



Figura 1 Imersão das sementes durante 24 horas.



Figura 2 Tabuleiros mantidos na ausência de luz durante 72 horas.



Figura 3 Tabuleiros contendo sementes em germinação (8 dias).



Figura 4 Preparação das forragens para análises laboratoriais (10 dias).

ALIMENTAÇÃO | FORRAGENS HIDROPÓNICAS

MILHO VERSUS CEVADA

NUM ENSAIO REALIZADO NA ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DO INSTITUTO POLITÉCNICO DE CASTELO BRANCO (ESACB) NO FINAL DE MAIO, PRETENDEU-SE COMPARAR A QUANTIDADE PRODUZIDA E O VALOR NUTRICIONAL DA TRADICIONAL FORRAGEM HIDROPÓNICA DE CEVADA COM OS RESULTADOS OBTIDOS PARA DUAS POPULAÇÕES DE MILHO.

Por Inês Pitacas⁽¹⁾, José Rodriguez Estribi⁽¹⁾, Carlos Gaspar Reis⁽¹⁾⁽²⁾, António Moitinho Rodrigues⁽¹⁾⁽²⁾

⁽¹⁾Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Castelo Branco; ⁽²⁾CERNAS-IPCB Instituto Politécnico de Castelo Branco Castelo Branco, Portugal

Com o objetivo de manter a produção de leite e melhorar a fertilidade dos animais, desde há muitos anos que os produtores de leite do norte da Europa utilizam forragens hidropónicas na alimentação das suas vacas durante o inverno (Bakshi *et al.*, 2017). No sul da Europa, as forragens hidropónicas também são uma alternativa interessante para satisfazer a procura crescente de forragens nas épocas do ano mais quentes e secas em que há escassez de pastagens verdes.

A forragem verde hidropónica é produzida induzindo a germinação de sementes de gramíneas e/ou leguminosas em tabuleiros, em condições de temperatura, luz e humidade favoráveis, na ausência de solo e durante um curto período de tempo (6 a 8 dias). Pode ser produzida em sistemas tecnologicamente sofisticados, com controlo automático da rega, temperatura, humidade e intensidade luminosa, mas de custo elevado, ou em sistemas de baixo custo com utilização das condições e materiais disponíveis localmente (Bakshi *et al.*, 2017). Normalmente, em ambas as situações, as sementes são desinfetadas numa solução

diluída de hipoclorito de sódio, lavadas em água corrente e depois transferidas para água limpa onde permanecem, para embebição, durante um período de tempo que varia entre 12 e 24 horas. As sementes são depois espalhadas em tabuleiros de plástico com furos para drenagem da água. A quantidade de semente a utilizar para produção de forragem hidropónica de cevada, trigo ou sorgo é de 4-6 kg/m² (Al-Karaki e Al-Momani, 2011) e para forragem de milho é de 6,4-7,6 kg/m² (Naik *et al.*, 2017). Os tabuleiros, que não devem estar expostos a luz solar direta, ao vento e a chuvas fortes, são depois colocados em prateleiras e as sementes são regadas regularmente com água limpa.

As condições ambientais ótimas para a produção de forragem hidropónica incluem temperatura entre 19 e 22°C, humidade entre 40 e 80% (valor ótimo 60%) e luz indireta. Como os tabuleiros podem ser colocados em prateleiras sobrepostas, a produção de forragem hidropónica requer pouco espaço físico e a colheita é realizada poucos dias depois da sementeira. Vários autores referem que o custo das sementes corresponde a 85-90% dos custos totais de produção de forragem hidropónica (Naik,

2014; Jemimah *et al.*, 2015).

Entre as principais vantagens apontadas para a produção de forragem hidropónica salientam-se a elevada palatabilidade, a maior eficiência de utilização da água, a economia de espaço físico, a reduzida utilização de fertilizantes e pesticidas e a diminuição da pegada de carbono (Bakshi *et al.*, 2017; Newell *et al.*, 2021). É possível produzir muita forragem verde com muito pouca área de terra.

Segundo Fazaeli *et al.* (2012) e Putham *et al.* (2013), a maior desvantagem deste sistema de produção é a perda de matéria seca quando se compara a matéria seca (MS) da forragem obtida após um período de crescimento de 6 a 8 dias com a MS inicial das sementes utilizadas. Existe também a possibilidade de desenvolvimento de fungos que podem comprometer a qualidade e a quantidade da forragem produzida.

