

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

FARELO DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas L.*) NA ALIMENTAÇÃO DE  
CODORNAS

Autora: Maria Tereza Frageri Paulino  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simara Márcia Marcato  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daiane de Oliveira Grieser

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Fevereiro – 2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

FARELO DE BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas L.*) NA ALIMENTAÇÃO DE  
CODORNAS

Autora: Maria Tereza Frageri Paulino  
Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simara Márcia Marcato  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daiane de Oliveira Grieser

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal”.

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Fevereiro – 2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

P328f

Paulino, Maria Tereza Frageri

Farelo de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) na alimentação de codornas / Maria Tereza Frageri Paulino. -- Maringá, PR, 2021.  
xii, 62 f.: il. color., figs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Simara Marcia Marcato.

Coorientadora: Profa. Dra. Daiane de Oliveira Grieser.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2021.

1. Codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) - Nutrição. 2. Codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*) - Nutrição. 3. Enzimas exógenas. 4. Pigmentantes. I. Marcato, Simara Marcia, orient. II. Grieser, Daiane de Oliveira, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 23.ed. 636.6

Márcia Regina Paiva de Brito - CRB-9/1267



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

FARELO DE BATATA DOCE (*Ipomoea batatas* L.) NA ALIMENTAÇÃO DE  
CODORNAS DE CORTE E POSTURA

Autora: Maria Tereza Frageri Paulino

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Simara Marcia Maarcato

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção Animal

APROVADA em 25 de fevereiro de 2021.

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Tatiana Carlesso dos Santos

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Freitas  
Pinheiro

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Simara Marcia Maarcato

Orientadora

Aos meus pais, Geny Frageri Paulino e Jurandir França Paulino, em especial a minha mãe Geny Frageri, que sempre fez o possível para que eu fosse em busca dos meus sonhos, acreditando comigo mesmo quando ninguém o fez, e se eu estou concluindo mais essa etapa, eu devo isto a ela.

Ao meu irmão Jurandir França Paulino Junior, cunhada Jocilene L. Bach, e sobrinhas Isabela e Catarina B. F. F. Paulino.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais Geny Frageri e Jurandir F. Paulino por todo apoio e incentivo.

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Simara Márcia Marcato, pelos ensinamentos, amizade e compreensão.

A minha coorientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Daiane de Oliveira Grieser, por sempre se disponibilizar a ajudar e por todo apoio.

A Universidade Estadual de Maringá, Fazenda Experimental de Iguatemi e Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pelo suporte a realização desse trabalho.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A VICAMI, pela doação das codornas de postura.

Ao Grupo de Estudos em Nutrição de Codornas (GENCO): Mariani Benites, Marcos Barbosa, Débora Aquino, Diogo Pinaffi, Karina Maia, Sabrina Cruz, Felipe Augusto, Julia Jacomini, por dedicarem tempo e esforços neste trabalho que não seria realizado sem vocês.

Aos técnicos do laboratório de pesquisa de alimentos e laboratório de nutrição animal (LANA) do departamento de Zootecnia, Dr. Osvaldo Pezoti Junior e Dr. Ulisses Zonta de Melo.

Aos amigos e colegas Daniele Ortiz, Dayane Zimmermann, Mariana Gil, Guilherme Henrique, Adriana Dourado, Amanda Dourado e Andressa Dourado e aos demais que contribuíram de alguma maneira para que essa caminhada fosse mais animada e por me apoiarem nos momentos difíceis.

A todos que de alguma maneira contribuíram de forma direta ou indiretamente, minha eterna gratidão.

## BIOGRAFIA

Maria Tereza Frageri Paulino, filha de Geny Frageri Paulino e Jurandir França Paulino, nascida em Maringá, Paraná, em 19 de dezembro de 1995. Em 2014, ingressou no curso de graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá. Em março de 2019, iniciou no programa de Pós-Graduação em Zootecnia, a nível de mestrado na Universidade Estadual de Maringá, tendo com orientadora a Professora Doutora Simara Márcia Marcato, concentrando seus estudos na área de Produção Animal (nutrição de monogástricos). Submeteu-se a banca examinadora em fevereiro de 2021.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	x
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xii
I - INTRODUÇÃO .....	1
1.2 Revisão de literatura .....	2
1.2.1 Histórico da coturnicultura no Brasil.....	2
1.2.2 Batata-doce ( <i>Ipomoea batatas L.</i> ) e sua utilização na alimentação animal.....	4
1.2.3 Uso de aditivos na alimentação de animais monogástricos.....	8
1.2.4 Xilanase .....	10
1.2.5 Cofator enzimático argilomineral montmorilonita e extrato de algas ( <i>Ulva lactuca</i> e <i>Solieria chordalis</i> ) .....	11
1.2.6 Extrato de flor de Marigold ( <i>Tagetes erecta L.</i> ).....	14
1.2.7 Considerações gerais .....	15
1.3 Referências bibliográficas .....	15
II - OBJETIVOS GERAIS .....	24
2.1 Objetivos específicos .....	24
III - FARELO DE BATATA-DOCE EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO E USO DE ADITIVOS EXÓGENOS EM DIETA DE CODORNAS DE CORTE DE 1 A 35 DIAS DE IDADE. <sup>1</sup> .....	25
3.1 Introdução.....	27
3.2 Materiais e métodos.....	28
3.2.1 Instalações, delineamento e dietas experimentais .....	28
3.2.2 Desempenho produtivo.....	32
3.2.3 Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado.....	32
3.2.3 Composição química corporal, taxa de deposição de proteína e gordura e energia retida na carcaça .....	32
3.2.4 Rendimento de carcaça.....	33
3.2.5 Análise da viabilidade econômica .....	33
3.3 Análise estatística .....	34
3.4 Resultados e discussão .....	34
3.4.1 Desempenho produtivo.....	34
3.4.2 Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado.....	37
3.4.3 Composição química corporal, taxa de deposição de proteína e gordura e energia retida na carcaça .....	39
3.4.4 Rendimento de carcaça.....	40



3.4.5 Análise da viabilidade econômica .....	40
3.5 Conclusão .....	41
3.6 Referências bibliográficas .....	41
IV FARELO DE BATATA-DOCE EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO NA DIETA DE CODORNAS ( <i>Coturnix coturnix japonica</i> ) EM FASE DE POSTURA <sup>2</sup> .....	44
4.1 Introdução .....	46
4.2 Materiais e métodos .....	47
4.2.1 Instalações, delineamento e dietas experimentais .....	47
4.2.2 Desempenho produtivo .....	51
4.2.3 Qualidade dos ovos .....	51
4.2.3 Análise da viabilidade econômica .....	52
4.3 Análise estatística .....	52
4.4 Resultados e discussão .....	53
4.4.1 Qualidade de ovos .....	53
4.4.2 Desempenho produtivo .....	56
4.4.3 Viabilidade econômica .....	59
4.6 Conclusão .....	59
4.7 Referências bibliográficas .....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo dos principais componentes nutricionais entre o farelo de batata-doce e o milho e a diferença entre ambos de acordo com Rostagno et al. (2017)..... 8

### III - FARELO DE BATATA-DOCE EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO E USO DE ADITIVOS EXÓGENOS EM DIETA DE CODORNAS DE CORTE DE 1 A 35 DIAS DE IDADE.....25

Tabela 1: Composição centesimal e calculada das rações experimentais para codornas de corte na fase de cria (1 a 14 dias de idade)..... 30

Tabela 2: Composição centesimal e calculada das rações experimentais para codornas de corte na fase de recria (15 a 35 dias de idade)..... 31

Tabela 3: Desempenho produtivo de codornas de corte, de 1 a 14, 15 a 35 e 1 a 35 dias de idade, em função dos diferentes tratamentos. .... 35

Tabela 4: Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado de codornas de corte, de 1-14 e 15-35 dias de idade, em função dos diferentes tratamentos. .... 38

Tabela 5: Composição química corporal, taxa de deposição corporal (proteína e gordura) e energia retida na carcaça de codornas de corte, de 1 a 14 e 15 a 35 dias de idade, em função dos diferentes tratamentos. .... 39

Tabela 6: Custo das rações para as fases de cria e recria, em função dos diferentes tratamentos. .... 41

### IV FARELO DE BATATA-DOCE EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO NA DIETA DE CODORNAS (*Coturnix coturnix japonica*) EM FASE DE POSTURA <sup>2</sup> .....44

Tabela 1: Composição centesimal das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura. .... 49

Tabela 2: Composição calculada das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura. .... 50

Tabela 3: Qualidade de ovos de codornas japonesas, em função dos níveis de farelo de batata-doce e luteína fornecidos nas dietas de codornas japonesas em postura de 100 a 163 dias de idade. .... 55

Tabela 4: Desempenho médio de codornas japonesas em postura, em função dos níveis de farelo de batata-doce e de luteína fornecidos nas dietas. .... 58

Tabela 5: Custo das rações para as codornas em fase de postura, em função dos diferentes tratamentos. .... 59

## RESUMO

As sobras de batata-doce que não são vendáveis para consumo humano muitas vezes são descartadas, visando esta problemática foram realizados dois experimentos com objetivo de avaliar a substituição de farelo de batata-doce ao milho para codornas de corte e postura. No primeiro experimento, objetivou-se avaliar a substituição de farelo de batata-doce (FBD) ao milho e a inclusão de dois aditivos exógenos (enzima xilanase e cofator enzimático de argilomineral montmorilonita e extrato de algas (*Ulva lactuda* e *Solieria chordalis*)) na alimentação de codornas de corte sobre o desempenho, composição corporal, rendimento de carcaça e peso de órgãos e viabilidade econômica. Foram utilizadas o total de 400 codornas de corte europeias, não sexadas, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso com 4 tratamentos (T1: controle - ração referência; T2: 10% de FBD; T3: 10% de FBD + cofator enzimático argilomineral montmorilonita e extrato de algas (*Ulva lactuda* e *Solieria chordalis*) (FBDce); T4: 10% FBD + xilanase (FBDxi)) com 5 repetições e 20 codornas por unidade experimental, e foi avaliado as duas fases de criação cria (1 a 14 dias) e recria (15 a 35 dias de idade das codornas). Não foram observadas diferenças para as características avaliadas, exceto para o tratamento FBDce que para o período de recria apresentou pior conversão alimentar e menor ganho de peso quando comparado aos demais tratamentos. Concluindo que o farelo de batata-doce pode ser substituído em 10% ao milho na fase de recria sem interferir no desempenho das codornas e com maior aproveitamento econômico, e a utilização de aditivos exógenos (xilanase e cofator enzimático), não demonstrou ser efetiva nas dietas de codornas de corte nas fases de cria e recria. O segundo experimento teve como objetivo avaliar a substituição do FBD ao milho com ou sem a adição de pigmentante natural (flor de marigold) em dietas de codornas japonesas de postura sobre desempenho, qualidade dos ovos e viabilidade econômica. Foram utilizadas 324 codornas fêmeas da linhagem Vicami®, dos 100 aos 163 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2x4 mais um, sendo dois níveis de luteína (LUT) (0 e 5 ppm) e quatro níveis de FBD (8; 16; 24 e 32 %) mais um grupo controle sem adição de pigmentantes e farelo, com 6 repetições e com 6 aves por unidade experimental. Foi avaliado o desempenho produtivo das aves (peso corporal, consumo de ração e conversão alimentar por quilo de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos, taxa de postura, massa de ovos) durante três períodos de 21 dias cada, sendo a qualidade dos ovos também realizada ao final de cada período, em que se mensurou: peso médio

dos ovos, peso específico, unidade Haugh, índice de gema e albúmen, porcentagem de casca, de gema e de albúmen, espessura da casca e cor da gema. Não foi observado diferenças significativas entre os nove tratamentos para as variáveis de desempenho e qualidade dos ovos, para a viabilidade econômica, o tratamento com 32% de substituição ao FBD sem a adição de LUT, mostrou ser o mais vantajoso. O farelo de batata-doce pode ser incluído nas dietas de codornas japonesas em fase de postura em até 32% sem a necessidade da adição de pigmentantes, por apresentar melhor viabilidade econômica e por não afetar o desempenho e qualidade dos ovos.

**Palavras-chave:** codornas de corte e postura, custo de produção, enzimas, pigmentante natural

## SWEET POTATO BRAN (*Ipomoea batatas L.*) IN QUAIL FEEDING

### ABSTRACT

Leftover sweet potatoes that are not used for human consumption are often discarded, considering this problem two experiments were carried out in order to evaluate the substitution of corn by sweet potato bran (SPB) for meat and laying quails. In the first experiment, the objective was to evaluate the substitution of corn by SPB and the inclusion of two exogenous additives (xylanase enzyme and montmorillonite clay enzyme cofactor and algae extract (*Ulva lactuda* and *Solieria chordalis*)) in the feeding of meat quails on performance, body composition, carcass yield and organ weight. A total of 400 European-meat quails were used, not sexed, distributed in a completely randomized design with 4 treatments (T1: control - reference ration; T2: 10% SPB; T3: 10% SPB + montmorillonite clay enzyme cofactor and algae extract (*Ulva lactuda* and *Solieria chordalis*) (SPBce); T4: 10% SPB + xylanase (SPBxi)). with 5 replications and 20 quails per experimental unit, where the two phases of creation were evaluated initial (1 to 14 days) and rearing (15 to 35 days of age). No differences were observed for the characteristics evaluated, except for SPBce treatment, which for rearing period showed a worse feed conversion and less weight gain when compared to other treatments. Concluding that sweet potato bran can substitute 10% of corn in the rearing phase without interfering in quails' performance and with higher economic use, and the use of exogenous additives (xylanase and enzymatic cofactor), has not shown to be effective in meat quail diets in the initial and rearing stages. The second experiment had the objective to evaluate the replacement of corn by SPB with or without the addition of natural pigment (marigold flower) in diets of Japanese laying quails on performance, egg quality and economic viability. A total of 324 female Vicami® quails, from 45 to 120 days old, were used, distributed in a completely randomized design, in factorial scheme 2x4 plus one, with two levels of lutein (LUT) (0 and 5 ppm) and four levels of sweet potato bran (SPB) (8; 16; 24 and 32%), another control group without addition of pigments and bran, with 6 replicates and 6 birds per experimental unit The productive performance of birds was evaluated (body weight, feed intake and feed conversion per kilo of eggs, feed

conversion per dozen eggs, laying rate, egg mass) during three periods of 21 days each, the eggs quality were also carried out at the end of each period, where it was measured: average egg weight, specific weight, Haugh unit, yolk and albumen index, shell, yolk and albumen percentage, shell thickness and yolk color. No significant differences were observed between the nine treatments for performance and egg quality variables, however for economic viability, the treatment with 32% substitution of SPB proved to be the most advantageous. Sweet potato bran can be included in diets of Japanese quails in the laying phase by up to 32% without the need to add pigments, as it has better economic viability and does not affect the performance and eggs quality.

Keywords: meat and laying quails, cost of production, enzymes, natural pigmentation

## I - INTRODUÇÃO

A competitividade do mercado de alimentos e o seu constante crescimento faz com que a procura por alimentos alternativos para substituir os comumente utilizados na alimentação, seja frequente, como é o caso do farelo de batata-doce (*Ipomea batatas L.*), que tem sido estudado e utilizado nas dietas para animais monogástricos, por seu alto valor de energia e fibra (Parente et al., 2014). A inclusão do mesmo em dietas para codornas de corte e postura tem a finalidade de minimizar os custos de produção, mais especificamente os custos com a alimentação, sendo que o seu uso também pode ser viável quando há a escassez dos ingredientes energéticos comumente utilizados no mercado, como por exemplo, o milho.

Entretanto, a fim de formular as dietas de forma adequada e que esta atenda as exigências nutricionais dos animais é imprescindível conhecer as características nutritivas dos ingredientes, dentre os quais, sua composição química, digestibilidade e metabolizabilidade dos nutrientes, fatores antinutricionais, toxidez e, principalmente, o valor de energia metabolizável (Bahule et al., 2018).

Apesar de o farelo de batata-doce ser uma fonte energética viável para a substituição ao milho, em sua caracterização bromatológica há a presença de aproximadamente 0,96% a mais de fibra bruta e, também é caracterizado pela presença de polissacarídeos não amiláceos (PNA's), que dependendo da sua concentração é considerado fator antinutricional tendo em vista que pode aumentar a viscosidade intestinal, diminuindo a digestibilidade dos nutrientes (Waramboi et al., 2011).

Ingredientes que apresentam alto teor de PNA'S, por apresentarem as fibras (que envolvem os nutrientes de alguns alimentos), necessitam de enzimas durante a fase de digestão, contudo as aves não são capazes de sintetizá-las, havendo dificuldade durante este processo além de dificultar a ação de enzimas endógenas, como amilase e protease (Campestrini et al., 2005). Por isso, o uso de enzimas exógenas e cofatores enzimáticos se tornam importantes, uma vez que tendem a melhorar o aproveitamento nutricional do alimento e promover melhor desempenho dos animais (Costa et al., 2011).

Com isso, ao estudar alguns alimentos alternativos que apresentem PNA's, os pesquisadores da área também visam estudar a suplementação de enzimas exógenas na alimentação das aves, pois, estas podem atuar na melhoria da digestibilidade das dietas, ou seja, os animais aproveitam melhor os nutrientes e isso atua de forma benéfica no desempenho produtivo (Choct, 2001). Essas enzimas também podem promover redução

da poluição ambiental causada por alguns minerais, dentre eles: fósforo, nitrogênio, cobre e zinco que podem ser encontrados nas excretas (Campestrini et al., 2005).

E, embora trabalhos comprovem a eficiência da inclusão de farelo de batata-doce na alimentação de aves, dados contraditórios são encontrados na literatura, uma vez que os valores nutricionais podem variar de acordo com a qualidade do farelo, o período de secagem e a armazenagem desse composto, além dos resultados variarem também em relação ao tipo de análises laboratoriais realizada pelos pesquisadores (Nunes et al., 2013).

