volumes de Agrobio (0, 19, 38, 57 e 76 mL por bandeja, que correspondem a 0; 0,72; 1,44; 2,16; 2,88 L.m<sup>-2</sup>) e mais um tratamento com solução nutritiva de Hoagland e Arnon (que corresponde a 57 mL por bandeja ou 2,16 L.m<sup>-2</sup>). As unidades experimentais foram compostas por bandejas de polietileno com dimensões de 22,0 x 12,0 x 4,0 cm (comprimento x largura x altura), dispostas em bancada. As sementes permaneceram embebidas

em água por 24 h em temperatura ambiente, visando uniformidade e maior velocidade de germinação. A espécie da grama utilizada foi a *Paspalum notatum*, popularmente conhecida como grama batatais. Os substratos foram secos sob lona plástica. A poda de grama foi cortada em pedaços menores com auxílio de uma tesoura. O delineamento foi em blocos casualizados com sete repetições. A fertirrigação foi realizada com a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) no volume de 57 mL por bandeja por dia, que corresponde a  $2,16 \text{ L.m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . Cada bandeja foi preenchida com 90 g de bagaço de cana ( $3,4 \text{ kg.m}^{-2}$  com 70,6% de MS) que foi distribuído, primeiramente, até a espessura de 2,0 cm e esta foi umedecida com 200 mL de água. Posteriormente, sobre esta camada de bagaço de cana, foram distribuídas as sementes pré-umedecidas na densidade de  $2,0 \text{ kg.m}^{-2}$  com 86,7% de MS. Logo após, foram cobertas com bagaço de cana formando camada de mesma espessura que a anterior, sendo umedecida com 100 mL de água com borrifador. As bandejas que continham substrato poda de grama foram preenchidas com 60 g ( $2,27 \text{ kg.m}^{-2}$  com 83,7% de MS) desse substrato, tendo em vista o maior volume deste material. Nas bandejas do tratamento sem substrato orgânico, as sementes de milho foram dispostas diretamente nas bandejas na densidade de  $2,0 \text{ kg.m}^{-2}$  e borrifadas com água na proporção de  $3 \text{ L.m}^{-2}$  ( $139 \text{ mL bandeja}^{-1}$ ). As amostras das sementes e do substrato passaram por análise químico-bromatológica com colheita foi realizada 15 dias após a semeadura.

O rendimento e o valor nutritivo da forragem verde hidropônica de milho da variedade São Vicente sob diferentes densidades de semeadura foram avaliados por Rocha *et al.* (2014) no município de Teresina, PI. A forragem hidropônica foi produzida em canteiros confeccionados em madeira serrada, com fundo em madeirite, dimensões 1,0 x 3,0 m, com 4,0 cm de profundidade, revestidos com filme de polietileno preto de 150  $\mu$ . Em uma das extremidades dos canteiros, foram feitos cortes longitudinais na parede, permitindo drenagem do excedente de água de irrigação, que foi facilitada por instalação dos canteiros com declividade de 2%. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos (Densidades de semeadura 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4 e 2,8 kg de sementes/ $\text{m}^2$ ) e quatro repetições, distribuídos em 24 canteiros. Foi utilizado como substrato de cultivo a casca de arroz, na proporção de  $3,55 \text{ kg/m}^2$ , com a seguinte composição

química: matéria seca (MS) 85,82% e, com base na MS, proteína bruta (PB) 2,55%; matéria mineral (MM) 9,06%; fibra em detergente neutro (FDN) 64,42%; fibra em detergente ácido (FDA) 64,82% e lignina 16,76%. O substrato foi colocado nos canteiros no dia anterior à semeadura, distribuído em camada de 4,0 cm de espessura e regando com 7,0 L de água quatro vezes ao dia, com o objetivo de melhorar a capacidade de retenção de água pela casca de arroz. Ao final do processo de produção, o substrato foi incorporado à forragem hidropônica. Foram cultivadas sementes da variedade de milho São Vicente, sem tratamento com agroquímicos, após teste de germinação com índice de 90%, que foram acondicionadas em 24 baldes plásticos, em quantidades correspondentes a cada repetição, sendo em seguida completados com água, e mantidas dessa forma por 24 horas, criando-se uma condição de pré-germinação. Após o período de germinação, realizou-se a semeadura do milho, inicialmente em uma camada de 2,0 cm de espessura, seguido de rega com 7,0 L de água/ canteiro para melhor fixação do mesmo. Em seguida, as sementes foram distribuídas uniformemente em todas as parcelas, sendo cobertas por outra camada de 2,0 cm de substrato e procedeu-se nova rega, com a mesma quantidade de água. A solução nutritiva utilizada foi composta por: Nutrimil-HP-fertilizante foliar em pó, solúvel em água contendo 10% de nitrogênio total (N); 12% de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); 27% de potássio (K<sub>2</sub>O); 2,5% de enxofre (S); 0,05% de zinco (Zn); 0,1% de ferro (Fe); 2,5% de magnésio (Mg); 0,05% de boro (B) e 0,0005% de molibdênio (Mo); e o FTS Cálcio Nítrico1 - fertilizante líquido, fonte complementar de cálcio (Ca) e nitrogênio (N), composto por 10% de N e 12% de Ca. No 15º dia realizou-se a coleta e pesagem da forragem (parte aérea + sistema radicular + substrato). Para quantificação da produtividade e análise da composição do material coletado, os canteiros foram subdivididos em três partes, cada uma com 1 m<sup>2</sup>, dos quais pesou-se a parte central (1 m<sup>2</sup>), correspondente a cada repetição, coletando-se desta parte as amostras, que foram acondicionadas em sacos de papel e conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) no Departamento de Zootecnia da UFPI.