Como a espécie mais utilizada em Portugal para a produção de forragem hidropónica é a cevada, o objetivo deste trabalho foi testar a produção de uma forragem hidropónica alternativa em condições de baixo custo. O ensaio foi realizado na Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco

(ESACB) no final de maio de 2022. Pretendeu-se comparar a quantidade produzida e o valor nutricional da tradicional forragem hidropónica de cevada com os resultados obtidos para duas populações de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se sementes de cevada (*Hordeum vulgare*), milho híbrido e milho biológico (*Zea mays*) na quantidade de 7,6 kg/m² por população. As sementes não foram desinfetadas, mas foram lavadas em água corrente e colocadas em água limpa para embebição durante um período de 24 horas (Figura 1). Foram depois colocadas em tabuleiros para germinação e mantidas na ausência de luz durante 72 horas (Figura 2). Após aquele período, os tabuleiros com as plântulas foram sujeitos a luz natural indireta (14,4 horas/dia), temperatura média de 25,8°C e humidade relativa média de 39,3% durante 7 dias. Os tabuleiros contendo as sementes em germinação (Figura 3) foram regados diariamente por pulverização com água de composição química conhecida.

Para cada uma das populações foram realizadas três repetições. Após um período de crescimento de 10 dias (3 dias escuridão + 7 dias luz natural), foi avaliada a produção de biomassa e o valor nutricional de cada população (Figura 4). No Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal da ESACB, as sementes utilizadas e as amostras de forragens hidropónicas produzidas foram analisadas para determinação da humidade (%), matéria seca (MS) (%), cinzas (%MS), proteína bruta (PB) (%MS), gordura bruta (GB) (%MS) (AOAC, 2000), fibra em detergente neutro (NDF) (%MS), fibra em detergente ácido (ADF) (%MS), lenhina em detergente ácido (ADL) (%MS), hidratos de carbono não fibrosos (NFC) (%MS), hemicelulose (%MS) e celulose (%MS) (Van Soest *et al.*, 1991). A partir dos valores obtidos em laboratório, foi estimada a energia bruta (EB) (MJ/kgMS), a energia metabolizável (EM) (MJ/kgMS) e a metabolizabilidade (q_m) (ARC, 1980; McDonald *et al.*, 2011). Foram quantificadas as produções de matéria verde (MV) (g/m²) e matéria seca (MS) (g/m²) e os valores na MS/m² dos parâmetros nutricionais analisados.

Para a análise estatística de resultados utilizou-se o programa informático SPSS, a ANOVA para um nível de significância de 0,05 e o Teste de Tukey como teste de comparações múltiplas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de biomassa

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados médios obtidos por m² de forragem hidropónica produzida pelas três populações estudadas. Relativamente à produção de matéria verde por m², a cevada foi a população que apresentou maior produção de matéria verde (26583,4 g/m²) (p<0,05) com um teor em humidade muito elevado (84,6%). Relativamente à produção de matéria seca, os valores mais elevados (p<0,05) verificaram-se no milho híbrido 5010,2 gMS/m² e os valores mais baixos na cevada 4099,0 gMS/m². Ao fim dos 10 dias de ensaio, foi identificada a presença de fungos nas duas forragens de milho (principalmente milho híbrido), mas não na cevada.

A partir dos valores de produção de biomassa obtidos por m² no nosso ensaio (Tabela 1), foi possível estimar a produção de matéria seca por ha das três forragens verdes hidropónicas obtidas em ciclos de produção de 10 dias: cevada 41,0 toneladas de MS/ha; milho biológico 45,6 toneladas de MS/ha; milho híbrido 50,1 toneladas de MS/ha.

Comparando os resultados obtidos neste trabalho com os resultados obtidos por outros autores em ensaios de campo, encontram-se valores de produção de cevada de primavera para silagem com 35% de MS variando entre 10 a 17 toneladas de MS/ha (La Crosse Seed, 2020 e Hofmann, 2018) e de produção de milho para silagem com 33% de MS variando entre 19,1 e 21,1 toneladas de MS/ha (Roth e Heinrichs, 2001) ou 13,8 e 26,9 toneladas de MS/ha (Ucak *et al.*, 2016) em ciclos de produção de 110 dias. Quer com a cevada quer com o milho, as produções de forragens hidropónicas permitem obter, em curtos períodos de tempo, quantidades muito mais elevadas de MS por ha.

Produção de nutrientes

A forragem hidropónica de cevada apresentou produções por m² significativamente mais elevadas de cinzas (146,2 gMS/m²) e de PB (734,3 gMS/m²), enquanto que a forragem de milho híbrido apresentou valores mais elevados de GB (155,5 gMS/m²) e de EM (57,4 MJ/m²) (Tabela 1). Relativamente à metabolizabilidade (q_m), não se encontraram diferenças significativas entre as duas forragens de milho que, no entanto, apresentaram valores mais elevados (p<0,05) relativamente à cevada.