Com base nessas informações, o objetivo do experimento um foi avaliar a substituição de farelo de batata-doce ao milho e a inclusão de dois aditivos exógenos (enzima xilanase e cofator enzimático de argilomineral montmorilonita e extrato de algas (*Ulva lactuda* e *Solieria chordalis*)) na alimentação de codornas de corte sobre o desempenho, composição corporal, rendimento de carcaça e peso de órgãos. E, no experimento dois foi avaliar a substituição do farelo de batata-doce ao milho com ou sem a adição de pigmentante natural (flor de marigold) em dietas de codornas japonesas de postura sobre desempenho e qualidade dos ovos.

## 1.2 Revisão de literatura

### 1.2.1 Histórico da coturnicultura no Brasil

A coturnicultura (termo designado para a produção de codornas), é um ramo da avicultura, em que as codornas são confinadas com a finalidade de abate ou produção de ovos, possuem origem no norte da África, na Europa e na Ásia, sendo criadas primeiramente na China e Coreia e posteriormente no Japão, principalmente por indivíduos que apreciavam o seu canto. A chegada no Brasil de codornas domesticadas foi estimada em meados de 1959, sendo introduzida por imigrantes italianos e japoneses (Pastore et al., 2012).

Entre as décadas de 1960 a 1980, a atividade de produção de ovos e carne que até então era considerada de subsistência, obteve rápida ascensão no consumo, principalmente dos ovos de codorna, sendo que este aumento foi atribuído em partes a criação de uma música de Severino Ramos (“ovo de codorna”), que relatava as propriedades afrodisíacas do alimento, sendo posteriormente desmistificada, e também pelos investimentos em seleção das codornas e qualidade do produto (Pastore et al., 2012; Bertechini, 2010).

A produção comercial de codornas teve início de fato em 1989, quando uma grande empresa implanta o primeiro criatório desta ave no Sul do Brasil, comercializando carcaças congeladas, sendo também a primeira a obter o SIF (selo de inspeção federal), para a industrialização (Costa, 2007).

No ano de 2001, o efetivo de cabeças no Brasil já era de aproximadamente de 6,045 milhões de cabeça com produção de ovos de 93,3 milhões de dúzias, sendo as pesquisas de inovação e discussões sobre a temática fomentadas pelo primeiro congresso internacional ocorrido em 2002. Com isso, houve procura de proprietários de granjas, empresas e produtores interessados em aderir ao negócio (Bordin, 2011). Desta maneira, o número de unidades de aves e produção de ovos aumentou de forma significativa com o passar dos anos até 2015.

A produção de codornas e ovos bateu seu recorde em 2015 com 21,99 milhões de cabeças e 447,47 milhões de dúzia de ovos produzidas, entretanto no ano seguinte (2016), observou-se queda de 20,4% e 28,6%, respectivamente. Esta queda pode ser explicada pela perda de poder aquisitivo da população que provocou a redução da demanda por ovos e carne, além disso, problemas na atividade a campo como: êxodo rural, falta de dados zootécnicos e problemas sanitários também contribuíram para a queda (Beck, 2017).

No ano de 2017, o setor voltou a crescer com a finalidade de recuperar e até ultrapassar os índices de produção do ano de 2015, para isso medidas como: maior controle dos dados zootécnicos no campo, manejo estratégico, marketing diferencial, uso de novas tecnologias e conquista de novos mercados, devem ser fatores que ajudarão a alavancar a atividade novamente (Beck, 2018).

A coturnicultura tem apresentado um desenvolvimento bastante acentuado nos últimos anos, no qual a atividade, tida como de “fundo de quintal” e de subsistência, passou a ser considerada altamente tecnificada, com resultados promissores aos produtores, mesmo com a pandemia (Covid-19) de 2020 que abalou o setor por conta da dificuldade de escoamento dos produtos (principalmente ovos em conserva), por causa do *lockdown* em muitas cidades brasileiras, fazendo com que o consumo de ovos caísse (Bertechini e Silva 2020), a coturnicultura vem se reestabelecendo atingindo a marca de 17,4 milhões de aves no território brasileiro (IBGE, 2020).

O crescimento da atividade é devido a ave possuir um manejo fácil, tendo em vista que as codornas não necessitam de muito espaço para alojamento, possuem consumo baixo de ração, maturidade sexual precoce, alta taxa de crescimento e rapidez de



terminação (codornas de corte) caracterizam as codornas como ótima alternativa para a produção, além de ser um produto de ótima qualidade nutricional tanto os ovos quanto a carne (Petrolli et al., 2011).

No Brasil a produção de carne e ovos se concentra principalmente na região Sudeste com 75,7% e 79,8% do total nacional, respectivamente, sendo que o Espírito Santo é o estado que apresentou maior produção aproximadamente 81,7 milhões de dúzias em 2019, sendo equivalente a 25,9% da produção do país, destacando-se o município de Santa Maria de Jetibá (ES), que no ranking municipal ocupa o primeiro lugar, tanto na produção de ovos (77,1 milhões de dúzias) quanto no efetivo de cabeças (3,7 milhões) (IBGE, 2020).

Na região Sul, o estado de Santa Catarina representa o segundo estado com maior efetivo de codornas, que juntamente com São Paulo detêm 57,7% da produção nacional, e como Santa Catarina não está entre os cinco maiores produtores de ovos de codorna (1º Espírito Santo; 2º São Paulo; 3º Minas Gerais; 4º Paraná; 5º Rio Grande do Sul), tem-se que a produção do estado seja mais voltada para o abate e comercialização da carne, contando com empresas como a Good alimentos que possui em sua estrutura o maior frigorífico do Brasil com capacidade produtiva de até 75 toneladas/abatidas/mês e também a Villa Germania que é líder nacional no abate de patos mas que também conta com o abate de codornas. Os cinco estados maiores produtores de ovos detêm juntos 86% da produção de ovos do país.

### 1.2.2 Batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) e sua utilização na alimentação animal

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma espécie pertencente à família *Convolvulaceae*, que é caracterizada por espécies herbáceas e lenhosas, sendo bem distribuídas por várias latitudes temperadas e tropicais, e é originária das Américas Central e do Sul. Há relatos de sua utilização há mais de dez mil anos com base em perícias de batatas secas encontradas em cavernas localizadas no vale de Chilca Canyon, no Peru e em evidências arqueológicas encontradas na região ocupada pelos Maias na América Central (Woolfe, 1992).

Anatomicamente a batata-doce possui caule herbáceo de hábito prostrado, com variações em questão de ramificações de tamanho, cor e pilosidade, apresentam folhas largas, com formato, cor e recortes variáveis, com pecíolo longo, apresentam flores

hermafroditas, que faz com que apresente o sistema reprodutivo por polinização cruzada, favorecendo a alogamia (fecundação de uma flor pelo pólen de outra) (Moreira e Bragança, 2011).

Da fertilização da flor à deiscência do fruto ocorrem em seis semanas. É uma planta caracterizada por possuir dois tipos de raízes, no qual uma é de reserva ou tuberosa, que constitui a principal parte de interesse comercial e a outra raiz absorvente, responsável pela absorção de água e extração de nutrientes do solo. As raízes tuberosas se formam desde o início do desenvolvimento da planta, por tanto são facilmente identificadas pela maior espessura, pela pouca presença de raízes secundárias e por se originarem dos nós. As raízes absorventes são abundantes e altamente ramificadas, favorecendo a absorção de nutrientes (EMBRAPA, 2008).

As raízes tuberosas que são as batatas propriamente dita, são identificadas por apresentarem cinco ou seis feixes de vasos, enquanto as raízes absorventes apresentam cinco feixes. As batatas são revestidas por uma pele fina, formada por poucas camadas de células, uma camada de aproximadamente 2 mm denominada de casca e a parte central denominada de polpa. A pele se destaca facilmente da casca, mas a divisão entre a casca e a polpa nem sempre é nítida e facilmente separável, dependendo da variedade, do estágio vegetativo da planta e do tempo que o tubérculo foi armazenado pós-colheita (EMBRAPA, 2008).

A cultura se adapta melhor em áreas tropicais e nessas regiões, constitui alimento humano de bom conteúdo nutricional, principalmente como fonte de energia. É considerada uma cultura rústica por ser de fácil cultivo, por permitir uma colheita prolongada, ser protetora do solo, ser mecanizável, por apresentar pouca resposta à aplicação de fertilizantes, por crescer em solos pobres e degradados. A cultura da batata-doce é resistente à seca, ou seja, possui certa resistência ao estresse hídrico, sendo que os primeiros 20 dias do estabelecimento da cultura são os mais críticos e requer maiores cuidados para que ocorra a sua devida implantação (enraizamento) (Miranda et al., 1995).

A produção mundial da batata-doce em 2018, foi de quase 92 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 8,06 milhões de hectares, apresentando a produtividade média de 11,40 t/ha-1. Os países em desenvolvimento são os maiores produtores, tendo o continente Asiático e Africano como principais continentes produtores. A China é o principal produtor mundial, com quase 76% da produção mundial e produtividade média de 21,3 t/ha-1 (FAO, 2018).

No Brasil, de acordo com o IBGE (2019), foram produzidas 804.412 mil toneladas e as principais regiões produtoras são o Nordeste, Sul e Sudeste, tendo em média 43,61%, 30,79% e 23,18%, respectivamente, de toda produção do País em 2019. O Rio Grande do Sul é o maior produtor, com 12.779 hectares destinados a essa atividade, com rendimento de 175.060 toneladas, seguido por São Paulo (149.085 t), Ceara (71.916 t), Paraná (61.043 t) e Rio Grande do Norte (48.186 t).

Vários são os cultivares encontrados no território brasileiro sendo que muitos já se tornaram obsoletos por não atingirem mais a produção média esperada, os cultivares mais populares entre os produtores são as batatas-doces BRS Amelia, Beauregard, Brazlandia roxa, Brazlandia branca, BRS rubissol, BRS cuia, no qual se diferem pela produtividade potencial, ciclo, exigências climáticas, porte e arquitetura da planta, formato e coloração das raízes, resistência a pragas e doenças, exigência nutricional e em tratos culturais. Existe também variações na coloração da polpa (branca, creme, amarela, laranja e roxa); na coloração da película externa (branca, creme, amarela, laranja, rosa, vermelha e roxa); formato da raiz (oblonga, obovada, ovada, longa irregular, longa elíptica, longa oblonga, redonda, redonda elíptica e elíptica); formato e cor das folhas. (EMBRAPA, 2008)

Na alimentação animal a batata-doce pode ser utilizada na dieta de bovinos, suínos, aves e outros animais domésticos, isso porque suas raízes apresentam elevada concentração de energia. A parte aérea da planta possui quantidade considerável de proteína bruta e uma boa digestibilidade, sendo usada principalmente na alimentação de gado leiteiro tanto na forma *in natura* quanto na forma de silagem (Figueiredo et al., 2012). Anualmente, a cerca de 30 a 50 milhões de toneladas de batata-doce são utilizadas na alimentação animal tanto para animais monogástricos quanto para ruminantes. No entanto, nos países onde a utilização da batata-doce para animais é comum, definiu-se que as raízes com padrão comercial são destinadas a alimentação humana e as raízes que apresentam deformidades bem como a parte aérea da planta são para a alimentação animal (Moreira, 2016).

A batata-doce também pode ser fornecida para os animais na forma de farelo, considerado excelente complemento alimentar energético, sendo a técnica de processamento exemplificada na Figura 1 (Maino et al., 2019).

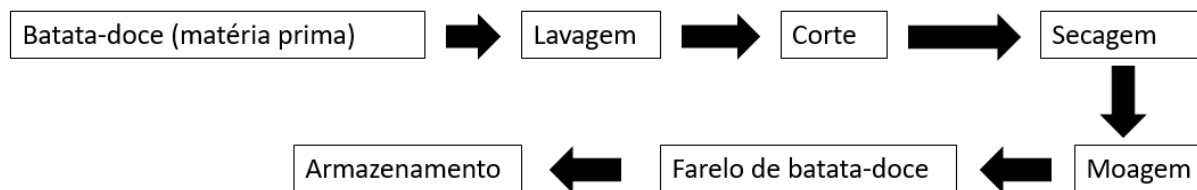


Figura 1: Fluxograma do processo de produção do FBD. (Fonte: autora, 2021).

Pesquisadores relatam que a forma como a batata-doce é processada pode modificar a qualidade do amido, sendo sugerida a necessidade de pré-cozimento antes da secagem e fabricação da farinha, procedimento que segundo eles, proporciona maior aproveitamento do amido da batata-doce (Set'le et al., 2012).

Já Glatz (2013) não observou diferenças significativas ao usar as duas formas de processamento da batata em rações de frangos de corte, em que houve dois tratamentos um com pré-cozimento e outra sem pré-cozimento, ambas posteriormente trituradas e secas ao sol.

Pandi et al. (2016) referem que o processamento influencia nas quantidades que o farelo de batata-doce pode ser incluído nas dietas de monogástricos e inclusões de até 30% são viáveis desde que o processamento seja correto.

De acordo com a Tabela 1, o farelo de batata-doce pode ser uma alternativa viável para a substituição ao milho, tendo em vista que o milho é a matéria-prima para as formulações de rações e por se tratar de uma *commodity* o seu custo pode variar de acordo com as oscilações do mercado internacional e de acordo com a época de colheita, armazenagem do grão, entre outros. Geralmente, o milho constitui a cerca de 60% dos ingredientes na dieta, e seu preço elevado aumentará conseqüentemente o custo de produção animal.

Tabela 1: Comparativo dos principais componentes nutricionais entre o farelo de batata-doce e o milho e a diferença entre ambos de acordo com Rostagno et al. (2017).

Principais componentes	Farelo de batata-doce	Milho	Diferença (%)
Matéria seca (%)	89,20	88,90	0,30
Proteína bruta (%)	4,00	7,86	-3,86
Amido (%)	62,90	63,40	-0,50
Fibra Bruta (%)	2,69	1,73	0,96
FDN (%)	8,80	13,80	-5,00
FDA (%)	3,60	3,16	0,44
Energia bruta (kcal/kg)	3875	3901	-26,00
Energia metabolizável (kcal/kg)	2706	3364	-658,00
Metionina (%)	0,05	0,16	-0,11
Met + cis (%)	0,06	0,33	-0,27
Lisina (%)	0,13	0,23	-0,10
Treonina (%)	0,16	0,31	-0,15
Triptofano (%)	0,05	0,06	-0,01
Arginina (%)	0,13	0,37	-0,24
Valina (%)	0,19	0,36	-0,17
Isoleucina (%)	0,15	0,26	-0,11
Leucina (%)	0,18	0,95	-0,77

FDN: Fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido.

### 1.2.3 Uso de aditivos na alimentação de animais monogástricos

Entende-se como aditivo toda substância, microrganismo ou produto industrial, que é acrescentado intencionalmente e que tem como finalidade: conservar, intensificar ou modificar suas propriedades indesejáveis, sem afetar o desempenho animal, que não é utilizado normalmente como ingrediente e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos de origem animal, bem como seu desempenho a campo, sendo normatizado pela IN 13/04 (Brasil, 2004a).

Na alimentação das aves os aditivos são utilizados com o intuito de aumentar as taxas de crescimento bem como diminuir a taxa de mortalidade, melhorar a saúde do trato digestivo e a eficiência alimentar, diminuir o gasto energético, reduzir as cargas

patogênicas e a produção de dejetos, além de proporcionar aumento da digestibilidade de ingredientes alternativos que apresentam menor custo (Bellaver, 2005).

De acordo com Menten e Loddi (2002), os aditivos devem atuar de maneira efetiva e econômica, ser atuante em pequenas quantidades, não proporcionar competição por sítios de ligação com outras substâncias da alimentação, e devem garantir a manutenção da microbiota gastrintestinal normal e benéfica, não serem considerados tóxicos, não promoverem mudanças a nível celular e nem efeitos nocivos ao meio ambiente.

Atualmente, uma das problemáticas da avicultura mundial é reduzir o custo de produção e melhorar o rendimento industrial, desta forma, o uso de enzimas exógenas nas dietas das aves tem sido muito estudado e com utilização crescente entre os produtores (Borges et al., 2012). Essas enzimas são classificadas como aditivos zootécnicos, pertencentes ao grupo funcional dos aditivos zootécnicos digestivos, estando voltada principalmente para a melhoria do processo de digestão e absorção de nutrientes, sendo que estas podem ser utilizadas pois, não representam ameaça para os animais ou para os consumidores, uma vez que já existem no trato digestivo, como por exemplo as proteases, amilases, lipases entre outros (Araujo et al., 2007).

Dois maneiras podem ser adotadas pelos nutricionistas e profissionais da área no que se refere a utilização das enzimas na alimentação das aves. A primeira, menos complexa é chamada de adição *on top*, que consiste em acrescentar o complexo enzimático a uma formulação já existente, estando esta já formulada para atender às exigências nutricionais dos animais, com o intuito de melhorar a eficiência, o desempenho e o custo do produto final. A segunda opção é modificar a formulação alimentar, de modo a promover a redução nos níveis nutricionais (Gewehr et al., 2014). A adição de enzimas exógenas tende a melhorar o aproveitamento nutricional do alimento e promover desempenho melhor dos animais. Com isso, a produção é a mesma, porém os custos alimentares são reduzidos, mesmo quando o custo da enzima for incluído (Costa et al., 2011).

A maioria das enzimas exógenas são provenientes da fermentação de bactérias (*Bacillus sp.*) e fungos (*Aspergillus sp.* e *Trichoderma sp.*), mas, também podem derivar de fontes animais ou vegetais. A atividade catalisadora de uma enzima, ou seja, a velocidade com que ela aumenta as reações, é específica para um determinado substrato e reação. Desta forma, as enzimas são classificadas de acordo com o substrato com que reage (amilase, protease, fitase, xilanase, entre outros). As enzimas possuem alta especificidade catalítica que as tornam diferentes dos outros catalisadores, e a sua

especificidade pode ser relativa ou absoluta, ou seja, possui atuação sobre um grupo de substâncias semelhantes quimicamente ou sobre um único substrato (Mendes, 2015).