Locatelli (2016) realizou dois experimentos, ambos com densidade de semeadura de 2,0 kg.m<sup>-2</sup> e colheita 15 dias após a semeadura. Foram avaliados os seguintes parâmetros: comprimento de parte aérea (PA), volume de raízes (VR),

diâmetro de raízes (DR), comprimento de raízes (CR), peso de massa fresca (MF), peso de massa seca (MS) e teores de macro e micronutrientes. No primeiro experimento utilizou-se a cultivar UENF 506-11. Foi utilizado o substrato capim napier e cinco volumes de solução nutritiva (0; 25; 50; 75; 100 mL) por bandeja. A espécie avaliada foi o milho (*Zea mays* L.), cultivar Fortaleza. O experimento seguiu arranjo fatorial 2 x 3, cujos fatores e níveis foram: dois substratos, capim napier e bagaço de cana-de-açúcar, irrigados com solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950) e solução nutritiva recomendada pela FAO (2001), ambas a 100% e somente água de abastecimento urbano. O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por bandejas de polietileno em dimensões de 26,5 x 17,5 x 4,0 cm (comprimento x largura x altura), dispostas em bancada. Foi realizado teste de germinação seguindo metodologia da MAPA (2009) e o índice de germinação foi de 87%. As sementes foram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 1% durante um minuto para desinfestação superficial. Após esse procedimento as sementes foram lavadas em água deionizada (FAO, 2001). Para acelerar o processo de germinação, as sementes previamente desinfestadas, ficaram imersas em água por 24 horas, imediatamente antes da semeadura. O capim napier (*Pennisetum purpureum*) foi coletado na UAP (Unidade de Apoio a Pesquisa Ensino e Extensão) no *campus* da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. O capim foi picado em picadeira para obter pedaços de aproximadamente dois centímetros. Após esse processo, o material foi espalhado sobre uma lona para secar dentro da casa de vegetação. O bagaço de cana-de-açúcar foi espalhado sobre uma lona para secar dentro da casa de vegetação. Ao identificar que os substratos (capim napier e bagaço de cana) estavam secos, estes foram recolhidos e armazenados em sacos plásticos em laboratório. O substrato (bagaço de cana ou capim napier) com total de 90 g cada, foi dividido em duas partes. A primeira foi disposta nas bandejas formando uma camada com aproximadamente dois centímetros de espessura e esta foi umedecida com 200 mL de água. As sementes de milho foram semeadas à densidade de 2,0 kgm<sup>-2</sup>, que, posteriormente, foram cobertas com a segunda parte, formando uma camada de substrato de mesma espessura e esta foi umedecida com 100 mL de água com borrifador. Nos primeiros três dias após a semeadura, aplicou-se apenas água às



bandejas com auxílio de um borrifador manual. A partir do quarto dia após a semeadura deu-se início a aplicação das soluções nutritivas de acordo com os tratamentos, fornecendo solução até que o substrato ficasse com aspecto úmido, até atingir sua capacidade de retenção de umidade, ou seja, a tal ponto que os macroporos do substrato permanecessem com ar. Todo o material das bandejas (sementes não germinadas, raízes, parte aérea e substrato) foi pesado para obter peso de massa fresca, sendo os resultados convertidos em  $\text{kg.m}^{-2}$ . O material moído foi submetido à análise nutricional para verificar o teor de macro e micronutrientes na forragem completa.