Ao analisarmos os constituintes

da parede celular das três forragens (Tabela 2), verificámos que a cevada hidropónica apresentou produções por m² significativamente mais elevadas de NDF (1792,2 gMS/m²), ADF (837,9 gMS/m²), ADL (140,3 gMS/m²) e celulose (697,5 gMS/m²), enquanto que as duas forragens de milho, biológico e híbrido, apresentaram quantidades mais elevadas de NFC (p<0,05), respetivamente 2533,2 gMS/m² e 2705,4 gMS/m² (Tabela 2).

Tal como referido por alguns autores (Fazaeli *et al.*, 2012 e Putham *et al.*, 2013) e por comparação com os resultados das análises químicas às sementes utilizadas na produção das três forragens hidropónicas, neste ensaio ocorreu uma perda de MS ao fim dos 10 dias de cultura, mais evidente na cevada (-40,7%) e menos evidente no milho híbrido (-27,0%). De acordo com Putnam *et al.* (2013), a perda no teor de MS deve-se à atividade respiratória resultante da utilização dos hidratos de carbono armazenados na semente pelas plântulas no início do seu desenvolvimento, numa altura em que estas ainda não realizam a fotossíntese.

Utilização de forragem hidropónica

Apresentamos agora um exemplo de aplicação prática da utilização de forragem hidropónica na alimentação de novilhos de engorda.

Necessidades nutricionais de um novilho de raças pesadas (ARC, 1980; NRC, 2000):

- características do bovino - peso vivo 400 kg - ganho de peso (GPD) 1,0 kg/dia;
- necessidades por animal - EM 83 MJ/dia; PB 645 g/dia; NDF 3212,8 g/dia; capacidade de ingestão de matéria seca (IMS) 8032 g/dia, consumo de água 42,5 l/dia (temperatura ambiente média 26,6°C).

Analisando o Gráfico 1 (página seguinte), observa-se que a quantidade de forragem hidropónica produzida por m² consegue satisfazer apenas uma parte das necessidades diárias de IMS, EM, NDF e água e uma parte da PB, apenas no caso da forragem de milho biológico. Tendo em conta as necessidades diárias de um novilho de engorda, a quantidade de forragem hidropónica produzida por m² consegue satisfazer entre 51% (cevada) e 62% (milho híbrido) da IMS, entre 50% (cevada) e 69% (milho híbrido) da EM, entre 45% (milho biológico) e 64% (cevada) do NDF e entre 32% (milho híbrido) e 52% (cevada) das necessidades em água. No entanto, relativamente à PB, o consumo da forragem de cevada hidropónica ou de milho híbrido produzido por m² permite

TABELA 1 VALORES MÉDIOS DE PRODUÇÃO DE MATÉRIA VERDE, MATÉRIA SECA E DE ALGUNS NUTRIENTES POR M² DAS TRÊS FORRAGENS HIDROPÔNICAS PRODUZIDAS (VALORES APRESENTADOS EM MATÉRIA SECA)

	Produção verde (g/m ²)	Produção MS (g/m ²)	Cinzas (g/m ²)	PB (g/m ²)	GB (g/m ²)	EM (MJ/m ²)	qm
Cevada	26583,4 ^a	4099,0 ^c	146,2 ^a	734,3 ^a	131,3 ^b	41,3 ^c	0,531 ^b
Milho biológico	20897,4 ^b	4560,0 ^b	84,0 ^c	532,6 ^c	139,7 ^{ab}	51,8 ^b	0,605 ^a
Milho híbrido	18699,3 ^b	5010,2 ^a	110,2 ^b	669,5 ^b	155,5 ^a	57,4 ^a	0,610 ^a

MS – matéria seca; PB – proteína bruta; GB – gordura bruta; EM - energia metabolizável; q_m – metabolizabilidade da energia do alimento (qm =EM/EB); a, b, c – médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatisticamente significativas (p<0,05).

TABELA 2 VALORES MÉDIOS DOS CONSTITUINTES DA PAREDE CELULAR VEGETAL DAS TRÊS FORRAGENS PRODUZIDAS (VALORES APRESENTADOS POR MS DE FORRAGEM PRODUZIDA POR M²)

	NDF (g/m ²)	ADF (g/m ²)	ADL (g/m ²)	NFC (g/m ²)	Hemicelulose (g/m ²)	Celulose (g/m ²)
Cevada	1792,2 ^a	837,9 ^a	140,3 ^a	1294,7 ^b	954,2 ^a	697,5 ^a
Milho biológico	1270,4 ^b	418,1 ^b	49,2 ^c	2533,2 ^a	852,3 ^b	368,8 ^b
Milho híbrido	1369,4 ^b	417,5 ^b	89,1 ^b	2705,4 ^a	951,8 ^a	328,4 ^b

NDF – fibra em detergente neutro; ADF – fibra em detergente ácido; ADL – lenhina em detergente ácido; NFC – hidratos de carbono não fibrosos; a, b, c – médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatisticamente significativas (p<0,05).

ultrapassar as necessidades diárias de proteína em 14% ou 4%, respetivamente.