A enzima combina com o substrato e forma o complexo enzima-substrato, que resulta do estabelecimento de ligações entre o centro ativo da enzima e os grupos químicos da superfície da molécula de substrato. Depois de catalisar uma reação, as enzimas se separam dos produtos e ficam disponíveis para uma nova reação (Campestrini et al., 2005).

Alguns pesquisadores sugerem que as enzimas exógenas devem ser usadas somente em casos quando as aves não sejam capazes de sintetizá-las, porém Wenk (2002) estudando a suplementação de enzimas exógenas relata que esta pode melhorar a eficiência das enzimas endógenas.

Esse efeito pode ser de grande importância, principalmente em aves jovens ou imunologicamente comprometidas, pois, segundo Noy e Sklan (1995), em aves jovens, alimentadas com rações à base de milho e farelo de soja, a digestibilidade ileal é baixa, tanto do amido, como da gordura.

#### 1.2.4 Xilanase

As enzimas xilanases são glicosídicas, possuindo principalmente a função de hidrolisar a xilana (polissacarídeo hemicelulósico) e são classificadas em duas famílias principais: F ou 10 e G ou 11 das glicosil-hidrolases, sendo que as duas famílias usam mecanismos catalíticos de par iônico e mantêm a configuração anomérica durante a hidrólise. As xilanases da família 10 possuem características maiores, mais complexas e produzem oligossacarídeos menores, enquanto as xilanases da família 11 são mais específicas para a xilana (Jeffries, 1996).

São enzimas utilizadas na nutrição de aves com o objetivo de potencializar a digestão de polissacarídeos não amiláceos (PNA's), contidos no interior das células vegetais e que não são susceptíveis à ação das secreções endógenas, uma vez que animais monogástricos possuem limitações em romper as paredes celulares vegetais (Brito et al., 2008).

Tem-se observado que a enzima xilanase pode melhorar a digestibilidade e a eficiência de utilização dos nutrientes presentes nos alimentos, como a do amido e da proteína, reduzindo a ação de inibidores de crescimento e auxiliando as enzimas

endógenas nos processos digestíveis, podendo também reduzir os gastos energéticos do animal para a síntese enzimática (Lima et al., 2007).

As xilanases exógenas são fabricadas em sua essência por fungos e bactérias, que provocam quebra parcial das ligações da cadeia dos arabinoxilanos, desta forma, permitindo reduzir os efeitos nocivos provocados por estes nos animais monogástricos. Estas quebras promovem a diminuição da viscosidade do conteúdo digestivo (fator considerado antinutritivo), resultando em melhoria na digestibilidade e desempenho dos animais (Silva et al., 2016), como melhora na energia metabolizável das rações (Conte et al., 2003).

A endo- $\beta$ -1,4 xilanase forma o principal grupo de enzimas envolvidas na degradação da xilana e trata-se de uma endo-enzima que hidrolisa aleatoriamente ligações glicosídicas do tipo  $\beta$  - 1,4 dentro da cadeia de hemicelulose (na cadeia principal da xilana) libertando xilo-oligossacárideos (Haltrich et al., 1996).

Segundo Wu et al. (2004), há cinco modos de ação distintos da enzima: degradando os PNA's da parede celular e liberando os nutrientes encapsulados; promove diminuição da viscosidade do conteúdo digestivo no sistema intestinal, resultando no aumento da taxa de difusão de substratos, enzimas e produtos finais da digestão; melhora a motilidade intestinal e a taxa de passagem, permitindo a acessibilidade das enzimas endógenas aos nutrientes; além de suplementar a capacidade enzimática em aves jovens.

No entanto, para que a utilização das xilanases ocorra de maneira efetiva, dois pontos devem ser levados em conta: o primeiro é a presença de níveis adequados de substrato para que as enzimas possam atuar de maneira correta, no caso das xilanases, fontes de fibras com alta concentração de xilanos proporcionam um meio adequado para maior eficiência da enzima. O segundo é o pH do meio, xilanases possuem atividade ótima em pH mais baixo, como o encontrado no proventrículo e moela, caso não estejam protegidas podem perder eficiência ao encontrar meios com pH não ideais (Torres et al., 2003; Schoulten et al., 2003).

#### 1.2.5 Cofator enzimático argilomineral montmorilonita e extrato de algas (*Ulva lactuca* e *Solieria chordalis*)

Para apresentar atividade catalítica, algumas enzimas requerem a participação de moléculas menores (cofatores) de natureza não proteica que são subdivididas em íons metálicos, como o ferro, manganês, magnésio, zinco, cobre entre outros, como é o caso



do argilomineral montmorilonita + extrato de algas que são caracterizados pela presença de íons metálicos, que possui a função de melhorar a ação enzimática, favorecendo o contato entre a enzima e substrato, aumentando a superfície de contato, ou também podem requerer a participação de coenzimas (moléculas orgânicas), muitas delas derivadas de vitaminas do complexo B (Kieling, 2002). Deste modo, esse cofator enzimático é descrito como um catalisador de enzimas digestivas.

Os catalisadores são classificados quanto a sua atividade, seletividade e estabilidade. O termo atividade catalítica indica o efeito da presença do catalisador na taxa de conversão de uma reação e é expresso em termos de conversão da reação catalisada, conversão relativa de uma reação química (em comparação à reação sem a presença de catalisador) ou via outro parâmetro, como a temperatura requerida para alcançar determinada conversão após um determinado período de tempo sob condições específicas (Silva et al., 2008).

Enzimas tal como a quimiotripsina (enzima que hidrolisa proteína), é ativada sem necessitar a presença de outro fator. No entanto, 25% das enzimas corporais possuem cofatores metálicos e são chamadas de metaloenzimas, e exercem importantes funções em vias metabólicas do organismo, atuando desta forma nos sistemas imunológico, respiratório, digestivo, reprodutivo, no desenvolvimento ósseo, entre outros (Toledo e Nascimento, 2010).

Neste contexto, a argila é uma rocha constituída essencialmente por um grupo de minerais que recebem o nome de argilominerais e podem ser subdivididos em duas classes principais: catiônicas, as quais estão disponíveis na natureza de forma ampla, e as aniônicas, sendo estas mais raras na natureza, porém, facilmente sintetizadas em laboratório (Silva e Ferreira, 2008).

Apenas um pequeno número de argilominerais são componentes das argilas industriais: caulinita (caulim, “*ball clay*”; argila refratária; argila para construção civil); montmorilonita (bentonita, terra *fuller*); talco (talco); vermiculita (vermiculita) e amianto crisotila (amianto) (Coelho et al., 2007).

Argilominerais do grupo das esmectitas, do qual a montmorilonita faz parte, apresentam alta capacidade de troca catiônica (processo de troca dos cátions intercalados presentes na região interlamelar por espécies catiônicas de interesse) (Hartwell, 1965). Este processo de troca catiônica ocorre quando o argilomineral se encontra em uma solução aquosa resultando em modificação da estrutura cristalina do material (unidade estrutural), sendo um processo reversível (Teixeira e Neto, 2009).

Dentre as modificações químicas baseadas neste processo em argilominerais como a montmorilonita, se destacam as reações de troca iônica (organofilização), pilarização e ativação ácida, entre outras (Teixeira e Neto, 2009; Zatta, 2013).

O argilomineral montmorilonita quando contém os íons  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{O}_2^-$  e  $\text{H}^+$  em sua composição e se apresenta na coloração branca, mas quando da ocorrência de substituições isomórficas estruturais ou ainda da presença de algum cátion trocável, o material é colorido (Coelho et al., 2007). Para a montmorilonita em seu estado natural é conhecida a sua aplicação em diversos campos como, preparos farmacêuticos, refinação de óleos e açúcar, catálise, abrasivos, adsorventes, entre outros (Balduino, 2016).

Juntamente com o argilomineral montmorilonita se encontram os extratos de alga *Ulva lactuca* e *Solieria chordalis*, que juntos compõem o produto que é vendido comercialmente (Figura 2). As algas podem ser divididas em três grupos de acordo com suas cores: *Chlorophyta* (verde), *Phaeophyta* (marrom) e *Rhodophyta* (vermelho) (Padua et al., 2004). A espécie *Ulva lactuca* (*Chlorophyta*), é encontrada em todos os continentes e têm se tornado cada vez mais comuns em costões rochosos devido aos processos de eutrofização de origem antrópica (poluição aquática ocasionada por seres humanos). No Paraná se encontra principalmente no litoral (Guaraqueçaba) (Mackenzie e Clyde, 2000). São algas efêmeras, apresentam folhas largas e compridas semelhantes as folhas de alface e com pequena capacidade de defesa contra os herbívoros sendo, por isso, mais abundantes em áreas com altas concentrações de compostos nitrogenados, menor batimento de ondas e baixa pressão por herbivoria (Corte et al., 2013).

Já *Solieria chordalis* (*Rhodophyta*), são algas com aspecto firme e cartilaginoso, cresce em rochas, pedras e seixos, geralmente são encontrados em ambientes protegidos de ondas, em que há acúmulo de lodo, pode ser encontrada no mar Mediterrâneo e no oceano Atlântico, sendo mais comumente encontrada no golfo de Morbihan (França) (Bedoux et al., 2014).



Figura 2: A: argilomineral montmorilonita; B: *Ulva lactuca*; C: *Solieria Chordalis*. (Fonte: A: GTQ, 2020; B: Seaweed, 2020a; C: Seaweed, 2020b).

### 1.2.6 Extrato de flor de Marigold (*Tagetes erecta* L.)

O gênero *Tagetes* é pertencente à família Asteraceae, uma família que contém mais de 56 espécies as quais *T. patula*, *T. tenuifolia*, *T. lunata* e *T. erecta* são as espécies que apresentam característica perene mais cultivadas como ornamentais em todo mundo (Vasudevan et al., 1997). Segundo Soule e Janick (1996), estas quatro espécies já eram cultivadas no México há mais de dois milênios e além de serem utilizadas como ornamentais também possuíam finalidade medicinal e de uso em rituais que cultuavam a morte. No Brasil, a espécie *Tagetes erecta* L. é conhecida popularmente por “cravo de defunto” (Coelho et al., 2011).

A *T. erecta* é uma planta caracterizada anatomicamente por ser uma erva ramosa, podendo atingir até 1,50m de altura, apresenta folhas opostas ou alternadas, com aspecto aromático, conta com capítulos grandes de pedúnculos intumescidos no ápice, solitários e multifloros. Apresenta variedades de flores dobradas, grandes, até sete centímetros de diâmetro, com coloração amarelo-citrino, sendo sustentadas por uma haste de textura fina e apresentam uma folhagem verde-escura (Soule e Janick 1996).

Esta espécie tem sido muito estudada pelo seu caráter medicinal, como fonte de pigmento e por seu potencial antioxidante na nutrição animal (coloração da gema) em aves de postura (Moura et al., 2011; Aquino, 2019; Valentim et al., 2019); coloração da pele em aves destinadas ao abate (Perez et al., 2001; Munõz et al., 2012; Tepox et al., 2017); além de avaliação do seu potencial antioxidante visando melhora no desempenho e qualidade dos produtos cárneos e ovos (Tuino et al., 2013; Skrivan et al., 2016; Mirzah e Djulard, 2017).

Esse aspecto colorimétrico da flor de Marigold é conferido por meio da presença de carotenoides com um ou mais grupamentos funcionais contendo oxigênio, que são denominados xantofilas, tais como luteína e a zeaxantina (Duarte, 2006). Os carotenoides são encontrados de forma abundante principalmente nas flores da *Tagetes*, sendo que a luteína, na forma de diésteres, é o carotenoide mais predominante entre todos (Alam et al., 1968).

Hadden et al. (1999) ao analisarem o extrato da flor de Marigold saponificada, constataram que havia a presença de  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno e fitoflueno. A luteína da flor de Marigold é um extrato purificado obtido da oleorresinas das pétalas de suas flores, que contém mais de 80% do total de carotenoides, dos quais a luteína está presente em 70 a



- Aquino, D. R. (2019). *Pigmentantes na dieta de codornas de postura contendo sorgo* – Maringá, 2019. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Maringá – PR, 1-78.
- Araujo J. A. J., Silva H. V., Lima A. A. L., Lima M. R., & Lima C. B. (2007). Uso de aditivos na alimentação de aves. *Acta Veterinária Brasileira*, 1(3), 69-77.
- Bahule, C. E., Brito, J. Á. G. D., Balbino, E. M., Machado, A. C., Batista, S. S., Oliveira, L. S., & Pereira, J. (2018). Strategies to include sweet potato meal associated with the use of exogenous enzymes, in broiler chicken feed. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 19(1), 32-46.
- Balduino, A. P. Z. (2016). *Estudo da Caracterização e composição de argilas de uso cosmético*. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Goiás – GO, 1-51.
- Barzana, E., Rubio, D., Santamaria, R. I., Garcia-Correa, O., Garcia, F., Ridaura Sanz, V. E., & López-Munguía, A. (2002). Enzyme-mediated solvent extraction of carotenoids from marigold flower (*Tagetes erecta*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(16), 4491-4496.
- Beck, P. (2017). *Plantel brasileiro de aves cresceu 1,9% apesar dos custos de produção*. Disponível em: [www.avicultura.info](http://www.avicultura.info), consultado em 21/05/2020.
- Beck, P. (2018). *Codornas: especialista aponta onde os produtores estão errando*. Disponível em: [www.avicultura.info](http://www.avicultura.info), consultado em 21/05/2020.
- Bedoux, G., Hardouin, K., Marty, C., Taupin, L., Vandanjon, L., & Bourgougnon, N. (2014). Chemical characterization and photoprotective activity measurement of extracts from the red macroalga *Solieria chordalis*. *Botânica Marina*, 57(4), 291-301.
- Bellaver, C. (2005). *Utilização de melhoradores de desempenho na produção de suínos e de aves*. In Congresso Internacional de Zootecnia, 1(7), 1-30.
- Bertechini, A. G., & Silva R. P. A. (2020). *Pandemia no segmento das codornas*. Disponível em: <https://ahoradoovo.com.br/lista/ovonews/post/A-pandemia-na-coturnicultura-e-o-destaque-na-A-Hora-do-Ovo-100>. Consultado em 05/01/2021.

- Bertechini, A. G. (2010). *Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil*. In: IV Simpósio Internacional e III Congresso Brasileiro de Coturnicultura. Lavras – MG, 3(4), 1-6.
- Bordin, R. (2011). *Coturnicultura brasileira evolução e fatos*. Disponível em: [www.aviculturaindustrial.com.br](http://www.aviculturaindustrial.com.br), consultado em 21/05/2020.
- BRASIL. (2004a). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Aditivos*. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/aditivos>. Consultado em 13/11/2020.
- Brito, M. S., de Oliveira, C. F. S., da Silva, T. R. G., de Lima, R. B., Moraes, S. N., & da Silva, J. H. V. (2008). Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – revisão. *Acta Veterinaria Brasilica*, 2(4), 111-117.
- Campestrini, E., SILVA, V. T. M. D., & Appelt, M. D. (2005). Utilização de enzimas na alimentação animal. *Revista Eletrônica Nutritime*, 2(6), 254-267.
- Cantrill, R. (2004). Lutein from *Tagetes erecta*. *Chemical and technical assessment* (CTA), 52(12).
- Choct, M. (2001). Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: *Enzymes in farm animal nutrition*. M. R. Bedford and G. G. Partridge eds. CABI Publishing, New York-NY, 1(7), 1-389.
- Coelho, A. C. V., Santos, P. D. S., & Santos, H. D. S. (2007). Argilas especiais: o que são, caracterização e propriedades. *Química Nova*, 30(1), 146-152.
- Coelho, L. C., Kawamoto, L. S., Rodas, C. L., de Souza, G. A., de Pinho, P. J., & de Carvalho, J. G. (2011). Caracterização de sintomas visuais, parâmetros de crescimento e desenvolvimento de *Tagetes erecta* sob deficiências nutricionais. *Agrarian*, 4(12), 113-122.
- Conte, A. J., Teixeira, A. S., Fialho, E. T., Schoulten, N. A., & Bertechini, A. G. (2003). Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(5), 1147-1156.

- Corte, G. N., Do Nascimento, M. C., Pavani, L., & Leite, F. P. P. (2013). Crustáceos associados à macroalga *Ulva* spp. em praias com diferentes características ambientais. *Títulos não-correntes*, 26(2).
- Costa Leite, P. R. S., Leandro, N. S. M., Stringhini, J. H., Café, M. B., Gomes, N. A., & de Moraes Jardim Filho, R. (2011). Desempenho de frangos de corte e digestibilidade de rações com sorgo ou milho e complexo enzimático. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(3), 280-286.
- Costa, A. J. D. (2007). Gestão dos herdeiros ou de profissionais nas empresas familiares: O caso da perdigão. *R. Econ. Contemp.*, Rio de Janeiro, 11(2), 197-225.
- Duarte, R. L. R. (2006). *Cultivo de variedades de tagetes erecta linn na Chapada do Apodi (CE)*, em diferentes densidades e época de plantio. Tese (doutorado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 1-64.
- EMBRAPA. (2008). A cultura da batata-doce. 6. ed. Brasília: *Embrapa Hortaliças*.
- FAO. (2018). Fao statistical yearbook world food and agriculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Romep. 1-307.
- Figueiredo, J. A., de Andrade Júnior, V. C., Pereira, R. C., Ribeiro, K. G., Viana, D. J. S., & Neiva, I. P. (2012). Avaliação de silagens de ramas de batata-doce. *Horticultura Brasileira*, 30(4), 708-712.
- Gewehr, C. E., Rosniecek, M., Follmann, D. D., Cezaro, A. M. D., Gerber, M. S., & Schneider, A. F. (2014). Multienzyme complex and probiotics in broiler diet. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(4), 907-916.
- Glatz, P. (2013). Improving the profitability of village broiler Production in Papua Nova Guinea. *Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR)*. Canberra Australia, 1-5.
- GTQ (2020). Guangzhou Tec. Química. *Argila montmorilonita em pó*. Disponível em: [portuguese.alibaba.com/product-detail/montmorillonite-clay-powder-800-mesh-60621540732.html](http://portuguese.alibaba.com/product-detail/montmorillonite-clay-powder-800-mesh-60621540732.html). Consultado em 10/02/2021.
- Hadden, W. L., Watkins, R. H., Levy, L. W., Regalado, E., Rivadeneira, D. M., van Breemen, R. B., & Schwartz, S. J. (1999). Carotenoid composition of marigold

- (*Tagetes erecta*) flower extract used as nutritional supplement. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 4189-4194.
- Haltrich, D., Nidetzky, B., Kulbe, K. D., Steiner, W., & Župančič, S. (1996). Production of fungal xylanases. *Bioresource Technology*, 58(2), 137-161.
- Hartwell, J. M. (1965). The diverse uses of montmorillonite. *Clay minerals*, 6(2), 111-118.
- IBGE (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola - Lavoura Temporária*. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), consultado em 10/02/2021.
- IBGE. (2020). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário*. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), consultado em 04/11/2020.
- Jeffries, T. W. (1996). Biochemistry and genetics of microbial xylanases. *Current opinion in Biotechnology*, 7(3), 337-342.
- Kieling, D. D. (2002). *Enzimas – Aspectos Gerais*. Apostila (Disciplina de Engenharia Bioquímica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Lima, M. R., da Silva, J. H. V., de Araujo, J. A., Lima, C. B., & de Oliveira, E. R. A. (2007). Enzimas exógenas na alimentação de aves. *Acta Veterinária Brasileira*, 1(4), 99-110.
- Mackenzie, J., & Clyde, L. (2000). The abundances of small invertebrates in relation to sea lettuce, *Ulva lactuca*, mats. *Bulletin of the New Jersey Academy of Science*, 45(1), 13-13.
- Maino, S. C., Júnior, E. S., Dal Pozzo, D. M., Santos, R. F., & Siqueira, J. A. C. (2019). Batata-doce (*Ipomoea batatas*) dentro do contexto de culturas energéticas, uma revisão. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 8(4).
- Mendes, A. R. A. (2015). *Suplementação com xilanase de regimes alimentares à base de milho e soja para frangos de carne*. (Tese de doutorado, ISA/UL).
- Menten, J. F., & Loddi M. M. (2002). *Probióticos, prebióticos e aditivos fitogênicos na nutrição de aves*. Simpósio Sobre Ingredientes na Alimentação Animal, 2, 251-276.



- Miranda, J. E. C, França F. H., Corrijo O. A., Souza A. F., Pereira W., Lopes C. A., & Silva J. B. C. (1995). *A cultura da batata-doce*. Brasília: EMBRAPA. 94p. (coleção plantar).
- Mirzah, N., & Djulard A. (2017). Marigold flower extract as a feed additive in the poultry diet: effects on laying quail performance and egg quality. *International Journal of Poultry Science*, 16, 11-15.
- Moreira, G. B. R. (2016). *Viabilidade de aplicação da seleção precoce em batata-doce [Ipomoea batatas (L.) Lam.] e avaliação de caracteres relacionados à produção* (Tese de doutorado, Universidade de São Paulo).
- Moreira, H. D. C., & Bragança, H. B. N. (2011). Manual de identificação de plantas infestantes. *FMC Agricultural Products*, Campinas, 1017.
- Moura, A. M. A. D., Takata, F. N., Nascimento, G. R. D., Silva, A. F. D., Melo, T. V., & Cecon, P. R. (2011). Pigmentantes naturais em rações à base de sorgo para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(11), 2443-2449.
- Muñoz-Díaz, J. I., Fuente-Martínez, B., Hernández-Velasco, X., & Ávila-González, E. (2012). Skin pigmentation in broiler chickens fed various levels of metabolizable energy and xanthophylls from *Tagetes erecta*. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(4), 788-796.
- Noy, I., & Sklan D. (1995). Digestion and absorption in the young chick. *Poultry Science*, 74, 366-373.
- Nunes, J. K., Gentilini, F. P., Anciuti, M. A., & Rutz, F. (2013). Alimentos alternativos ao milho na dieta de aves. *Revista Eletrônica Nutritime*, Viçosa, MG, 10(4), 2627-2645.
- Pádua, M. D., Fontoura, P. S. G., & Mathias, A. L. (2004). Chemical composition of *Ulvaria oxysperma* (Kützinger) bliding, *Ulva lactuca* (Linnaeus) and *Ulva fasciata* (Delile). *Brazilian archives of biology and technology*, 47(1), 49-55.
- Parente, I. P., Rodrigues, K. F., Vaz, R. G. M. V., Sousa, J. P. L., Santos Neta, E. R. D., Albino, L. F. T., & Paiva, J. A. D. (2014). Características nutricionais e utilização do resíduo de batata-doce em dietas de frangos de crescimento lento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(2), 470-483.

- Pastore, S. M., Oliveira W. P., & Muniz J. C. L. (2012). Panorama da coturnicultura no Brasil. *Revista eletrônica Nutritime*, 9(6), 2041–2049.
- Perez-Vendrell, A. M., Hernandez, J. M., Llauro, L., Schierle, J., & Brufau, J. (2001). Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. *Poultry science*, 80(3), 320-326.
- Pessôa, G. B. S., Tavernari, F. D. C., Alves Vieira, R., & Albino, L. F. T. (2012). Novos conceitos em nutrição de aves. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(3), 755-774.
- Petrolli, G. T., Mateus K., & Rodrigues M. (2011). Criação de codornas: pequenas e lucrativas, *SB rural*, 65.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. D., Lopes, D. C., & Barreto, S. D. T. (2005). Tabelas brasileiras para aves e suínos. *Composição de alimentos e exigências nutricionais*, 2, 186.
- Schoulten, N. A., Teixeira, A. S., Rodrigues, P. B., Freitas, R. T. F. D., Conte, A. J., & Silva, H. O. (2003). Desempenho de frangos de corte alimentados com ração contendo farelo de arroz e enzimas. *Ciência e Agrotecnologia*, 27(6), 1380-1387.
- Seaweed (2020a). *Ulva: Sea lettuce. Information on marine algae*. Disponível em: <https://www.seaweed.ie/algae/ulva.php>. Consultado em 10/02/2021.
- Seaweed (2020b). *Solieria chordalis (C.Agardh) J.Agardh. Information on marine algae*. Disponível em: [https://www.seaweed.ie/descriptions/solieria\\_chordalis.php](https://www.seaweed.ie/descriptions/solieria_chordalis.php). Consultado em 10/02/2021.
- Set'le, M. A., Adediwura, A. T., & Olayiwola, O. E. 2012. Growth Performance of Broiler Chickens Fed Diets Containing Partially Cooked Sweet Potato Meal. *Journal Of Natural Sciences*, 2, 2224-3186.
- Silva, A. R. V., & Ferreira, H. C. (2008). Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores/fornecedores nacionais e internacionais. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, 3(2), 26-35.
- Silva, D. M., Rodrigues, D. R., Gouveia, A. B. V. S., Mesquita, S. A., dos Santos, F. R., & Minafra, C. S. (2016). Carboidrases em rações de frangos de corte. *PUBVET*, 10, 795-872.

- Silva, J. B., Rodrigues, J. A. J., & Nono, M. D. C. D. A. (2008). *Caracterização de materiais catalíticos*. Tese (Doutorado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)- SC, 1-64.
- Skřivan, M., Marounek, M., Englmaierová, M., & Skřivanová, E. (2016). Of marigold (*Tagetes erecta*) flower extract on eggs carotenoids content, colour and oxidative stability. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 25, 58-64.
- Soule, J. A., & Janick J. (1996). *Novel annual perennial Tagetes*. Progress in new crops: Proceedings of the Third National Symposium Indiana, 22(25), 546-551.
- Teixeira, É., & Neto, Â. A. (2009). Modificação química de argilas: desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado. *Química Nova*, 32(3), 809-817.
- Tepox-Pérez, M. A., Hernández-Velasco, X., Quiroz-Pesina, M., Ávila-González, E., & Téllez, G. (2017). Absorption and cutaneous deposition of yellow pigment in male and female broilers in response to different levels of xanthophylls from *Tagetes erecta*. *Austral journal of veterinary sciences*, 49(3), 167-173.
- Toledo, R. S., & Nascimento, A. H. (2010). *Vitaminas e minerais*. Simpósio Brasil Sul de Avicultura e Brasil Sul Poultry Fair, 11, 73-84.
- Torres, D. M., Teixeira, A. S., Rodrigues, P. B., Bertechin, A. G., Freitas, R. T. F. D., & Santos, É. C. D. (2003). Eficiência das enzimas amilase, protease e xilanase sobre o desempenho de frangos de corte. *Ciência e Agrotecnologia*, 27(6), 1401-1407.
- Tunio, M. T., Yang, S., Chen, Z., Zubair, M., Qiu, J., Zhao, Y., & Chen, A. (2013). Effect of pigments with different origins on pigmentation and performance of broilers. *Pakistan Journal of Zoology*, 45(6).
- Tyczkowski, J. K., & Hamilton, P. B. (1986). Absorption, transport, and deposition in chickens of lutein diester, a carotenoid extracted from marigold (*Tagetes erecta*) petals. *Poultry Science*, 65(8), 1526-1531.
- Valentim, J. K., Bittencourt, T. M., Lima, H. J. D., Moraleco, D. D., Tossuê, F. J. M., Silva, N. E. M., & Silva, L. G. (2019). Pigmentantes vegetais e sintéticos em dietas de galinhas poedeiras Negras. *Boletim de Indústria Animal*, 76, 1-9.

- Vasudevan, P., Kashyap, S., & Sharma, S. (1997). Tagetes: a multipurpose plant. *Bioresource Technology*, 62(1-2), 29-35.
- Waramboi, J. G., Dennien, S., Gidley, M. J., & Sopade, P. A. (2011). Characterisation of sweetpotato from Papua New Guinea and Australia: Physicochemical, pasting and gelatinisation properties. *Food Chemistry*, 126(4), 1759-1770.
- Wenk, C. (2002). Growth promoter alternatives after the ban of antibiotics. *Pig News and Information*, 24(1), 11-16.
- Woolfe, J. A. (1992). Sweet potato revisited. *Nutrition Bulletin*, 17(3), 180-189.
- Wu, Y. B., Ravindran, V., Thomas, D. G., Birtles, M. J., & Hendriks, W. H. (2004). Influence of phytase and xylanase, individually or in combination, on performance, apparent metabolisable energy, digestive tract measurements and gut morphology in broilers fed wheat-based diets containing adequate level of phosphorus. *British Poultry Science*, 45(1), 76-84.
- Zatta, L. (2013). *Argilominerais modificados como catalisadores para reações de esterificação de ácidos graxos*. Tese (doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 1-138.

## II - OBJETIVOS GERAIS

Capítulo III: avaliar a substituição de farelo de batata-doce ao milho e a inclusão de dois aditivos exógenos (enzima xilanase e cofator enzimático de argilomineral montmorilonita e extrato de algas (*Ulva lactuca* e *Solieria chordalis*)) na alimentação de codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) sobre o desempenho, composição corporal, rendimento de carcaça, peso de órgãos e viabilidade econômica.

Capítulo IV: Avaliar a substituição do farelo de batata-doce ao milho em dietas com ou sem a adição de flor de Marigold para codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*) sobre desempenho, qualidade dos ovos e viabilidade econômica.

### 2.1 Objetivos específicos

- Determinar a influência dos diferentes tratamentos com batata-doce e aditivos exógenos (xilanase e cofator enzimático) sobre a composição corporal, rendimento de carcaça, peso de órgãos e desempenho de codornas de corte (*Coturnix coturnix coturnix*) nas fases de cria e recria.
- Determinar o melhor nível de inclusão de farelo de batata-doce para codornas japonesas em fase de postura, com base no máximo desempenho produtivo.
- Comparar o efeito dos diferentes níveis de farelo de batata-doce sobre o desempenho e qualidade de ovos de codornas japonesas em postura.

### III - FARELO DE BATATA-DOCE EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO E USO DE ADITIVOS EXÓGENOS EM DIETA DE CODORNAS DE CORTE DE 1 A 35 DIAS DE IDADE.<sup>1</sup>

Resumo: Há interesse contínuo na busca de alimentos alternativos que possam reduzir o custo das rações e que não afetem o desempenho dos animais, deste modo, o farelo de batata-doce (FBD) se torna excelente alternativa para os produtores. Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da utilização do FBD como alternativa ao milho na alimentação de codornas de corte em associação com a suplementação de duas enzimas exógenas, para avaliar o desempenho, rendimento de carcaça, composição química corporal e peso relativo dos órgãos, além da viabilidade econômica das rações. Foram utilizadas o total de 400 codornas de corte europeias, não sexadas, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso com 4 tratamentos (T1: controle - ração referência; T2: 10% de FBD; T3: 10% de FBD + cofator enzimático argilomineral montmorilonita e extrato de algas (*Ulva lactuda* e *Solieria chordalis*) (FBDce); T4: 10% FBD + xilanase (FBDxi)), 5 repetições e 20 codornas por unidade experimental. Durante todo o período experimental (1 a 35 dias de idade) as aves foram criadas em galpão convencional, as dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais das aves em cada fase, sendo a ração e a água fornecida *ad libitum*. Para o período de 15 a 35 dias, verificou-se diferença ( $P < 0,05$ ), para ganho de peso e conversão alimentar no tratamento FBDce que apresentou pior conversão alimentar e menor ganho de peso quando comparado aos demais tratamentos. Para as variáveis composição corporal (proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral), taxa de deposição química corporal (de proteína e gordura), energia retida na carcaça, peso relativo dos órgãos (coração, moela, fígado e intestino delgado), comprimento do intestino delgado e rendimento de carcaça aos 35 dias de idade, não foram observadas diferenças entre os tratamentos para nenhuma das fases cria (1 a 14 dias) e recria (15 a 35 dias de idade). O FBD pode ser substituído em 10% ao milho na fase de recria sem interferir no desempenho das codornas e com maior aproveitamento econômico. A utilização de aditivos exógenos (xilanase e cofator enzimático) não demonstrou ser efetiva nas dietas de codornas de corte nas fases de cria e recria.

**Palavras-chave:** alimentos alternativos, argilomineral montmorilonita, *Coturnix coturnix coturnix*, enzimas, extrato de algas

## SWEET POTATO BRAN IN REPLACEMENT TO CORN AND USE OF EXOGENIC ADDITIVES IN DIET OF MEAT QUAILS FROM 1 TO 35 DAYS OF AGE.

Abstract: There is a continuing interest in searching alternative foods that can reduce the cost of feed and do not affect the performance of animals, in this way sweet potato bran (SPB) becomes an excellent alternative for producers. The objective of this work was to evaluate the effect of using FBD as an alternative to corn in the feeding of meat quails in association with the supplementation of two exogenous enzymes, to evaluate performance, carcass yield, body chemical composition and organs relative weight, in addition to the economic viability of the rations. A total of 400 european meat quails, not sexed, distributed in a completely randomized design with 4 treatments (T1: control - reference ration; T2: 10% SPB; T3: 10% SPB + montmorillonite clay enzyme cofactor and algae extract (*Ulva lactuda* and *Solieria chordalis*) (SPBce); T4: 10% SPB + xylanase (SPBxi)), 5 repetitions and 20 quails per experimental unit. During the entire experimental period (1 to 35 days of age) the birds were raised in a conventional house, the diets were formulated to meet the nutritional requirements of the birds in each phase, with food and water provided ad libitum. For the period from 15 to 35 days there was a difference ( $P < 0.05$ ), for weight gain and feed conversion where the SPBce treatment showed a worse feed conversion and less weight gain when compared to the other treatments. For the variables body composition (crude protein, ether extract, mineral matter), rate of chemical body deposition (protein and fat), energy retained in the carcass, relative organs weight (heart, gizzard, liver and small intestine), small intestine length and carcass yield at 35 days of age, there were no differences between treatments for initial (1 to 14 days) and rearing (15 to 35 days of age) phases. Sweet potato bran can be substitute 10% of corn in the rearing phase without interfering with the quails performance and with higher economic use, and the use of exogenous additives (xylanase and enzymatic cofactor), has not been shown to be effective in diets of meat quails in the initial and rearing phases.

Keywords: alternative foods, montmorillonite clay, *Coturnix coturnix coturnix*, enzymes, algae extract

---

<sup>1</sup> Artigo redigido de acordo com as normas da revista Semina: Ciências Agrárias

### 3.1 Introdução

Atualmente, os produtores e a indústria buscam fontes alternativas para a alimentação das aves, visando baratear o custo das dietas sem comprometer o desempenho dos animais. Na produção de monogástricos, o milho é o principal alimento energético utilizado pelos nutricionistas durante as formulações de rações (Pandi et al., 2016). Entretanto, nos últimos anos, a produção de milho não tem sido capaz de atender às necessidades das regiões produtoras, especialmente na entressafra e quando a oferta desta *commoditie* é menor do que a demanda, fazendo com que haja incremento no valor do grão (Conab, 2019), desta forma, torna-se necessário avaliar alimentos alternativos para a substituição do milho nas rações.

Existem ingredientes alternativos para as rações de codornas de corte que possuem o mesmo potencial e que apresentam custo menor, além da aquisição facilitada em alguns estados, porém, estes possuem fatores antinutricionais que interferem na absorção de nutrientes entre eles os polissacarídeos não amiláceos (Lima et al., 2007; Benevides et al., 2011). Os polissacarídeos não amiláceos compreendem vasta classe de polissacarídeos como celulose, hemicelulose, quitina e pectinas (presentes na parede celular dos alimentos de origem vegetal), os quais podem diminuir o desempenho animal, aumentando a viscosidade intestinal e reduzindo a digestibilidade, dependendo de suas concentrações (Brito et al., 2008; Nunes et al., 2013a).

A batata-doce é considerada uma planta rústica pois, apresenta grande resistência a pragas, pouca resposta a aplicação de fertilizantes, além de poder ser cultivada em solos pobres e degradados, em vários climas e tem alto rendimento por hectare em alguns estados do Brasil, tornando-se boa alternativa energética ao milho (Embrapa, 2008). O farelo de batata-doce (FBD) apresenta quantidade semelhante de amido quando comparada ao milho, no entanto, este amido é composto por maior proporção de amilopectina do que amilose, sendo que este geralmente é fator associado a presença de polissacarídeos não amiláceos (Waramboi et al., 2011).

Assim, a utilização de enzimas exógenas, principalmente as xilanases, celulasas e as glucanases se tornam importantes, pois estas hidrolizam os polissacarídeos não amiláceos que podem ser potencialmente utilizados pelo animal, aumentando, por exemplo, a utilização de energia e reduzindo o impacto negativo destes resíduos não digestivos sobre a viscosidade da digesta (Lima et al., 2007).



A utilização da enzima xilanase visa potencializar a digestão de polissacarídeos não amiláceos (PNA's), contidos no interior das células vegetais e que não são susceptíveis à ação das secreções endógenas, uma vez que animais monogástricos possuem limitações em romper as paredes celulares vegetais (Brito et al., 2008). Já a utilização do cofator enzimático argilomineral montmorilonita e extrato de algas (*Ulva lactuda* e *Solieria chordalis*), visa melhorar a ação das enzimas endógenas, oferecendo maior superfície de contato entre enzima e substrato, sendo assim, um catalisador de enzimas digestivas.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da utilização de FBD como alternativa ao milho na alimentação de codornas de corte em associação a suplementação de dois aditivos exógenos, para avaliar o desempenho, rendimento de carcaça, composição química corporal, peso relativo dos órgãos e viabilidade econômica das rações.

### 3.2 Materiais e métodos

O experimento foi realizado na fazenda experimental de Iguatemi, com início no mês de maio e término no começo de junho, no setor de Coturnicultura de corte, de acordo com as normas propostas pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual de Maringá (UEM). (Protocolo nº 4571110221).

#### 3.2.1 Instalações, delineamento e dietas experimentais

Foram utilizadas o total de 400 codornas de corte europeias (*Coturnix coturnix coturnix*), não sexadas, provenientes do setor de reprodução da fazenda experimental de Iguatemi, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso com 4 tratamentos: (T1: controle - ração referência; T2: 10% de FBD; T3: 10% de FBD + cofator enzimático argilomineral montmorilonita e extrato de algas (*Ulva lactuda* e *Solieria chordalis*) (FBDce); T4: 10% de FBD + xilanase (FBDxi), 5 repetições e 20 aves por unidade experimental.

Durante todo o período experimental (1 a 35 dias de idade) as aves foram criadas em boxes de 2,5 m<sup>2</sup> em um galpão convencional, com cama de palha de arroz e paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado, providas de cortinas laterais móveis, sendo a água e ração fornecidas *ad libitum*.

Até os 14 dias de idade foram utilizados círculos de proteção nos boxes para evitar oscilações de temperatura e a incidência de vento sobre as codornas, e campânulas

elétricas com lâmpadas de secagem infravermelha (250 W) ligadas o dia todo como fonte de aquecimento.

Durante todo o período experimental, o controle de temperatura e umidade relativa do ar foi registrado duas vezes ao dia: no início da manhã e no final da tarde, por meio de termo-higrômetros de bulbo seco de máxima e mínima, localizados em dois pontos no aviário.

Para a obtenção do FBD foi realizado o processamento de batatas-doces *in natura*, compostas pelas variedades Canadense e Uruguaia, doadas por um produtor do município de Tarabai-SP no oeste Paulista. As batatas consideradas fora do padrão comercial, foram previamente selecionadas, lavadas, secas à sombra e picadas com o auxílio de um triturador forrageiro sem peneira, a fim de reduzi-las em partículas grosseiras, sem triturá-las.

As dietas experimentais foram formuladas de forma isoproteica e isoenergética para todos os tratamentos, considerando os valores de composição química e os valores energéticos dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2017). A FBD utilizada neste estudo foi seca em estufa a 105°C por 3 dias e apresentou 3,82% de matéria mineral, 0,47% de extrato etéreo, 5,44% de proteína bruta e 2,21% de fibra bruta. A adição das enzimas foi realizada *on top*, para a enzima xilanase foi adicionado 0,01g/kg de ração e para o cofator enzimático argilomineral montmorilonita e extrato de algas (*Ulva lactuda* e *Solieria chordalis*) 0,10g/kg de ração, tanto para a fase de cria quanto para a fase de recria (Tabela 1 e 2).

Tabela 1: Composição centesimal e calculada das rações experimentais para codornas de corte na fase de cria (1 a 14 dias de idade).

Ingredientes (%)	Controle <sup>4</sup>	FBD <sup>5</sup>	FBDce <sup>6</sup>	FBDxi <sup>7</sup>
Milho grão	41,79	37,17	37,17	37,17
Farelo de soja	50,97	51,06	51,06	51,06
Farelo de batata-doce	0,00	4,18	4,18	4,18
Fosfato bicálcico	1,44	1,44	1,44	1,44
Calcário calcítico	0,37	0,37	0,37	0,37
Sal comum	0,47	0,45	0,45	0,45
Óleo de soja	3,79	4,14	4,14	4,14
L-Lisina HCL	0,20	0,20	0,20	0,20
DL-Metionina	0,44	0,45	0,45	0,45
L-Treonina	0,12	0,13	0,13	0,13
BHT <sup>1</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01
Premix <sup>2</sup>	0,40	0,40	0,40	0,40
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada				
EM <sup>3</sup> (Mcal/kg)	2,997	2,997	2,997	2,997
Proteína bruta (%)	27,50	27,50	27,50	27,50
Cálcio (%)	0,65	0,65	0,65	0,65
Cloro (%)	0,32	0,32	0,32	0,32
Potássio (%)	1,07	1,07	1,07	1,07
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20
Fósforo disponível (%)	0,41	0,41	0,41	0,41
Lisina digestível (%)	1,60	1,60	1,60	1,60
Met+cis digestível (%)	1,15	1,15	1,15	1,15
Treonina digestível (%)	1,04	1,04	1,04	1,04
Triptofano digestível (%)	0,31	0,31	0,31	0,31
Número de Mogin (mEq/kg)	270,38	270,38	270,38	270,38

<sup>1</sup>BHT (Butil Hidroxi Tolueno); <sup>2</sup>Suplementação mineral/vitamínica (níveis de garantia por kg do produto); Vit. A – 2.500.000 UI; Vit. D3 – 750.000 UI; Vit. E – 5.000 UI; Vit. B1 – 625 mg; Vit. B2 – 1.500 mg; Vit. B6 – 1.250 mg; Vit. B12 – 5.000 mcg; Vit. K3 – 750 mg; Pantotenato de Ca – 3.000 mg; Niacina – 6.000 mg; Ácido Fólico - 250 mg; Biotina - 50,0 mg; Colina – 75g; Antioxidante – 4.360 mg; Zn – 12,5 g; Fe – 12,5 g; Mn – 15,0 g; Cu – 3.000 mg; Co – 50 mg; I – 250 mg; Se – 62,5 mg; Veículo Q.S.P. – 1.000g; <sup>3</sup>EM: energia metabolizável. <sup>4</sup>Controle: ração referência; <sup>5</sup>FBDxi: 10% de farelo de batata-doce; <sup>6</sup>FBDce: 10% de farelo de batata-doce + argilomineral montmorilonita e extrato de algas; <sup>7</sup>FBDxi: 10% de farelo de batata-doce + xilanase;

Tabela 2: Composição centesimal e calculada das rações experimentais para codornas de corte na fase de recria (15 a 35 dias de idade).

Ingredientes (%)	Controle <sup>4</sup>	FBD <sup>5</sup>	FBDce <sup>6</sup>	FBDxi <sup>7</sup>
Milho grão	50,99	45,34	45,34	45,34
Farelo de soja	41,56	41,68	41,68	41,68
Farelo de batata-doce	0,00	5,10	5,10	5,10
Fosfato bicálcico	1,68	1,69	1,69	1,69
Calcário calcítico	0,12	0,12	0,12	0,12
Sal comum	0,47	0,45	0,45	0,45
Óleo de soja	3,88	4,30	4,30	4,30
L-Lisina HCL	0,30	0,30	0,30	0,30
DL-Metionina	0,43	0,44	0,44	0,44
L-Treonina	0,16	0,17	0,17	0,17
BHT <sup>1</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01
Premix <sup>2</sup>	0,40	0,40	0,40	0,40
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada				
EM <sup>3</sup> (Mcal/kg)	3,036	3,036	3,036	3,036
Proteína Bruta (%)	23,50	23,50	23,50	23,50
Cálcio (%)	0,61	0,61	0,61	0,61
Cloro (%)	0,32	0,32	0,32	0,32
Potássio (%)	0,92	0,92	0,92	0,92
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20
Fosforo disponível (%)	0,41	0,41	0,41	0,41
Lisina digestível (%)	1,45	1,45	1,45	1,45
Met+cis digestível (%)	1,04	1,04	1,04	1,04
Treonina digestível (%)	0,94	0,94	0,94	0,94
Triptofano digestível (%)	0,29	0,29	0,29	0,29
Número de Mogin (mEq/kg)	232,01	232,01	232,01	232,01

<sup>1</sup>BHT (Butil Hidroxi Tolueno); <sup>2</sup>Suplementação mineral/vitamínica (níveis de garantia por kg do produto); Vit. A – 2.500.000 UI; Vit. D3 – 750.000 UI; Vit. E – 5.000 UI; Vit. B1 – 625 mg; Vit. B2 – 1.500 mg; Vit. B6 – 1.250 mg; Vit. B12 – 5.000 mcg; Vit. K3 – 750 mg; Pantotenato de Ca – 3.000 mg; Niacina – 6.000 mg; Ácido Fólico - 250 mg; Biotina - 50,0 mg; Colina – 75g; Antioxidante – 4.360 mg; Zn – 12,5 g; Fe – 12,5 g; Mn – 15,0 g; Cu – 3.000 mg; Co – 50 mg; I – 250 mg; Se – 62,5 mg; Veículo Q.S.P. – 1.000g; <sup>3</sup>EM: energia metabolizável. <sup>4</sup>Controle: ração referência; <sup>5</sup>FBD: 10% de farelo de batata-doce; <sup>6</sup>FBDce: 10% de farelo de batata-doce + argilomineral montmorilonita e extrato de algas; <sup>7</sup>FBDxi: 10% de farelo de batata-doce+ xilanase.

### 3.2.2 Desempenho produtivo

As variáveis de desempenho produtivo: consumo de ração (CR), peso corporal (PC), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), foram analisadas em dois períodos: cria (1 aos 14 dias de idade) e recria (15 aos 35 dias de idade), sendo que as codornas foram pesadas com um, 14 e 35 dias de idade. A ração fornecida e as sobras foram pesadas para o controle de CA e CR. As aves mortas foram contabilizadas diariamente para correção do consumo de ração, de acordo com Sakomura e Rostagno (2016).

### 3.2.3 Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado

Para a determinação e obtenção do peso relativo dos órgãos foram abatidas duas aves por unidade experimental (de acordo com o peso médio corporal  $\pm 5\%$ ), aos 14 e 35 dias de idade, sacrificadas, sangradas e evisceradas por meio de corte abdominal para a extração do coração, moela, fígado e intestino delgado, os quais foram pesados em balança de precisão para posterior obtenção de seus pesos relativos, calculados como segue: peso relativo do órgão = (peso do órgão (g)/ peso da ave viva (g)) x 100. Adicionalmente foi mensurado o comprimento do intestino delgado (cm) usando fita métrica.

### 3.2.3 Composição química corporal, taxa de deposição de proteína e gordura e energia retida na carcaça

A composição química corporal foi determinada ao final de cada fase experimental. Aos 14 e 35 dias de idade, foram selecionadas, respectivamente, quatro e duas codornas por repetição (de acordo com o peso médio corporal  $\pm 5\%$ ). As codornas foram sacrificadas, congeladas (com penas, vísceras, pés e cabeça) e posteriormente descongeladas, pesadas, moídas em moinho industrial e homogeneizadas para desidratação em liofilizador (Christ Alpha 1-4 LD plus, Marin Christ, Germany).

Em seguida, foram moídas novamente e conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia para as análises de composição química corporal. De acordo com as metodologias descritas pela AOAC (2005), foram determinados os teores de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo das carcaças.

A partir dos dados obtidos por meio da análise de composição química corporal das codornas, aos 14 e 35 dias de idade, e de um grupo adicional de 20 codornas abatidas ao nascimento, foi possível determinar a taxa de deposição de proteína (TDP) e de gordura (TDG) corporal (g/dia) utilizando a metodologia adaptada de Fraga et al. (2008), em que  $TDP = (QP_{cf} - QP_{ci})/PE$  e  $TDG = (QG_{cf} - QG_{ci})/PE$ ; em que:  $QP_{cf}$  e  $QG_{cf}$  são, respectivamente, a quantidade, em gramas, de proteína e gordura na carcaça final;  $QP_{ci}$  e  $QG_{ci}$  são, respectivamente, a quantidade, em gramas, de proteína e gordura na carcaça inicial e PE representa o período experimental em dias.

A partir dos valores obtidos para a TDP e a TDG procedeu-se ao cálculo da energia retida na carcaça (ERC), de acordo com a equação proposta por Sakomura et al. (2002), em que:  $ERC = (5,66 \times TDP) + (9,37 \times TDG)$ , sendo que 5,66 e 9,37 representam, respectivamente, os valores energéticos (em kcal por g) da proteína e da gordura.

#### 3.2.4 Rendimento de carcaça

Após jejum alimentar de 8 horas, as codornas foram pesadas e identificadas individualmente com etiqueta plástica no pé esquerdo, sendo insensibilizadas via endovenosa, em seguida foram sacrificadas por deslocamento cervical, entre os ossos occipital e atlas, após foram sangradas por dois minutos em cone apropriado ao abate e depenadas manualmente.

Foram registrados os pesos vivos individuais em jejum, as codornas foram abatidas e evisceradas (carcaça eviscerada, desprovida de pés, pescoço e cabeça) e pesadas novamente. Após a abertura das carcaças não foi realizada a lavagem, a fim de evitar a adulteração dos pesos das carcaças por absorção de água. O rendimento de carcaça foi calculado de acordo com a equação  $\% \text{ rendimento da carcaça} = (\text{peso da carcaça} \times 100) / \text{peso vivo corporal}$ .

#### 3.2.5 Análise da viabilidade econômica

Para a determinação do custo da ração para as codornas de corte em função de suas respectivas fases de criação, foram utilizados apenas os valores por quilo das matérias-primas e os valores foram atualizados para a região de Maringá-Paraná. Os custos fixos não se alteraram durante a realização do experimento sendo considerado constante para todo o experimento.

### 3.3 Análise estatística

As análises estatísticas dos dados foram realizadas por meio do programa estatístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary. 2009). Os dados inicialmente foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Após, verificar que os resíduos das variáveis apresentaram distribuição normal, aplicou-se a análise de variância utilizando o PROC GLM do programa computacional e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

### 3.4 Resultados e discussão

Na fase inicial (cria 1 a 14 dias), a temperatura registrada foi em média  $30,58^{\circ}\text{C}$ , mínima de  $24,35^{\circ}\text{C}$  e máxima de  $35,87^{\circ}\text{C}$ . E, a umidade relativa do ar foi em média  $36,11\%$ , mínima de  $24,67\%$  e máxima de  $45,33\%$ .

Para a fase de crescimento (recria 15 a 35 dias) a temperatura registrada foi em média  $24,20^{\circ}\text{C}$ , mínima de  $18,35^{\circ}\text{C}$  e máxima de  $31,29^{\circ}\text{C}$ . E a umidade relativa foi em média  $49,05\%$ , mínima de  $33,79\%$  e máxima de  $59,83\%$ . As temperaturas registradas estão de acordo com o conforto térmico dos animais para cada fase de criação.

#### 3.4.1 Desempenho produtivo

De 1 a 14 dias de idade não se verificou diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para as variáveis peso corporal, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. No entanto, para o período de 15 a 35 dias, verificou-se diferença ( $P < 0,05$ ) para ganho de peso e conversão alimentar no qual o tratamento FBDce apresentou pior conversão alimentar e menor ganho de peso quando comparado aos demais tratamentos.

Quando avaliado o período de 1 a 35 dias de idade, apenas o tratamento FBDce apresentou pior conversão alimentar (Tabela 3).

Tabela 3: Desempenho produtivo de codornas de corte, de 1 a 14, 15 a 35 e 1 a 35 dias de idade, em função dos diferentes tratamentos.

1 a 14 dias de idade						
Variáveis	Controle	FBD	FBDce	FBDxi	EPM	Valor de P
PC (g)	82,65	79,71	80,53	78,66	0,327	0,6555
GP (g)	74,48	71,76	72,60	70,53	0,321	0,6704
CR (g/ave)	173,11	167,37	170,38	172,50	0,502	0,9335
CA (g/g)	2,32	2,34	2,34	2,45	0,011	0,7590
15 a 35 dias de idade						
PC (g)	200,67	197,95	192,10	202,90	0,926	0,4751
GP (g)	118,01b	119,15b	109,82a	126,14b	1,328	0,0157
CR (g/ave)	339,32	399,34	443,95	423,17	4,273	0,2125
CA (g/g)	3,39b	3,35b	4,04a	3,36b	0,067	0,0046
1 a 35 dias de idade						
PC (g)	200,67	197,95	192,10	202,90	0,926	0,4751
GP (g)	192,49	190,91	184,17	192,49	0,906	0,4873
CR (g/ave)	512,43	566,71	614,33	595,67	6,568	0,1113
CA (g/g)	3,36b	3,37b	4,20a	3,36b	0,080	0,0221

Médias seguidas de letras distintas na linha são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; PC: peso corporal; GP: ganho de peso; CR: consumo de ração; CA: conversão alimentar; Controle: ração referência; FBDxi: 10% de farelo de batata-doce + xilanase; FBDce: 10% de farelo de batata-doce + argilomineral montmorilonita e extrato de algas; FBD: 10% de farelo de batata-doce; EPM: erro padrão associado à média.

O FBD pode ser uma fonte energética viável para a substituição ao milho, no entanto há aproximadamente 0,96% mais fibra bruta do que o milho e de acordo com Waramboi et al. (2011), é caracterizado pela presença de polissacarídeos não amiláceos (PNA's), justificando desta maneira a utilização da enzima xilanase e do cofator enzimático associadas ao seu uso, entretanto neste estudo como a substituição por FBD foi fixa em 10% para todos os tratamentos, os animais não foram desafiados nutricionalmente com este nível, não afetando o desempenho independente da utilização da enzima e do cofator enzimático.

Os resultados observados para consumo de ração (CR) ao longo das duas fases de criação, permitem inferir que o FBD, sozinho ou com a suplementação dos aditivos exógenos não interfere na aceitabilidade pelas codornas de corte, uma vez que foram formuladas de forma isoproteica e isoenergética, sendo que este resultado corrobora com



os achados na literatura por Nunes et al. (2013b), os quais não encontraram qualquer redução no CR em função do uso de FBD em diferentes níveis crescentes ao trabalharem com frangos de corte.

Isso foi observado por Strada et al. (2005), que ao fornecerem rações à base de sorgo e farelo de soja ou milho e farelo de soja, suplementadas ou não com complexo multienzimático, para frangos de corte, de 8 a 21 dias de idade, não verificaram significância para o CR, GP e CA.

De acordo com Bertechini (2006) as aves ajustam o consumo de alimento para satisfazer suas necessidades em energia, logo, se tivesse grande disponibilização de energia pela enzima e pelo cofator utilizados no presente estudo (xilanase e argilomineral montmorilonita + extrato de algas) o CR das aves que receberam teria sido menor quando comparado ao das aves que não receberam.

Para o tratamento com 10% de FBD mais o cofator enzimático argilomineral montmorilonita e extrato de algas (FBDce), foi observado pior conversão alimentar (CA) e menor ganho de peso (GP) para a fase de 15 a 35 dias quando comparado aos demais tratamentos. De acordo com Parente et al. (2014), esta pode ser uma característica atribuída à presença dos fatores antinutricionais da batata-doce (presença de polissacarídeos não amiláceos), e, a quantidade de substrato nas dietas que pode ter sido abaixo ou acima da capacidade de atuação das enzimas, podendo justificar a diminuição do desempenho das aves.

Outra explicação provável seria a presença de antagonismo em relação ao cofator enzimático e o metabolismo animal (aumento na taxa de passagem), tendo em vista que a quantidade e quais metaloenzimas utilizadas no complexo não foi bem elucidada. De acordo com Parente et al. (2014), ao avaliarem níveis de inclusão de 0, 6, 12 e 18% de FBD em dietas de aves de crescimento lento, observaram que houve redução no GP e piora na CA, em função do aumento da porcentagem de inclusão do FBD.

Analisando a adição de enzimas exógenas em dietas com FBD (inclusão de 0, 20 e 40%) em frangos de corte, Nunes et al. (2013b), observaram que houve redução no ganho de peso conforme aumentavam os níveis de FBD e mesmo com a adição de enzimas exógenas às dietas, não houve reversão das respostas observadas, ou seja, a utilização das enzimas também não apresentou eficácia.

Segundo Bertechini (2006) a interferência no GP ocorre porque o amido dos tubérculos é resistente a digestão quando comparada ao milho, e a justificativa está na combinação da amilose e amilopectina que confere aos tubérculos a possibilidade de ter

grânulos de amido cristalino, pela alta proporção de amilopectina. A amilopectina pode formar em suas ramificações, cristais por ligações de pontes de hidrogênio entre cadeias de glicose, e dificulta a hidrólise, o mesmo não foi observado neste estudo uma vez que os demais tratamentos: controle, 10% de FBD e 10% de FBDxi não apresentaram diferenças significativas para CA e GP para as duas fases de criação.

Entretanto Beckford e Bartlett (2015) observaram resultados contrários ao estudarem substituições crescentes de FBD em dietas de frangos de corte, e verificaram que a maior inclusão de FBD (30%) resultou em maior GP e melhor CA (1,91) quando comparado com o tratamento controle, no qual a CA foi de 2,13.

#### 3.4.2 Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado

Não se verificou efeitos ( $P > 0,05$ ), para nenhum dos períodos avaliados (1 a 14 e 15 a 35 dias de idade), para peso de moela, coração, fígado, intestino e o comprimento do intestino delgado (Tabela 4).

Tabela 4: Peso relativo de órgãos e comprimento de intestino delgado de codornas de corte, de 1 a 14 e 15 a 35 dias de idade, em função dos diferentes tratamentos.

1 a 14 dias de idade						
Variáveis	Controle	FBD	FBDce	FBDxi	EPM	Valor de P
Moela (%)	2,94	3,15	3,00	2,95	0,018	0,7296
Coração (%)	0,84	0,80	0,72	0,79	0,009	0,1004
Fígado (%)	2,07	2,23	2,11	2,19	0,013	0,3786
Intestino (%)	3,59	4,00	3,56	3,82	0,040	0,3109
Intestino (cm)	49,70	50,30	47,30	48,55	0,256	0,3107
15 a 35 dias de idade						
Moela (%)	2,20	2,25	2,43	2,18	0,011	0,1920
Coração (%)	0,95	0,96	0,93	0,95	0,002	0,9798
Fígado (%)	1,73	1,67	1,69	1,79	0,023	0,8989
Intestino (%)	1,90	2,01	2,06	2,04	0,013	0,6854
Intestino (cm)	54,80	55,13	54,80	57,90	0,315	0,5147

Médias seguidas de letras distintas na linha são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; Controle: ração referência; FBDxi: 10% de farelo de batata-doce + xilanase; FBDce: 10% de farelo de batata-doce + argilomineral montmorilonita e extrato de algas; FBD: 10% de farelo de batata-doce; EPM: erro padrão associado à média.

Ao trabalharem com frangos de corte de 1 a 47 dias, com níveis de inclusão de batata doce (0, 20 e 40%), com ou sem suplementação de complexo enzimático, Nunes et al. (2013b), não observaram influência para nenhuma das variáveis avaliadas (peso coração, fígado, moela e comprimento do intestino), corroborando com os resultados encontrados no presente estudo, no qual não foi obtido nenhuma diferença para o peso relativo dos órgãos e comprimento do intestino delgado.

Assim, como Kurawa e Ogundipe (2018), trabalhando com a substituição de 0, 25, 50 e 75% do milho pela FBD e utilizando complexo enzimático (celulase, fitase, xilanase e protease) para frangos de corte na fase de 1 a 42 dias de idade, não observaram diferenças significativas para o peso relativo do fígado, coração, intestino e moela.

O FBD não apresenta efeitos sobre os órgãos internos, e seu uso como alimento alternativo, fornecedor de energia nas rações é encorajado, contudo sua inclusão acarretaria adição acrescentada de proteína e aminoácidos como lisina, metionina e cistina, cujos teores são baixos no FBD, quando comparado ao milho (Pandi et al., 2016).

### 3.4.3 Composição química corporal, taxa de deposição de proteína e gordura e energia retida na carcaça

Não se verificou diferença entre os tratamentos ( $P>0,05$ ) para as variáveis composição química corporal (proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral), taxa de deposição corporal (proteína e gordura) e energia retida na carcaça (Tabela 5).

Tabela 5: Composição química corporal, taxa de deposição corporal (proteína e gordura) e energia retida na carcaça de codornas de corte, de 1 a 14 e 15 a 35 dias de idade, em função dos diferentes tratamentos.

1 a 14 dias de idade						
Variáveis	Controle	FBD	FBDce	FBDxi	EPM	Valor de P
PB (%)	73,32	74,77	73,62	74,95	0,157	0,7451
EE (%)	11,61	11,62	10,82	11,19	0,073	0,9560
MM (%)	9,36	10,13	9,53	9,57	0,064	0,3310
TDP (g/dia)	3,95	3,88	3,86	3,83	0,005	0,8958
TDG (g/dia)	0,56	0,55	0,50	0,51	0,009	0,9271
ERC (kcal/g)	27,65	27,11	26,59	26,49	0,103	0,8776
15 a 35 dias de idade						
PB (%)	68,35	66,25	68,11	67,00	0,199	0,8901
EE (%)	17,13	18,19	15,83	18,73	0,296	0,6390
MM (%)	9,05	9,66	9,88	9,00	0,090	0,1106
TDP (g/dia)	2,16	2,10	1,99	2,26	0,016	0,1198
TDG (g/dia)	0,54	0,60	0,45	0,63	0,023	0,2975
ERC (kcal/g)	17,24	17,51	15,45	18,69	0,273	0,4147

Médias seguidas de letras distintas na linha são significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral; TDP: taxa de deposição de proteína; TDG: taxa de deposição de gordura; ERC: energia retida na carcaça na matéria seca; Controle: ração referência; FBDxi: 10% de farelo de batata-doce + xilanase; FBDce: 10% de farelo de batata-doce + argilomineral montmorilonita e extrato de algas; FBD: 10% de farelo de batata-doce; EPM: erro padrão associado à média.

Ao avaliar a substituição do milho por FBD em diferentes porcentagens (0, 25, 50, 75 e 100%), para frangos de corte do 6º ao 56º dia de idade, Maphosa et al. (2003), observaram que a substituição de até 50% pode ser realizada nas dietas de terminação sem comprometer o desempenho, e ao avaliar a composição corporal dos animais (PB,

EE e MM) não relataram diferenças entre os tratamentos, corroborando com o presente estudo.

#### 3.4.4 Rendimento de carcaça

Para o rendimento de carcaça aos 35 dias de idade das codornas, não se verificou diferença entre os tratamentos ( $P=0,2833$ ).

Para o tratamento controle, o rendimento de carcaça foi de 66,29%; com a inclusão somente de 10% de FBD foi de 67,13%; com 10% FBD mais xilanase foi de 66,86% e com o cofator enzimático argilomineral montmorilonita e extrato de algas foi de 67,87%.

Características de carcaça determinam a decisão de compra dos consumidores, sendo que a nem a utilização de FBD, nem tampouco a suplementação com as enzimas teve qualquer efeito sobre o rendimento de carcaça. Horvatovic et al. (2015) trabalhando com farinha de girassol e enzimas exógenas (celulase,  $\beta$ -glucanase e xilanase), para frangos de corte de 1 a 42 dias também não evidenciaram qualquer alteração no rendimento corporal, corroborando também com outros autores (Torres et al., 2003; Bonato et al., 2004; Mushtaq et al., 2009), que trabalharam com alimentos alternativos ao milho e suplementação enzimática e não obtiveram diferenças para o rendimento de carcaça.

#### 3.4.5 Análise da viabilidade econômica

De acordo com a tabela 7, a substituição de 10% FBD para a fase de cria acarretaria em uma ração mais cara (0,31 centavos), quando comparado com a ração referência, isso porque para o tratamento com 10% FBD houve a necessidade de mais farelo de soja, tendo em vista que o FBD é mais pobre em proteína quando comparado ao milho.

Porém, para a fase de recria a substituição se torna viável, sendo que o produtor/indústria economizaria 0,09 centavos a cada 100kg de ração produzida.

Tabela 6: Custo das rações para as fases de cria e recria, em função dos diferentes tratamentos.

Ingredientes	Fase de cria		Fase de recria		Preço	Preço
	Controle	10%FBD	Controle	10%FBD	R\$/kg	US\$/kg
Milho grão	41,79	37,17	50,99	45,34	0,82	0,14
Farelo de soja	50,97	51,06	41,56	41,68	1,99	0,35
Farelo de batata-doce	0,00	4,18	0,00	5,10	0,43	0,07
Fosfato bicálcico	1,44	1,44	1,68	1,69	12,45	2,16
Calcário	0,37	0,37	0,12	0,12	0,18	0,03
Sal comum	0,47	0,45	0,47	0,45	0,23	0,04
Óleo de soja	3,79	4,14	3,88	4,30	2,95	0,51
L-Lisina HCL	0,20	0,20	0,30	0,30	40,00	6,95
DL-Metionina	0,44	0,45	0,43	0,44	56,00	9,73
L-Treonina	0,12	0,13	0,16	0,17	20,00	3,47
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	75,84	13,18
Premix	0,40	0,40	0,40	0,40	4,65	0,80
Custo total <sup>1</sup> (R\$)	202,38	202,69	199,02	198,93		
Custo total <sup>1</sup> (US\$)	35,19	32,25	34,61	34,59		

<sup>1</sup>Custo em reais avaliado para 100kg de ração; <sup>2</sup>Custo em dólar avaliado para 100kg de ração (1 dólar equivalente a 5,75 reais).

### 3.5 Conclusão

O farelo de batata-doce pode substituir em 10% ao milho na fase de recria sem interferir no desempenho das codornas e com maior aproveitamento econômico, e a utilização de aditivos exógenos (xilanase e cofator enzimático) não demonstraram ser efetivo nas dietas de codornas de corte nas fases de cria e recria.

### 3.6 Referências bibliográficas

- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) & Horwitz, W. (2005). *Official methods of analysis*. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 18.
- Beckford, R. C., & Bartlett J. R. (2015). Inclusion levels of sweet potato root meal in the diet of broilers i. effect on performance, organ weights, and carcass quality. *Poultry Science*, 94(6), 1316-1322.

- Benevides, C. M., Souza M. V., Souza R. D. B., & Lopes M. V. (2011). Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. *Segurança Alimentar e Nutricional*, 18(2), 67.
- Bertechini, A.G. (2006). *Nutrição de monogástricos*. Lavras: editora UFLA. 301.
- Bonato, E. L., Zanella I., Santos R., Gasparini S. P., Magon L., Pires A. R., & Brittes L. P. (2004). Uso de enzimas em dietas contendo níveis crescentes de farelo de arroz integral para frangos de corte. *Ciência Rural*, 34(2), 511-516.
- Brito, M. S., Oliveira C. F. S., Silva T. R. G., Lima R. B., Morais N. S., & Silva J. H. V. (2008). Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos–revisão. *Acta Veterinária Brasileira*, 2(4), 111-117.
- Brito, M. S., Oliveira C. F. S., Silva T. R. G., Lima R. B., Morais S. N., & Silva, J. H. V. (2008). Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos–revisão. *Acta Veterinária Brasileira*, 2(4), 111-117.
- CONAB (companhia nacional de abastecimento). (2019). *Perspectivas para o agronegócio safra 2019/2020*. Brasília, 7, 1-100.
- EMBRAPA. 2008. A cultura da batata-doce. 6. ed. Brasília: *embrapa hortaliças*.
- Fraga, A. L., Moreira I., Furlan A. C., Bastos A. O., Oliveira R. P. D., Murakami A. E. (2008): Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51, 49-56.
- Horvatovic, M. P., Glamocic D., Zikic D., & Hadnadjev T. D. (2015). Performance and some intestinal functions of broilers fed diets with different inclusion levels of sunflower meal and supplemented or not with enzymes. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 17(1), 25-30.
- Kurawa, L. A., & Ogundipe S. (2018). Effects of enzyme supplementation on the utilization of sweet potato (*ipomoea batatas*) meal based diets by broiler chickens. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 8(2).
- Lima, M. R., Silva J. H. V., Araujo J. A., Lima C. B., & Oliveira E. R. A. (2007). Enzimas exógenas na alimentação de aves. *Acta Veterinária Brasileira*, 1(4), 99-110.
- Maphosa T., Gunduza J., Kusina J., & Mutungamiri A. (2003). Evaluation of sweet potato tuber (*ipomea batatas*) as a feed ingredient in broiler chicken diets. *Livestock Research for Rural Development*. 1(15).
- Mushtaq, T., Sarwar M., Ahmad G., Mirza M. A., Ahmad T., Noreen U., & Kamran Z. (2009). Influence of sunflower meal based diets supplemented with exogenous enzyme and digestible lysine on performance, digestibility and carcass response of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 149(3-4), 275-286.
- Nunes, J. K., Gentilini F. P., Anciuti M. A., & Rutz F. (2013a). Alimentos alternativos ao milho na dieta de aves. *Revista Eletrônica Nutritime*, 10(4), 2627-2645.

- Nunes, J. K., Gentilini F. P., Zabaleta J. P., Gonçalves F. M., Anciuti M. A., Rutz F., & Maier J. C. (2013b). Características de carcaça e do trato digestório de frangos alimentados com batata doce e enzimas. *PUBVET*, 7, 885-1001.
- Pandi, J., Glatz P., Forder R., Ayalew W., Waramboi J., & Chousalkar M. (2016). The use of sweet potato (*ipomoea batatas* (L.) lam) root as feed ingredient for broiler finisher rations in papua new guinea. *Animal Feed Science and Technology*, 214, 1-11.
- Parente, I. P., Rodrigues K. F., Vaz R. G. M. V., Sousa J. P. L., Santos E. R. D. N., Albino L. F. T., & Paiva J. A. D. (2014). Características nutricionais e utilização do resíduo de batata-doce em dietas de frangos de crescimento lento. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(2), 470-483.
- Sakomura, N. K., & Rostagno H. S. (2016). *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. 2ed. FUNEP: jaboticabal.
- Sakomura, N. K., Basaglia R., & Resende K. T. D. (2002). Modelo para determinar as exigências de proteína para poedeiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2247-2254.
- Strada, E. S. O., Abreu R. D., Oliveira J. H. C., Costa M. C. M. M., Carvalho G. J. L., Franca A. S., & Claiton L. (2005). Uso de enzimas na alimentação de frangos de corte. *R. Bras. Zootec*, 2369-2375.
- Torres, D. M., Teixeira A. S., Rodrigues P. B., Bertechin A. G., Freitas R. T. F. D., & Santos E. C. D. (2003). Eficiência das enzimas amilase, protease e xilanase sobre o desempenho de frangos de corte. *Ciência e Agrotecnologia*, 27(6), 1401-1407.
- Waramboi, J. G., Dennien S., Gidley M. J., & Sopade P. A. (2011). Characterisation of sweet potato from papua new guinea and australia: physicochemical, pasting and gelatinisation properties. *Food Chemistry*, 126(4), 1759-1770.



#### IV FARELO DE BATATA-DOCE EM SUBSTITUIÇÃO AO MILHO NA DIETA DE CODORNAS (*Coturnix coturnix japonica*) EM FASE DE POSTURA <sup>2</sup>

Resumo: O uso de alimentos alternativos ao milho vem se tornando uma prática cada vez mais comum, principalmente porque sua utilização visa a diminuição nos custos de produção e uma alternativa caso o milho se encontre em escassez. O objetivo com este estudo foi determinar os melhores níveis de substituição do milho pelo farelo de batata-doce (FBD) e luteína (LUT) em dietas para codornas japonesas em fase de postura, visando melhorias no desempenho e qualidade de ovo. Foram utilizadas 324 codornas fêmeas, dos 100 aos 163 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4 mais um, sendo dois níveis de LUT (0 e 5 ppm) e quatro níveis de FBD (8; 16; 24 e 32 %) mais um grupo controle sem adição de LUT e FBD, com 6 repetições e com 6 aves por unidade experimental. Foi avaliado a viabilidade econômica das rações, o desempenho produtivo das aves (peso corporal, consumo de ração, conversão alimentar por quilo de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos, taxa de postura e massa de ovos) durante três períodos de 21 dias cada, sendo a qualidade dos ovos também realizada ao final de cada período. As variáveis mensuradas foram: peso médio dos ovos, peso específico, unidade Haugh, índice de gema e albúmen, porcentagem de casca, de gema e de albúmen, espessura da casca e cor da gema. Não foi observado diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis de desempenho e qualidade de ovos e para a viabilidade econômica o tratamento com 32% de FBD e sem a inclusão de LUT foi o mais vantajoso. O FBD pode ser incluído nas dietas de codornas japonesas em fase de postura em até 32% sem a necessidade da adição de pigmentante, por apresentar melhor viabilidade econômica e por não afetar o desempenho e qualidade dos ovos.

**Palavras-chave:** alimento alternativo, flor de Marigold, luteína, pigmentantes

## SWEET POTATO BRAN IN SUBSTITUTION OF CORN ON DIET OF LAYING QUAILS (*Coturnix coturnix japonica*) IN POSTURE PHASE

**Abstract:** The use of alternative foods to corn has become an increasingly common practice, mainly to reduce the feed production costs as well as to use as an alternative if corn is in shortage. The goal of this study was to determine the best levels of substitution of sweet potato bran (SPB) and lutein (LUT) in diets, for Japanese laying quails, aiming to improve performance and egg quality. 324 female quails were used, from 100 to 163 days of age, distributed in a completely randomized design, in a 2x4 factorial scheme plus one, with two levels of LUT (0 and 5 ppm) and four levels of SPB (8; 16; 24 and 32%) plus a control group without the addition of LUT and SPB, with 6 repetitions and 6 birds per experimental unit. The economic viability of the rations, the productive performance of the birds was evaluated (body weight, feed consumption, feed conversion per kilo of eggs, feed conversion per dozen eggs, laying rate and egg mass) during three periods of 21 days each, the eggs quality was measured at the end of each period being evaluated average egg weight, specific weight, Haugh unit, yolk and albumen index, shell, yolk and albumen percentage, shell thickness and yolk color. There were no significant differences between the nine treatments for the variables of performance and eggs quality measured and for economic viability the treatment with 32% SPB and without the inclusion of LUT was the most advantageous. Sweet potato bran can be included in the diets of Japanese quails in the laying phase by up to 32% without the need to add pigment, as it has better economic viability and does not affect the performance and eggs quality.

**Keywords:** alternative food, Marigold flower, pigment

---

<sup>2</sup> Artigo redigido de acordo com as normas da revista Semina: Ciências Agrárias.

#### 4.1 Introdução

A utilização de ingredientes alternativos ao milho nas rações das codornas de postura vem se tornando cada vez mais populares, principalmente por proporcionar a redução nos custos com a alimentação e, também se tornam uma opção em caso de escassez do ingrediente. No entanto, o uso desses alimentos deve ser estudado de maneira eficiente para não acarretar prejuízos no desempenho animal (Garcia et al., 2012).

A ração para aves à base de batata-doce, pode se tornar uma boa opção pelo fato de que o produtor muitas vezes comercializa a parte nobre da batata-doce (as de tamanho médio e de melhor aspecto visual) para o consumo humano, e os resíduos que ficam na lavoura ou as batatas-doces que não são vendáveis, transformam-se em farelo, que adicionada a uma formulação de ração, atenda às exigências nutricionais das codornas. Assim, a batata-doce se torna uma opção de escolha para o produtor ou indústria, uma vez que também é um alimento energético alternativo que pode acarretar melhor aproveitamento econômico quando comparado ao milho (EMBRAPA, 2011).

Neste contexto, a batata-doce pode ser utilizada como alimento alternativo ao milho, no entanto, sua composição possui quantidade deficiente de pigmentos como caroteno e xantofilas sendo que essa quantidade pode variar de traços a 3 µg/g nas batatas-doces de polpa creme e branca, enquanto o milho pode chegar até a 68 µg/g de carotenoides totais (Vizzotto et al., 2018). Portanto, acredita-se que a utilização da batata-doce, acarreta necessidade de utilização de aditivos sensoriais que forneçam pigmentos para dar cor à gema (Moura et al., 2011).

As concentrações destes compostos também podem variar em função da forma de processamento, uma vez que os carotenoides são propensos a isomerização e degradação pelos tratamentos térmicos ou exposição ao ar, além de depender também de fatores genéticos e ambientais, incluindo o cultivar, estado de maturidade do fruto, parte da planta utilizada, práticas de cultivo e armazenamento do produto (Jesus et al., 2018).

A luteína é um pigmentante do grupo das xantofilas comumente utilizado na produção de aves como fonte de pigmento, uma vez que a cor da gema geralmente é um indicativo da qualidade dos ovos, e porque apresenta potencial ação antioxidante na nutrição animal. Sua deposição e transporte assim como os demais carotenoides ocorrem por meio de compostos lipídicos e a utilização pode ser feita de acordo com o objetivo e produto em questão (Uenojo et al., 2007).

Atualmente, as pesquisas são realizadas geralmente, com frangos de corte e galinhas poedeiras, sendo necessário que estudos sejam desenvolvidos com codornas para determinação do valor nutritivo de alimentos alternativos, no intuito de permitir a correta formulação de rações para esta espécie, maximizando principalmente a produtividade (Gomes et al., 2007).

Dessa forma, o objetivo com este estudo foi determinar os melhores níveis de inclusão de farelo de batata-doce e luteína em dietas, para codornas japonesas em fase de postura, visando melhorias no desempenho e qualidade de ovos, otimizando a utilização de alimentos alternativos ao milho, sem que a produção dos ovos e viabilidade de comercialização desse produto sejam comprometidos.

## 4.2 Materiais e métodos

O experimento foi realizado na fazenda experimental de Iguatemi, no setor de Coturnicultura de postura, com início no mês de maio e término no mês de julho, de acordo com as normas propostas pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual de Maringá (UEM). (Protocolo nº 4571110221).

### 4.2.1 Instalações, delineamento e dietas experimentais

Foram utilizadas 324 codornas fêmeas da linhagem Vicami®, dos 100 aos 163 dias de idade, distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 4×2 mais um, sendo dois níveis de luteína (LUT) (0 e 5 ppm) provenientes do extrato de flor de Marigold, e quatro níveis de farelo de batata-doce (FBD) (8; 16; 24 e 32 %) mais um grupo controle sem adição de pigmentantes e farelo, com 6 repetições e com 6 aves por unidade experimental.

As aves foram criadas do 1º ao 44º dia de idade, em um galpão convencional e alimentadas com ração basal. Aos 45 dias as aves foram transferidas para o galpão de postura, tipo convencional, com paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado e cortinas laterais móveis, contendo gaiolas de arame galvanizado, dispondo de bebedouros tipo *nipple* e de comedouro tipo calha, durante todo o período experimental. Dos 45 aos 100 dias de idade as aves foram alimentadas com ração basal.

A aquisição do FBD foi realizada através do processamento das batatas doces *in natura*, compostas pelos cultivares Canadense e Uruguaia, adquiridas por doação de um bataticultor do município de Tarabai localizado no oeste Paulista. As batatas consideradas fora do padrão comercial, foram previamente selecionadas, lavadas, secas à sombra e picadas com o auxílio de um triturador forrageiro sem peneira, a fim de reduzi-las em partículas grosseiras, sem triturá-las, após o processamento o FBD apresentou em sua análise bromatológica: 3,82% de matéria mineral; 0,47% de extrato etéreo; 5,44% de proteína bruta e 2,21% de fibra bruta.

A ração experimental foi formulada à base milho e farelo de soja (Tabela 1 e 2), formuladas para atender as exigências nutricionais das codornas poedeiras levando em consideração os valores de composição química e energética dos alimentos proposto por Rostagno et al. (2017), sendo as dietas isoproteicas e isoenergéticas para todos os tratamentos.

Tabela 1: Composição centesimal das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura.

Níveis flor de Marigold	0 ppm					5 ppm				
	Níveis FBD	0	8 %	16%	24%	32%	8 %	16%	24%	32%
Ingredientes										
Milho grão	61,11	55,42	49,74	44,06	38,37	55,42	49,74	44,06	38,37	
Farelo de soja	29,21	29,74	30,26	30,79	31,32	29,74	30,26	30,79	31,32	
Farelo de batata-doce	0,00	4,90	9,78	14,67	19,56	4,90	9,78	14,67	19,56	
Fosfato bicálcico	1,11	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	
Calcário	6,97	6,96	6,94	6,93	6,91	6,96	6,94	6,93	6,91	
Inerte <sup>1</sup>	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Óleo de soja	0,08	0,37	0,67	0,98	1,27	0,37	0,67	0,98	1,27	
Premix <sup>2</sup>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
Sal comum	0,34	0,32	0,30	0,30	0,27	0,32	0,30	0,30	0,27	
DL- Metionina 99%	0,43	0,44	0,44	0,44	0,45	0,44	0,44	0,44	0,45	
L-Lisina HCL 78%	0,27	0,27	0,25	0,25	0,23	0,27	0,25	0,25	0,23	
L-Treonina 99%	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
BHT <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

<sup>1</sup>Areia lavada; <sup>2</sup>Suplemento vitamínico e mineral – Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 – 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8 mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg; Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio – 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Antioxidante (Butil Hidroxi Tolueno –

BHT) – 20 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre – 30,624 mg; Cobalto – 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g; 3BHT (Butil Hidroxi Tolueno);

Tabela 2: Composição calculada das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura.

Níveis flor de Marigold	0 ppm					5 ppm			
Níveis FBD	0	8 %	16%	24%	32%	8 %	16%	24%	32%
Composição calculada									
Energia metabolizável (Kcal/Kg)	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Proteína bruta (%)	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Cálcio (%)	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
Fosforo disponível (%)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Treonina digestível (%)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Lisina digestível (%)	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
Met.+cist digestível (%)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Triptofano digestível (%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Sódio (%)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Cloro (%)	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Potássio (%)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Ácido linoleico	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
Número de Mogin (mEq/kg)	175,28	175,28	175,28	175,28	175,28	175,28	175,28	175,28	175,28

Durante todo período experimental, as mensurações de temperatura e umidade dentro do galpão foram registradas por meio de termômetros de máxima e mínima em dois pontos distintos do galpão (início e final), sendo registradas duas vezes ao dia, às 8 horas da manhã e 16 horas da tarde. A ração e a água foram fornecidas *ad libitum* para as aves. O programa de iluminação foi de 17 horas de luz (artificial+natural).

#### 4.2.2 Desempenho produtivo

Foi avaliado o desempenho produtivo das aves (peso corporal, consumo de ração e conversão alimentar por quilo de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos, taxa de postura, massa de ovos) durante três períodos de 21 dias cada, sendo a qualidade dos ovos realizada ao final de cada período.

O consumo de ração foi mensurado pela diferença entre a ração fornecida e as sobras em cada período. A conversão alimentar por dúzia de ovos, foi calculado pela divisão do consumo de ração pelo número de dúzias de ovos produzido em cada período analisado. A taxa de postura foi calculada pela divisão do número total de ovos pelo número de aves multiplicando por 100. A conversão alimentar por quilo de ovos foi mensurada pela divisão do consumo de ração pelo peso dos ovos produzidos no período. E, a massa de ovos pela divisão do peso total de ovos pelo número total de aves de cada unidade experimental.

#### 4.2.3 Qualidade dos ovos

Nos três últimos dias de cada ciclo de 21 dias foram realizadas as análises de qualidade interna e externa dos ovos, além da determinação do peso médio destes e, para isso, apenas os ovos vendáveis foram utilizados. As características avaliadas foram: peso médio dos ovos (g), peso específico (g/ml), unidade Haugh (UH), índice de gema e albúmen, % de casca, % de gema, % de albúmen, espessura da casca (mm) e cor da gema.

O peso médio dos ovos foi determinado pela divisão do peso total dos ovos de cada repetição pelo número de ovos produzidos. A gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema em balança de precisão, e o peso do albúmen foi obtido subtraindo do peso do ovo, os pesos da gema e da casca. Os dados de peso permitiram quantificar as porcentagens de gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo, de acordo com a equação: % do componente = (peso do componente (g) / peso do ovo (g)) x 100.



Para realizar o cálculo da unidade Haugh (UH), a fim de correlacionar o peso do ovo com a altura da clara espessa, foi utilizado a seguinte fórmula:  $UH = 100\log (H + 1,75 - 1,7W^{0,37})$ , sendo H a altura do albúmen em milímetros, W o peso do ovo em gramas (Haugh, 1937).

Para o cálculo do índice da gema (IG) foi utilizado um paquímetro digital no qual foi mensurado, a altura e a largura da gema, os valores foram aplicados na equação descrita por Sharp e Powell (1930):  $IG = (AG/LG)$ , em que AG é a altura da gema (mm) e LG a largura da gema (mm); esta mesma metodologia foi adotada para o cálculo do índice de albúmen,  $IA = (AA/LA)$ , em que AA é a altura do albúmen (mm) e LA a largura do albúmen (mm).

Para realizar a aferição da gravidade específica ou densidade relativa, a metodologia que foi empregada é a descrita por Thompson e Hamilton (1982), a partir da submersão dos ovos em recipientes com soluções salinas (densidades de 1.065, 1.070, 1.075, 1.080, 1.085, 1.090 e 1.095).

A espessura da casca foi realizada após a secagem por 24 horas em temperatura ambiente e posteriormente, em estufa a 60°C por 72 horas e, em seguida foi eleito dois pontos diferentes na área centro-transversal para a verificação da medida por meio do uso de micrometro com divisões de 0.01mm (Lin et al., 2004).

A coloração da gema foi realizada pelo método subjetivo com o uso do Leque Colorimétrico de La Roche, que avalia a coloração em uma escala de cores de 1 a 15, no qual o 1 é o mais despigmentado e o 15 é o mais pigmentado.

#### 4.2.3 Análise da viabilidade econômica

Para a determinação do custo da ração para as codornas japonesas em fase de postura, foram utilizados apenas os valores por quilo das matérias-primas atualizadas para a região de Maringá-Paraná. Os custos fixos não se alteraram durante a realização do experimento sendo considerado constante para todo o experimento.

#### 4.3 Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico SAS, (SAS Inst. Inc., Cary, NC) de acordo com as médias dos três ciclos de 21 dias, segundo o modelo:

$$Y_{ijkl} = b_0 + b_1M_i + b_2C_j + b_3M_{i2} + b_4C_{j2} + b_5MC_{ij} + FA + e_{ijkl}$$

Em que:  $Y_{ijkl}$  = variável medida na unidade experimental k, alimentada com dieta contendo o nível  $i$  de farelo de batata-doce e o nível  $j$  luteína;  $b_0$  = constante geral;  $b_1$  = coeficiente de regressão linear em função do nível de farelo de batata-doce;  $M_i$  = nível de farelo de batata-doce:  $M_1 = 8\%$ ;  $M_2 = 16\%$ ;  $M_3 = 24\%$  e  $M_4 = 32\%$ ;  $C_j$  = nível de luteína:  $C_1 = 0$  ppm e  $C_2 = 5$  ppm;  $b_2$  = coeficiente de regressão linear em função do nível de luteína;  $b_3$  = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de luteína;  $b_4$  = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de farelo de batata-doce;  $b_5$  = coeficiente de regressão linear em função da interação entre o nível de farelo de batata-doce e de luteína;  $FA$  = falta de ajustamento do modelo de regressão;  $e_{ijkl}$  = erro aleatório associado a cada observação.

Foram realizadas análises de regressão dos níveis de inclusão de farelo de batata-doce e dos níveis de luteína e as estimativas dos melhores níveis foram obtidos utilizando o modelo quadrático conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2016). Para comparar as médias do tratamento controle com as demais foi realizado o teste de médias de Dunnett.

#### 4.4 Resultados e discussão

Durante o período experimental a temperatura registrada foi em média 17,05°C, com mínima de 13,66°C e máxima de 26,64°C. E, a umidade relativa foi em média 82,58%.

##### 4.4.1 Qualidade de ovos

De acordo com a Tabela 3, não se verificou diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos, para as variáveis de qualidade dos ovos avaliadas: unidade Haugh, índice de gema e albúmen, peso específico, peso dos ovos, porcentagem de albúmen, gema e casca, espessura da casca e cor da gema obtida pelo leque colorimétrico.

O milho e o farelo de soja são os ingredientes mais importantes na produção de codornas, sendo que o milho é a principal fonte de energia (rico em amido) para os processos metabólicos das aves (Cruz e Rufino, 2017). Contudo, devido a sazonalidade do preço desse grão dependendo da região, períodos climáticos do ano e fases como a entressafra, podem ser utilizados alimentos contendo valores nutricionais semelhantes aos

grãos de milho, como fonte de alimento alternativo para a formulação das rações das aves, fazendo o uso do farelo de batata-doce (FBD) uma alternativa viável (Leite et al., 2011).

A inclusão de FBD em até 32% em substituição ao milho na dieta isoproteica e isoenergética de codornas de postura não afetou o desempenho das aves para peso corporal, consumo de ração, conversão alimentar por quilo de ovos, conversão alimentar por dúzia de ovos, taxa de postura e massa de ovos ( $P>0,05$ ). Demonstrando que é viável a substituição, sem que a produtividade seja afetada tornando um fator positivo ao produtor que tem mais uma opção de utilização de ingredientes para dieta de codornas de postura.

Neste estudo a substituição de até 32% FBD com adição de 5 ppm de luteína proveniente do extrato de flor de Marigold, não influenciou as variáveis de qualidade de ovos e coloração da gema ( $P>0,05$ ). O FBD apresenta baixo teor de carotenoides, principalmente os cultivares que apresentam a coloração da polpa branca ou creme (Uchôa et al., 2015). Assim, esperava-se que a cor da gema dos ovos das codornas fosse alterada por maiores inclusões do FBD nas dietas das codornas japonesas. De forma semelhante, a inclusão de LUT não modificou a cor da gema e pode ser justificado pois a deposição da luteína na gema dos ovos pode variar, uma vez que possui capacidade de pigmentação menor (20%), quando comparada com outros carotenoides que apresentam porcentagem maior (cantaxantina (45%), zeaxantina (22%), apo-ester (50%)) (Moura, 2008).

Sabe-se que a cor da gema dos ovos é um dos critérios observados pelos consumidores, que remete a cuidados com a alimentação destas aves (Silva et al., 2016).

Tabela 3: Qualidade de ovos de codornas japonesas, em função dos níveis de farelo de batata-doce e luteína fornecidos nas dietas de codornas japonesas em postura de 100 a 163 dias de idade.

Tratamentos		Variáveis									
		UH	IA	IG	PE (g ml <sup>1</sup> )	PO (g)	% Albúmen	% Gema	% Casca	ESPC	LCR
0 ppm	8	94,92	0,14	0,48	1,073	10,09	51,10	32,93	8,49	0,26	3,39
	16	94,82	0,14	0,48	1,073	10,10	48,87	33,49	8,53	0,26	3,10
	24	94,09	0,14	0,48	1,073	10,15	51,37	33,07	8,47	0,26	3,30
	32	95,23	0,14	0,47	1,073	9,97	52,22	33,84	8,49	0,26	2,98
5 ppm	8	94,31	0,14	0,48	1,074	9,95	50,90	32,80	8,60	0,26	3,27
	16	94,25	0,13	0,47	1,076	10,17	52,10	33,42	8,65	0,27	3,22
	24	94,30	0,14	0,48	1,073	9,97	49,13	33,64	8,67	0,26	2,99
	32	94,72	0,14	0,48	1,075	9,93	48,49	33,31	8,60	0,27	3,18
Níveis LUT (ppm)	0	94,77	0,14	0,48	1,073	10,08	50,89	33,33	8,49	0,26	3,19
	5	94,40	0,14	0,48	1,074	10,00	50,16	33,29	8,63	0,27	3,17
Níveis FBD (%)	8	94,62	0,14	0,48	1,074	10,02	51,00	32,86	8,54	0,26	3,33
	16	94,54	0,14	0,48	1,074	10,14	50,49	33,45	8,59	0,27	3,16
	24	94,20	0,14	0,48	1,073	10,06	50,25	33,35	8,57	0,26	3,14
	32	94,97	0,14	0,48	1,074	9,95	50,36	33,57	8,54	0,26	3,08
Controle		94,31	0,14	0,48	1,080	9,94	50,66	32,60	8,88	0,27	3,46
EPM		0,049	0,002	0,004	0,007	0,012	0,177	0,052	0,016	0,005	0,021
P-valor											
Níveis LUT		0,2380	0,2906	0,9856	0,1057	0,4151	0,9885	0,8805	0,2290	0,1980	0,7235
Níveis FBD		0,4074	0,1422	0,6960	0,4886	0,5272	0,4852	0,1531	0,6390	0,4821	0,3139
LUTxFBD		0,6552	0,3489	0,9923	0,4312	0,6242	0,4935	0,3537	0,1522	0,2273	0,3998

EPM: erro padrão da média; UH: unidade Haugh; IG: índice de gema; IA: índice de albúmen; PE: peso específico; PO: peso de ovo; LCR: cor leque colorimétrico La Roche; ESPC: espessura de casca.

#### 4.4.2 Desempenho produtivo

Não se observou diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos para as variáveis de desempenho mensuradas: peso corporal inicial, consumo de ração, peso corporal, massa de ovos, taxa de postura, conversão alimentar por quilo de ovos e conversão alimentar por dúzia de ovos (Tabela 4).

Em trabalhos realizados com aves os autores Nunes et al. (2013) e Pandi et al. (2018) também não encontraram diferenças para o desempenho dos animais quando houve a substituição do milho pelo FBD.

Ao avaliar a substituição de 100% do milho pelo FBD em dieta para galinhas poedeiras em sistema orgânico de produção, Gonzaga (2019) não observou diferenças significativas para variáveis de ganho de peso e qualidade de ovos (peso dos ovos, porcentagem de casca, espessura da casca, altura de albúmen, unidade Haugh, porcentagem de gema e índice de gema). No entanto, observou piora na conversão alimentar, a massa de ovos e a taxa de postura, sendo explicado que mesmo as aves não perdendo peso, a taxa de assimilação dos nutrientes do FBD interferiu na produção dos animais. Diferindo dos resultados do presente estudo em que o maior nível de inclusão (32%) não afetou o desempenho, isto foi em função da formulação ter sido calculada atendendo as exigências de codorna de postura de acordo com Rostagno et al. (2017).

Estudando níveis crescentes (0, 15, 20, 25 e 30%) de resíduo de batata-doce seca ao sol para galinhas poedeiras de 52 a 64 semanas, em substituição ao milho, Hassan e Galil (2013) relataram que até 25% poderia ser utilizado sem afetar adversamente o desempenho e a qualidade dos ovos. No entanto, o peso corporal final das aves diminuiu com o aumento dos níveis utilizados, discordando deste estudo em que não houve diferença para o peso corporal final mesmo com proporção amilose: amilopectina do FBD ser maior que o milho.

Avaliando o FBD sendo a batata cozida e descascada para codornas japonesas em fase de postura, com 5 níveis de substituição ao milho (0, 25, 50, 75 e 100%), Edache et al. (2018) não observaram diferenças significativas para os tratamentos quando avaliaram o consumo de ração, ingestão de água, taxa de postura, custo da alimentação por dúzias de ovos. Os autores estimaram que a margem de lucro bruto foi maior para as dietas com 50, 75 e 100% de FBD em substituição ao milho, desta forma, concluíram que a substituição do milho pelo FBD poderia ser realizado até 100% sem causar efeitos

adversos no desempenho e sendo mais economicamente vantajoso, e esse fator pode ser atribuído à técnica diferenciada de processamento.

Tabela 4: Desempenho médio de codornas japonesas em postura, em função dos níveis de farelo de batata-doce e de luteína fornecidos nas dietas.

Tratamentos		Variáveis						
		PCi (g)	PCf (g)	CR (g)	TXP (%)	CAKG (kg/kg)	CADZ (kg/dz)	MO (g ovos)
0 ppm	8	0,167	0,180	25,79	82,77	3,14	0,37	8,07
	16	0,169	0,175	24,97	76,81	3,42	0,41	7,76
	24	0,168	0,178	25,62	83,73	3,07	0,37	8,79
	32	0,167	0,175	26,89	75,52	3,54	0,43	7,85
5 ppm	8	0,167	0,178	26,68	74,04	3,65	0,44	7,81
	16	0,168	0,183	26,91	84,07	3,41	0,38	8,25
	24	0,167	0,173	27,35	73,75	3,84	0,41	7,98
	32	0,165	0,168	26,12	72,77	3,41	0,38	7,15
Níveis LUT (ppm)	0	0,168	0,176	26,49	79,71	3,22	0,40	8,03
	5	0,166	0,177	27,56	77,29	3,32	0,41	8,00
Níveis FBD (%)	8	0,167	0,181	27,83	80,65	3,24	0,41	7,57
	16	0,169	0,177	26,68	80,44	3,28	0,41	8,12
	24	0,166	0,176	26,30	79,19	3,10	0,40	8,70
	32	0,166	0,174	27,28	74,14	3,42	0,40	7,54
Controle		0,166	0,180	27,02	86,63	3,24	0,39	8,34
EPM		0,001	0,005	0,100	0,685	0,031	0,003	0,058
		P-valor						
Níveis LUT		0,1858	0,8052	0,3486	0,4734	0,5615	0,5805	0,8887
Níveis FBD		0,5188	0,5772	0,8847	0,5780	0,6386	0,9994	0,0637
LUTxFBD		0,4636	0,7126	0,8563	0,5937	0,6919	0,9909	0,1047

EPM: erro padrão da média; Pci: peso corporal inicial; PCf: peso corporal final; CR: consumo de ração diário; TXP: taxa de postura; CAKG: conversão alimentar por quilo de ovos; CADZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; MO: massa de ovos.

#### 4.4.3 Viabilidade econômica

De acordo com a tabela 5, existe a viabilidade da substituição de até 32% de FBD nas dietas de codornas japonesas em fase de postura, uma vez que não afeta as variáveis de desempenho e qualidade dos ovos e é economicamente mais vantajoso, uma vez, que a cada 100kg de ração produzida o produtor/indústria economizaria aproximadamente R\$ 2,71.

Ao fazer a previsão de consumo diário de ração e o custo para 300 mil codornas em produção com consumo diário de 26,89 g/ave/dia, o produtor/indústria poderia economizar aproximadamente 218,62\$/dia, se utilizasse o FBD como fonte de alimento energético alternativo.

Tabela 5: Custo das rações para as codornas em fase de postura, em função dos diferentes tratamentos.

Ingredientes	Controle	32% FBD	Preço (R\$) /kg	Preço (US\$) /kg
Milho grão	61,11	38,37	0,82	0,14
Farelo de soja	29,20	31,32	1,99	0,34
Farelo de batata-doce	0,00	19,56	0,43	0,07
Fosfato bicálcico	1,11	1,09	12,45	2,16
Calcário	6,96	6,91	0,18	0,03
Óleo de soja	0,08	1,27	2,95	0,51
Premix	0,40	0,40	4,65	0,80
Sal comum	0,34	0,27	0,49	0,08
DL- Metionina 99%	0,42	0,45	56,00	9,73
L-Lisina HCL 78%	0,27	0,23	40,00	6,95
L-Treonina 99%	0,06	0,06	20,00	3,47
BHT	0,01	0,01	75,84	13,18
Custo total <sup>1</sup> (R\$)	161,82	159,11		
Custo total <sup>2</sup> (US\$)	28,14	27,67		

<sup>1</sup>Custo avaliado em reais para 100kg de ração; <sup>2</sup>Custo avaliado em dólar para 100kg de ração (1 dólar equivalente a 5,75 reais).

#### 4.6 Conclusão



O FBD pode ser incluído nas dietas de codornas japonesas em fase de postura até 32% sem a necessidade da adição de pigmentante, por apresentar melhor viabilidade econômica e por não afetar o desempenho e qualidade dos ovos.

#### 4.7 Referências bibliográficas

- Cruz, J. P. F., & Rufino, J. P. F. (2017). *Formulação e Fabricação de Rações (Aves, Suínos e Peixes)*. Manaus: EDUA.
- Edache, J. A., Tuleun, C. D., Oluremi, O. I. A., & Carew, S. N. (2018). Egg laying performance and economics of production of japanese quails fed diets containing peeled and cooked sweet potato meal. *Nigerian Journal of Animal Production*, 45(1), 141-149.
- EMBRAPA (2011). *Alimentação de aves coloniais com batata-doce*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2372823/prosa-rural---alimentacao-de-aves-coloniais-com-batata>. Consultado em 12/02/2021.
- Garcia, A. F. Q. M., Murakami, A. E., Massuda, E. M., Urgnani, F. J., Potença, A., Duarte, C. R. D. A., & Eyng, C. (2012). Milheto na alimentação de codornas japonesas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(1), 150-159.
- Gomes, F. A., Fassani, É. J., Rodrigues, P. B., & Silva Filho, J. C. D. (2007). Valores energéticos de alguns alimentos utilizados em rações para codornas japonesas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(2), 396-402.
- Gonzaga, G. F. (2019). *Ração balanceada com batata-doce em substituição ao milho para alimentação de galinhas poedeiras em sistema orgânico de produção*. Dissertação (mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de agronomia. Seropédica- RJ, 1-38.
- Hassan, M.M., & Galil, K. A. (2013). Water consumption and productive performance of laying hens influenced by feeding potatoes solanine under south sinai conditions. *Egyptian Poultry Science Journal*, 33: 447-465.
- Haugh, R. R. (1937). The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg and Poultry Magazine*, 43, 522-555.

- Jesus, M., Guerra, J. G., Espindola, J. A., Pacheco, S., Borguini, R. G., & Godoy, R. L. D. O. (2018). Teor de carotenoides de três variedades de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) cultivadas sob sistemas de produção orgânico e convencional. *Cadernos de Agroecologia*, 13(1).
- Leite, P. R. D. S. D. C., Leandro, N. S. M., Stringhini, J. H., Café, M. B., Gomes, N. A., & Jardim Filho, R. D. M. (2011). Desempenho de frangos de corte e digestibilidade de rações com sorgo ou milho e complexo enzimático. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(3), 280-286.
- Lin, H., Mertens, K., Kemps, B., Govaerts, T., De Ketelaere, B., De Baerdemaeker, J. & Buyse, J. (2004). New approach of testing the effect of heat stress on eggshell quality: mechanical and material properties of eggshell and membrane. *British Poultry Science*, 45(4), 476-482.
- Moura, A. M. A. (2008). *Utilização do sorgo, de pigmentantes sintéticos e de selênio orgânico em rações para codornas japonesas (Coturnix japonica) em postura*. Tese (doutorado). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de ciências e tecnologias agropecuárias. Campos dos Goytacazes – RJ, 1-126.
- Moura, A. M. A. D., Takata, F. N., Nascimento, G. R. D., Silva, A. F. D., Melo, T. V., & Cecon, P. R. (2011). Pigmentantes naturais em rações à base de sorgo para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(11), 2443-2449.
- Nunes, J. K., Gentilini F. P., Zabaleta J. P., Gonçalves F. M., Anciuti M. A., Rutz F., & Maier J. C. (2013). Características de carcaça e do trato digestório de frangos alimentados com batata doce e enzimas. *PUBVET*, 7, 885-1001.
- Pandi, J., Glatz, P., Forder, R., Komolong, B., & Chousalkar, K. (2018). Evaluation of the effects of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) in broiler diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(1), e216-e224.
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Hannas, M. I., Donzele, J. L., Sakomura, N. K., Perazzo, F. G., & Brito, C. O. (2017). *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais* (488 p.). Departamento de Zootecnia-UFV, Viçosa, MG, BR.
- Sharp, P. F., & Powell C. K. (1930). Decrease in internal quality of hen's eggs during storage as by the yolk. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 22:909-10.

- Silva, W. J., Martins, P. C., Gouveia, A. B. V. S., Santos, F. R., & Minafra, C. S. (2016). Pigmentantes naturais e alimentação alternativa para codornas japonesas. *Nutritime Revista Eletrônica*. Viçosa, 13(6), 4883-4890.
- Thompson, B. K., & Hamilton R. M. G. (1982). Comparison of the Precision and Accuracy of the Flotation and Archimedes' Methods for Measuring the Specific Gravity of Eggs. *Poultry Science*, 61(8), 1599-1605.
- Uchôa, V. T., de Sá Noleto, D. C., Da Silva, C. R. P., & Da Costa, C. L. S. (2015). Caracterização físico-química de batata-doce (*Ipomoea batatas*) comum e biofortificada. *Revista Ciência Agrícola*, 13(1), 53-60.
- Uenojo, M., Maróstica Junior, M. R., & Pastore, G. M. (2007). Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. *Química Nova*, 30(3), 616-622.
- Vizzotto, M., Pereira, E. D. S., Castro, L. A. S. D., Raphaelli, C. D. O., & Krolow, A. C. (2018). Composição mineral em genótipos de batata-doce de polpas coloridas e adequação de consumo para grupos de risco. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21.