As características bromatológicas da forragem verde hidropônica de milho cultivadas em diferentes substratos alternativos foram avaliados por Campêlo *et al.* (2007) no município de Teresina, PI. Os substratos utilizados no experimento foram a casca de arroz (*Oryza sp.*) e o capim-elefante (*Pennisetum purpureum L.*) picado. O cultivo e a colheita foram realizados em sistema de hidroponia em canteiros preparados com os substratos e uso de fertirrigação. Para cada substrato, utilizou-se o plantio diário de uma parcela durante o período de 15 dias. Os canteiros, com área útil de 0,5 x 0,5 m e espaçados a 0,5 m entre linhas, foram distribuídos de forma aleatória na área, em cima de lona preta de polietileno (15 micras) disposta sobre piso de concreto plano. Os canteiros foram preparados e irrigados com água 24 horas antes do plantio. As sementes de milho de cada tratamento foram pesadas e colocadas em baldes, sendo imersas em água por 24 horas para pré-germinação. Para ambos os substratos estudados (casca de arroz e o capim-elefante picado e desidratado ao sol), a densidade de plantio foi de 2,5  $\text{kg/m}^2$ , com as sementes dispostas sobre uma camada de substrato de 4 cm de espessura coberta por outra de 2 cm. Foi utilizado solução nutritiva recomendada para produção de forragem hidropônica de milho disponível no mercado de Teresina, Piauí, preparada segundo recomendação do fabricante, utilizando-se 2 g de um “composto de macronutrientes” (340 g de fosfato monoamônio, 2.080 g de nitrato de cálcio e 1.100 g de nitrato de potássio) e 2 mL de uma “solução de micronutrientes” (492 g de sulfato de magnésio, 0,48 g de sulfato de cobre, 12,5 g de sulfato de manganês, 1,2 g de sulfato de zinco, 6,2 g de ácido bórico, 0,02 g de molibdato de amônio e 15 g de quelato de ferro), ambos os compostos diluídos em

10 L de água. No ato da colheita, determinou-se a produção de volumoso/m<sup>2</sup> por meio da pesagem, em balança com capacidade para 200 kg, de toda a forragem produzida na parcela. Deste material, retiraram-se as amostras, que foram acondicionadas em sacos de papel e analisadas no Laboratório de Nutrição Animal do CCA/UFPI. Nas análises, foram determinados a porcentagem de MS total e os teores de PB, FDN, FDA e cinzas. Foi avaliada a influência do substrato sobre as características estudadas, considerando-se as amostras colhidas em três situações distintas e analisadas separadamente, conforme a seguir: 1) forragem completa - substrato + plantas de milho; 2) substrato + raízes; e 3) parte aérea das plantas de milho. Os componentes de variância e as médias dos substratos comparadas pelo teste Tukey (P<0,01), para cada situação.

As análises sobre nitrogênio (N) obtidas por Fraga *et al.* (2009) foram de 16,2 e 13,7 g.kg<sup>-1</sup> na parte aérea do milho cultivado em bagaço de cana e palha de arroz, respectivamente. Locatelli (2016) obteve 29,4 g.kg<sup>-1</sup> de N com bagaço de cana e 15,4 g.kg<sup>-1</sup> de N com capim napier. No estudo realizado por Silva (2017) os valores de N obtidos foram de 30,15 g.kg<sup>-1</sup> com substrato bagaço de cana. Os valores encontrados por Silva (2017) e Locatelli (2016) estão dentro da faixa de N considerada adequada para a cultura do milho que varia de 27 a 35 g.kg<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 1999). (TABELA 1)

**Tabela 1** – Tabela comparativa da caracterização química de plantas de milho cultivado de forma hidropônica.

	<b>Silva (2017)</b>	<b>Locatelli (2016)</b>		<b>Fraga <i>et al.</i> (2009)</b>	
	<b>BC</b>	<b>BC</b>	<b>CN</b>	<b>BC</b>	<b>PA</b>
<b>N</b>	30,15 g.kg <sup>-1</sup>	29,4 g.kg <sup>-1</sup>	15,4 g.kg <sup>-1</sup>	16,2 g.kg <sup>-1</sup>	13,7 g.kg <sup>-1</sup>
<b>P</b>	9,43 g.kg <sup>-1</sup>	2,2 g.kg <sup>-1</sup>	10,3 g.kg <sup>-1</sup>	3,4 g.kg <sup>-1</sup>	2,8 g.kg <sup>-1</sup>
<b>K</b>	2,4 g.kg <sup>-1</sup>	40 g.kg <sup>-1</sup>	194 g.kg <sup>-1</sup>	24,8 g.kg <sup>-1</sup>	19 g.kg <sup>-1</sup>

N = nitrogênio, P = fósforo, K = potássio, BC = bagaço de cana, CN = capim Napier, PA = palha de arroz.

Fonte: o Autor, 2019.

De acordo com a Embrapa (1999), a faixa de fósforo (P) adequada para a cultura do milho é de 2 a 4 g.kg<sup>-1</sup> de massa seca (MS). Fraga *et al.* (2009) obtiveram 3,4 e 2,8 g.kg<sup>-1</sup> para o fósforo (P) na forragem de milho cultivado em substratos bagaço de cana e palha de arroz, respectivamente, irrigado com solução

nutritiva recomendada pela FAO. Silva (2017) obteve  $9,43 \text{ g.kg}^{-1}$  com bagaço de cana. Locatelli (2016) obteve 2,2 e  $10,3 \text{ g.kg}^{-1}$  para o fósforo (P) com uso de substrato de bagaço de cana e capim napier, respectivamente, e densidade de semeadura de  $2,0 \text{ kg.m}^{-2}$  de milho. (TABELA 1)

Em relação ao potássio (K), Fraga *et al.* (2009) obtiveram teor de 24,8 e  $19,0 \text{ g.kg}^{-1}$  na forragem de milho cultivado em substratos bagaço de cana e palha de arroz, respectivamente, irrigado com solução nutritiva recomendada pela FAO (2001). No trabalho de Silva (2017) o tratamento com o bagaço de cana apresentou teor de K de  $2,40 \text{ g.kg}^{-1}$ , com acúmulo de cerca de 3,5 vezes no bagaço de cana. Locatelli (2016) observou que a forragem hidropônica de milho produzida em capim napier apresentou teor de K cerca de 5,0 vezes superior ao bagaço de cana, com valores de 40 e  $194 \text{ g.kg}^{-1}$  com o bagaço de cana e o capim napier, respectivamente. (TABELA 1)

As exigências de K para bovinos de corte é igual a 0,6% para as fases de crescimento, gestação e lactação, e para bovinos de leite, esse valor varia de 0,51 a 0,62% para vacas no período de transição e de 1,00 a 1,24% em período de lactação (NRC, 2001). Os trabalhos de Locatelli (2016) e Silva (2017), nos tratamentos com bagaço de cana obtiveram teor muito abaixo das exigências, no entanto, a poda de grama apresentou valor satisfatório para bovinos de leite.

Locatelli (2016) observou maior teor de cálcio (Ca),  $4,7 \text{ g.kg}^{-1}$ , nas plantas de milho no maior volume de solução nutritiva fornecida. Fraga *et al.* (2009) verificaram teores de 1,9 e  $3,3 \text{ g.kg}^{-1}$  de Ca na parte aérea do milho cultivado em bagaço de cana e palha de arroz, respectivamente. Estes resultados estão dentro do limite considerado adequado de  $2,5-8,0 \text{ g.kg}^{-1}$  para plantas de milho adultas (EMBRAPA, 1999).

Em relação ao manganês (Mn), Fraga *et al.* (2009) observaram teor de 102,8 e  $58,7 \text{ mg.kg}^{-1}$  na parte aérea do milho para os substratos bagaço de cana e palha de arroz, respectivamente. Locatelli (2016) obteve  $60,6 \text{ mg.kg}^{-1}$  para o Mn quando aplicado o maior volume de solução nutritiva. O teor verificado nos dois trabalhos está dentro da faixa limite adequada desse nutriente na parte aérea do milho que é de 20 a  $200 \text{ mg.kg}^{-1}$  (EMBRAPA, 1999).

Fraga *et al.* (2009) obtiveram uma média de massa seca (MS) de 94,24 % para palha de arroz e 94,13% para o bagaço de cana. Silva (2017) obteve 3,97 kg.m<sup>-2</sup> de MS com substrato bagaço de cana e as plantas apresentaram altura de 32,9 cm. As plantas de Locatelli (2016) atingiram em média 26,4 cm de altura, produção média de MF igual a 14,6 kg.m<sup>-2</sup> e produção média de MS de 2,8 kg.m<sup>-2</sup> com bagaço de cana e 37,4 cm com capim napier, produção média de MF de 13,2 kg.m<sup>-2</sup> e produção média de MS de 2,5 kg.m<sup>-2</sup>. FAO (2001) menciona que é possível obter em um ano mais de 2.000 t.ha<sup>-1</sup> de massa fresca, somando-se a massa fresca da parte aérea com a massa fresca do sistema radicular.

Campêlo *et al.* (2007) observou que não houve diferença significativa entre os substratos bagaço de cana e capim napier quanto a produção de massa seca da parte aérea, indicando que esses substratos reúnem melhores características físico-químicas para a produção da forragem verde hidropônica de milho. De acordo com Martinez e Silva Filho (2006), a presença de micro e macroporos é essencial para o armazenamento de certa quantidade de água e ar, fundamentais ao bom desenvolvimento das plantas.

Animais leiteiros que receberam silagem de milho com menor % FDN e melhor digestibilidade, aumentaram o consumo de MS e conseqüentemente aumentam produção de leite. O consumo médio de forrageira com bom teor de MS por dia, corresponde a 2% do peso vivo para bovinos, fato que torna sua qualidade um fator imprescindível (NUSSIO; LIMA; MATOS, 2000).

Fraga *et al.* (2009) obtiveram uma média de proteína bruta (PB) de 14,37% para palha de arroz e 11,18% bagaço de cana. Silva (2017) obteve 7,77 % com bagaço de cana.

Rocha *et al.* (2014) observaram que com o aumento no teor de PB e da densidade de semeadura pode-se justificar pelo teor de PB das sementes do milho (8%) e da forragem de milho produzida. Assim, quanto maior a densidade de semeadura, maior a produção de matéria natural (milho e massa de forragem). Fato também observado por Campêlo *et al.* (2007), para teor de PB de diferentes extratos da forragem hidropônica de milho, 12,0% de PB na forragem integral e 20,9% de PB na parte aérea.

**Tabela 2** – Dados bromatológicos do cultivo hidropônico de milho.

	<b>Campêlo <i>et al.</i> (2007)</b>		<b>Rocha <i>et al.</i> (2014)</b>	<b>Piccolo <i>et al.</i> (2013)</b>
	<b>CA</b>	<b>CN</b>	<b>CA</b>	<b>CN</b>
<b>PB</b>	12,12%	15,3%	5,39%	5,8%
<b>FDN</b>	62,92%	55,99%	77,46%	75,5%
<b>FDA</b>	40,11%	32,42%	56,02%	53,3%
<b>MS</b>	29,24%	18,14%	25,48%	-

PB = proteína bruta, FDN = fibra detergente neutro, FDA = fibra detergente ácido, MS = massa seca, CA = casca de arroz, CN = capim napier.

Fonte: o autor, 2019.

O trabalho de Paiva *et al.* (2013) sugere que a alimentação de vacas leiteiras holandesas possua 14% de PB na dieta para garantir produção média de 13 kg/dia de leite. Eles observaram também que o aumento no consumo de MS, FDN e matéria orgânica confere um melhor aporte de compostos nitrogenados no rúmen, proporcionando assim maior crescimento dos microrganismos fibrolíticos, resultando no aumento da degradação da fibra, na taxa de passagem e na utilização dos nutrientes. Colmenero e Broderick (2006) observaram aumentos da atividade celulolítica no rúmen, indicada por aumento na concentração de acetato, quando forneceram dietas com níveis crescentes de PB para vacas leiteiras.

## 5.2 FORRAGEM HIDROPÔNICA DE AVEIA

Devido a escassez de trabalhos publicados a respeito de dados bromatológicos de forragem hidropônica de aveia branca, para essa revisão bibliográfica foram selecionados dois trabalhos de tese de doutorado, com análises bromatológicas semelhantes, para estabelecer o comparativo, entre presença/ausência de substrato no cultivo hidropônico de aveia branca nas análises bromatológicas.

Em sua tese de doutorado, Rojas Rianõ (2009) desenvolveu um protocolo para a produção e avaliação da qualidade nutricional e a palatabilidade das forragens hidropônicas de trigo e aveia, sem o uso de substrato, como alimento dos animais herbívoros do Zoológico de Buin, Chile. Foram utilizadas bandejas de

plástico para o cultivo, onde sementes selecionadas foram desinfetadas e tratadas para a germinação, e foi observado o crescimento e produção durante o inverno, além da análise bromatológica dos grãos de milho e aveia branca.

Ruano López (2014) em sua tese de doutorado na Guatemala, avaliou e comparou a qualidade nutricional dos cultivos de forragens hidropônicas de sorgo, aveia branca e milho em substrato cana do reino (*Arundo donax*) a partir dos valores de proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo e cinza. O experimento foi realizado em um terreno de 26 m<sup>2</sup> com quatro canteiros de 3 m<sup>2</sup> e 7 cm de profundidade cada, os quais o chão e as paredes foram cobertos com lona plástica para evitar perda de água e nutrientes. Foi utilizado como substrato cana do reino (*Arundo donax*), as sementes foram selecionadas de acordo com o tempo de germinação e desinfetadas. Foi observado taxa de crescimento e análise bromatológica dos grãos de milho, sorgo, aveia branca.

A fibra em detergente neutro (FDN) possui composição química complexa que a torna potencialmente digestível para os ruminantes, que podem obter dela a energia necessária para suas funções vitais. Segundo o NRC (2001), as dietas para ruminantes devem conter pelo menos 25 a 35% de FDN para garantir o funcionamento adequado do rúmen. Em ambos trabalhos (TABELA 3) os valores de FDN são superiores ao valor definido como necessário, ou seja, a fibra consumida que favorece a produção de saliva, um pH ruminal de 6,2-6,8 e uma atividade celulolítica correta (CERRILLO SOTO *et al.*, 2012).

**Tabela 3** – Dados bromatológicos do cultivo hidropônico de aveia.

	<b>Ruano López (2014)</b>	<b>Rojas Riaño (2009)</b>
<b>MS</b>	15,08%	19,60%
<b>FDN</b>	-	37,30%
<b>PB</b>	19,23%	18,20%
<b>FDA</b>	-	18,20%
<b>MV</b>	16,84 kg/m <sup>2</sup>	-

PB = proteína bruta, FDN = fibra detergente neutro, FDA = fibra detergente ácido, MS = massa seca.  
Fonte: o autor, 2019.

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através dessa revisão bibliográfica mostram que a casca de arroz e o capim napier são substratos que garantem a qualidade nutricional da forragem hidropônica de milho, mas é imprescindível que seja utilizado em conjunto com a solução nutritiva, de acordo com as necessidades da forrageira, para que os nutrientes sejam aproveitados da melhor forma possível pelo bovino leiteiro.

Em relação ao estudo com forragem hidropônica de aveia, o comparativo dos dados obtidos mostra que o uso de substrato garante o aumento de teor nutritivo à forrageira, e conseqüentemente, ao bovino leiteiro.

Sendo assim, a forragem hidropônica tornou-se uma excelente opção de cultivo para alimentação de gado de leite, com vantagens em tempo de cultivo, manejo e custo, mas o conhecimento a respeito de substrato, solução nutritiva e planta a ser utilizada, são fatores essenciais para a garantia do sucesso na prática desse cultivo.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ressalta-se a importância de que haja mais investigação científica em torno dessa temática, com o intuito de elucidar e de tornar público o conhecimento a respeito do teor nutricional da aveia, quando cultivado em hidroponia em diferentes substratos e soluções nutritivas.



## REFERÊNCIAS

- ABIMILHO, Associação Brasileira das Indústrias de Milho. **Oferta e demanda de milho**. [S.l.]: ABIMILHO, 2019.
- AGROTEC, Revista Técnico-Científica Agrícola. **Vacas comem Erva Servida em Tabuleiros - Forragem Hidropônica**. [S.l.]: AGROTEC, 2015.
- AL-KARAKI, Ghazi N.; AL-HASHIMI, M. Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. **International Scholarly Research Network**, p. 1–5, 2012.
- AMORIM, Ana Carolina *et al.* Composição bromatológica e degradabilidade in situ da planta de milho (*Zea mays*) produzida por hidroponia. In: 38 REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais [...]**. Piracicaba, 2001.
- AMORIM, Ana Carolina *et al.* Composição bromatológica e degradabilidade in situ da planta de milho. **Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Zootecnia Tropical**, v. 23, n. 2, p. 105–119, 2005.
- AMORIM, Ana Carolina *et al.* Produção de milho (*Zea mays*) para forragem, através de sistema hidropônico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais [...]**. Viçosa, 2000.
- ANDRADE NETO, C. O. *et al.* Hidroponia forrageira com efluente de filtro anaeróbio. In: 22 CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais [...]**. Joinville, 2003.
- ANDRADE NETO, Cícero Onofre de *et al.* Hidroponia com esgoto tratado - forragem hidropônica de milho. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais [...]**. Natal, 2002.
- ARAÚJO, V. D. S. *et al.* Forragem hidropônica de milho cultivado em bagaço de cana e vinhoto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, n. 3, p. 251–264, 2010.
- ARAÚJO, Vinicius da Silva *et al.* Forragem hidropônica de milho cultivado em bagaço de cana e vinhoto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, n. 3, p. 251–264, 2008.
- BARROS, L. V. **Estratégias de suplementação para fêmeas bovinas de corte em diferentes fases do ciclo reprodutivo**. Tese (Tese de Doutorado) — Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 2012.

BETAGLIA, O. Nutrição mineral de plantas: a contribuição brasileira. **O Agrônomo Campinas**, v. 55, n. 1, 2003.

BEZERRA NETO, Egídio; BARRETO, Levy Paes. **Técnicas de cultivo hidropônico**. Recife: UFRPE, 2000. 48 p.

CAMPÊLO, José Elivalto Guimarães *et al.* Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 36, n. 2, p. 276–281, 2007.

CERRILLO SOTO, María Andrea *et al.* Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. **Interciencia**, v. 37, n. 12, 2012.

COLMENERO, J. J. O.; BRODERICK, G. A. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v. 89, p. 1704–1712, 2006.

CORTEZ, G. E. P.; ARAÚJO, J. A. C. Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia. In: CORTEZ, G. E. P.; ARAÚJO, J. A. C.. Jaboticabal: FUNEP, 2002. cap. Hidroponia.

CRBM1, Conselho Regional de Biomedicina - 1ª Região. **Análises bromatológicas**. [S.l.]: CRBM1, 2019.

CRUZ, Braulio Crisanto Carvalho da *et al.* **Metabolismo Ruminal: pH, N-NH<sub>3</sub>, crescimento e eficiência microbiana**. 117. ed. Londrina: PUBVET, 2010. v. 4.

DOUGLAS, J. S. **Hidroponia: cultura sem terra**. São Paulo: Nobel, 1987.

DUARTE, Jason de Oliveira; MATTOSO, Marcos Joaquina; GARCIA, João Carlos. Árvore do conhecimento: milho, importância socioeconômica. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA**, Brasília, p. 1–2, 2014.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises química de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

ESPINOZA, Freddy *et al.* Uso del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. **Zootecnia Tropical**, Maracay, v. 22, n. 4, p. 303–315, 2004.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Forraje verde hidropónico**. Santiago: FAO, 2001.

FAQUIN, Valdemar. **Nutrição mineral de plantas**. 182 p. Monografia (Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente)

— Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2001. Disponível em: <[http://www.dcs.ufla.br/site/\\_adm/upload/file/pdf/Prof\\_Faquin/Nutricao%20de%20plantas.pdf](http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof_Faquin/Nutricao%20de%20plantas.pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2019.

FEMINO, Maria Helena. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. [S.l.]: Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2007.

FLÔRES, Migacir Trindade Duarte. **Efeito da densidade de semeadura e da idade de colheita na produtividade e na composição bromatológica de milho (*Zea mays*)**. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Universidade de São Paulo, USP, Piracicaba, 2009.

FRAGA, T. M. *et al.* Influência de três variedades de milho (*Zea mays* L.) e dois substratos na produção de forragem hidropônica. **Nucleus Animalium**, v. 1, n. 1, p. 1–12, 2009.

FURLANI, A. M. C. **Nutrição mineral**. In: FURLANI, A. M. C. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. v. 1, cap..

FURLANI, P.R.; BOLONHESII, L.C.P.; FANQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 180 p.

GOI, Léo José *et al.* Tratamentos físicos do grão de aveia branca (*Avena sativa*) na alimentação de bovinos. **Ciência Rural**, v. 28, n. 2, p. 303–307, 1998.

HENRIQUES, E. R. **Manual de produção-forragem hidropônica de milho**. 15 p. — FAZU, Uberaba, 2000.

LANA, R. P. Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades). **Universidade Federal de Viçosa, UFV**, Viçosa, p. 125–140, 2005.

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.

MAGALHÃES, Paulo César *et al.* **Fisiologia do milho**. [S.l.]: EMBRAPA-CNPMS, 2002. 23 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. [S.l.]: Elsevier LTDA., 1995.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 111 p. — Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 2006.

MELO, W. M. C. *et al.* Avaliação de cultivares de milho para a produção de silagem na região de Lavras. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, p. 31–39, 1999.

MORGAN, C. A.; CAMPLING, R. C. Chewing behavior of hay-fed cows given supplements of whole barley and oats grains. **Journal of Agricultural Science**, v. 91, p. 415–418, 1978.

MÜLLER, Liziany *et al.* Forragem hidropônica de milheto: produção e qualidade nutricional em diferentes densidades de semeadura e idades de colheita. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1094–1099, 2006.

MÜLLER, Liziany *et al.* Produção e composição bromatológica da forragem hidropônica de milho, *Zea mays* L., com diferentes densidades de semeadura e datas de colheita. **Zootecnia Trop.**, Maracay, v. 23, n. 2, p. 105–119, 2005.

NRC, National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington: NRC, 1989. 168 p.

NRC, National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington: NRC, 2001. 408 p.

NUSSIO, L. G.; LIMA, M. L. M; MATOS, W. R. S. Caracterização e importância da fibra na alimentação de ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS. **Anais [...]**. Carambei, 2000.

OLIVEIRA, A. C. L. **Forragem hidropônica de milho: alternativa para o desenvolvimento sustentável do agente produtivo**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1998. 18 p.

PAES, Maria Cristina Dias. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 6 p.

PAIVA, V. R. *et al.* Teores proteicos em dietas para vacas holandesas leiteiras em confinamento. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 65, n. 4, p. 1183–1191, 2013.

PAULINO, V. T. *et al.* Crescimento e avaliação químico-bromatológica de milho cultivado em condições hidropônicas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, São Paulo, n. 5, p. 80–90, 2004.

PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. Tecnologia da produção leiteira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GADO LEITEIRO. **Anais [...]**. Piracicaba, 1985. p. 175.

PICCOLO, M. A. *et al.* Produção de forragem verde hidropônica de milho, utilizando substratos orgânicos e água residuária de bovinos. **Revista Ceres**, v. 60, n. 4, p. 544–551, 2013.

PORDOMINGO, A. J. *et al.* Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. **RIA: INTA**, Argentina, v. 31, n. 1, p. 1–22, 2002.

PRIMAVESI, O. *et al.* **Manejo alimentar de bovinos leiteiros e sua relação com produção de metano ruminal**. [S.l.]: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004.

RESH, H. **Hydroponic food productions**. California: Woodbridge Press Publishing Company, 1997. 18 p.

RESTLE, João *et al.* Processamento do grão de aveia para alimentação de vacas de descarte terminadas em confinamento. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 496–503, 2009.

ROCHA, R. J. S. *et al.* Produtividade e composição química da forragem hidropônica de milho em diferentes densidades de semeadura no substrato casca de arroz. **Ver. Científica de Produção Animal**, v. 16, p. 25–31, 2014.

ROJAS RIANÑO, Mauricio. **Evaluación de los parámetros de producción y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de avena y trigo producidos de manera artesanal em el Zoológico de Buin, Chile**. Tese (Doutorado) — Universidad de La Salle Facultad de Ciências Agropecuárias - Programa de Zootecnia, Bogotá, 2009.

RUANO LÓPEZ, Rudi Alberto. **Comparación del rendimiento y valor nutricional de maíz (*Zea mays* L.), avena (*Avena sativa* L.) y sorgo (*Sorghum vulgare* L.) cultivados por hidroponía em San Martín Jilotepeque, Chimaltenango**. Tese (Doutorado) — Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2014.

SANDIA, Sandia Nacional Laboratorios para New México y el Caribe. **Producción de forraje verde hidropónico**. [S.l.: s.n.], 2003.

SANTOS, O. S. *et al.* **Produção de forragem hidropônica de cevada e milho e seu uso na alimentação de cordeiros**. Santa Maria: Informe Técnico, 2004. 8 p.

SAS, Institute Inc. **SAS Software**. North Carolina: SAS, 1999. Version 9.1.

SIGNORETTI, Ricardo Dias *et al.* Avaliação do farelo de gérmen de milho na alimentação de bezerros de raças leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 3, p. 616–622, 1997.

SILVA, Ingrid Trancoso da. **Produção e qualidade de forragem hidropônica de milho crioulo aliança com uso de biofertilizante e diferentes substratos**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Rio de Janeiro, 2017.

SILVA, L. R. F. Produtividade e composição química da forragem hidropônica de milho em diferentes densidades de semeadura no substrato casca de arroz. **Ver. Científica de Produção Animal**, v. 16, p. 25–31, 2014.

SIMIONI, Daniel *et al.* Caracterização química de cariopses de aveia branca. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 18, n. 2, p. 191–196, 2007.

TEIXEIRA, A. S. **Alimentos e alimentação dos animais**. Lavras: FAEPE, 1998. 402 p.

TONISSI, Rafael Henrique de; SILVA, Luiz Henrique Xavier da; SOUZA, Kennyson Alves de. **Alimentos e alimentação animal**. [S.l.]: Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, 2013.

VAN SOEST, Peter J. Van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. [S.l.]: Comstock Pub, 1994. 476 p.

ZUNDT, M. *et al.* Desempenho de cordeiros alimentados com diferentes níveis protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1307–1314, 2002.