Considerando os valores que constam do Gráfico 1 para os 3 tipos de forragem verde hidropónica, será necessário suplementar com outros alimentos para satisfazer as necessidades diárias dos novilhos. Como suplementos, poderão ser utilizadas matérias-primas com níveis baixos de proteína, devendo ser utilizados alimentos ricos em glúcidos facilmente fermentescíveis que consigam cobrir 31% a 50% das necessidades em EM e fenos e/ou palhas que consigam cobrir entre 36% e 55% das necessidades de NDF e 49% a 38% da capacidade de IMS. Este ajustamento deverá ser feito com o apoio do nutricionista da exploração.

CONCLUSÕES

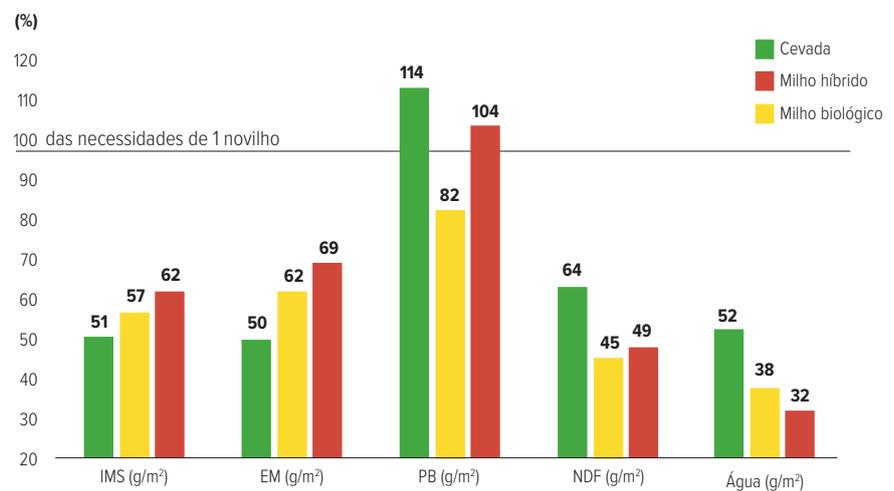
Os valores mais elevados de produção de matéria verde registaram-se na forragem hidropónica de cevada. Contudo, é a forragem hidropónica de milho híbrido que apresenta maior produção de matéria seca por m².

A forragem hidropónica de cevada apresentou produções por m² mais elevadas de cinzas, PB, NDF, ADF, ADL e celulose. Com este tipo de forragem, a quantidade de PB produzida por m² ultrapassou em 14% as necessidades diárias de PB de um novilho de engorda.

A forragem hidropónica de milho híbrido apresentou produções por m² mais elevadas de MS, EM, NFC e q_m superior. A quantidade de PB produzida por m² ultrapassou em 4% as necessidades diárias de PB de um novilho de engorda.

Embora a melhor fonte de proteína tenha sido a forragem hidropónica de cevada, verificou-se que a forragem hidropónica de milho híbrido produziu

GRÁFICO 1 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA PERCENTAGEM DE ALGUNS PARÂMETROS NUTRICIONAIS QUE É COBERTA QUANDO FORNECEMOS A UM NOVILHO DE ENGORDA (400 KG PESO VIVO E 1,0 KG DE GANHO DE PESO DIÁRIO), A QUANTIDADE DE FORRAGEM HIDROPÔNICA DE CEVADA (4099 G MS/M²), DE MILHO BIOLÓGICO (4560 G MS/M²) E DE MILHO HÍBRIDO (5010 G MS/M²) PRODUZIDA POR 1 M²



IMS – ingestão de matéria seca; EM – energia metabolizável; PB – proteína bruta; NDF – fibra em detergente neutro; MS – matéria seca.

por m² maior quantidade de MS, EM e de NFC, apresentou um valor mais elevado de q_m e produziu uma quantidade de PB que ultrapassou em 4% as necessidades de PB de um novilho de engorda. Podemos considerar que, das três populações estudadas, a forragem hidropónica de milho híbrido é a mais equilibrada do ponto de vista nutricional. No entanto, foi a que apresentou maior incidência de fungos ao fim de 10 dias de germinação.

A produção de forragem hidropónica em sistemas de baixo custo pode ser uma técnica interessante para pequenos produtores em alturas do ano em que existe escassez de alimento. Permite ter maior autonomia e disponibilidade para utilizar um complemento forrageiro altamente palatável e nutricionalmente

interessante na formulação de regimes alimentares para ruminantes.

Para a produção de forragem hidropónica deverão ser utilizadas sementes não tratadas com fungicidas ou com outros produtos químicos que possam afetar o bom funcionamento do ecossistema ruminal. ¶

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pelo CERNAS-IPCB, através do Projeto UIDB/00681/2020 financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT).